

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 1(3), 2013

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. Феокистов

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

- Гришунин В.А., Юрьев А.Б. Диаграммы структур, формирующихся в рельсовой стали после электронно-пучковой обработки.....3
Малушин Н.Н. Методика исследований и образец из наплавленного металла для испытаний на установках тепловой микроскопии.....6
Сарычев В.Д., Невский С.А., Громов В.Е. Двухфазная модель течения материалов при пластической деформации8

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Коряга М.Г. Применение станков подземного направленного бурения скважин для извлечений метана и борьбы с самовозгоранием угля при разработке мощных угольных пластов.....12
Адаменко М.М., Гутак Я.М., Евдокимов М.Е. Динамика климата и оледенения юга Кузнецкого Алатау в позднем плейстоцене и голоцене по стратиграфическим и радиоуглеродным данным.....14

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

- Дворников Л.Т., Гудимова Л.Н. Основания к изучению плоских шарнирных кинематических цепей20

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Горюшкин В.Ф., Бендре Ю.В., Тонкушин Я.В., Соскова Н.А., Будовских Е.А. Газовая коррозия титана в тетрахлориде углерода.....25

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Благиных Е.А., Теньков А.В. Социально-экологические аспекты формирования архитектурного пространства при реновации урбанизированных территорий (на примере Кемеровской области).....29
Луханин М.В. Исследование механохимического синтеза как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов..32

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Шорохова А.В. Концепция управления системой утилизации отходов и создания рекреационных зон в угледобывающих регионах.....38
Беланов И.П., Шипилова А.М. Особенности функционирования травяных экосистем в условиях техногенеза (на примере Кузбасса)40

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Бодров А.А., Сенкус В.В.** Ценообразование и продуктовый маркетинг в коммерческих банках45
Быстров В.А., Дьяков П.К., Уманец А.Г. Управление затратами – реальный путь роста прибыли.....53

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

- Михайленко Н.И., Живаго Э.Я.** Применение принципа возможных перемещений к решению технических задач58

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

- Каймашникова Е.Б.** История застройки южно-кузбасских городов – Кузнецка и Прокопьевска в контексте принципов Витрувия64
Рефераты.....68
К сведению авторов.....74

Подписано в печать
15.03.2013 г.
Формат бумаги 60×88 1/8.
Бумага писчая.
Печать офсетная.
Усл.печ.л. 4,5.
Уч.-изд.л. 4,9.
Тираж 300 экз.
Заказ № 143.

Отпечатано в
Издательском центре
Сибирского государственного
индустриального университета

В.А. Гришунин, А.Б. Юрьев

Сибирский государственный индустриальный университет

ДИАГРАММЫ СТРУКТУР, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ*

В последние годы одним из перспективных методов преобразования поверхностного слоя металлов и сплавов без существенного изменения структуры и свойств объема в целом является электронно-пучковая обработка (ЭПО), значительно повышающая усталостную долговечность стали [1 – 4]. Это во многом определяется уникальными свойствами электронного пучка как инструмента обработки – значительными (до 10 см^2) размерами отпечатка электронного пучка на обрабатываемой поверхности, высокими (более 10^6 Вт/см^2) плотностями мощности [5, 6]. Для установления оптимальных режимов ЭПО необходимо знание закономерностей и физических механизмов формирования структуры и фазовых состояний поверхностных слоев при электронно-пучковом облучении.

В настоящей работе проанализированы диаграммы структур, формирующихся в рельсовой стали на различном расстоянии от поверхности после облучения высокоинтенсивным электронным пучком.

В качестве материала исследования использована рельсовая сталь Э76Ф, элементный состав которой, согласно ГОСТ Р 51685 – 2000, следующий: 0,71 – 0,82 % С; 0,03 – 0,15 % V; 0,25 – 0,60 % Si; 0,75 – 1,15 % Mn; до 0,025 % S; до 0,025 % P; до 0,02 % Al; остальное железо. В исходном состоянии сталь имеет перлитную структуру. Образцы облучали на установке «СОЛО» [6, 7] при следующих параметрах: плотность энергии пучка электронов (E_S) 10, 20 и 30 Дж/см^2 ; длительность τ воздействия импульса пучка электронов 50 мкс; количество N импульсов воздействия 3; частота f следования импульсов $0,3 \text{ с}^{-1}$; давление остаточного газа (аргона) в рабочей камере приблизительно 0,02 Па.

Фазовый состав и дефектную субструктуру стали анализировали методами просвечивающей электронной дифракционной микроско-

пии (ПЭМ) [8 – 10]. Фольги для электронной дифракционной микроскопии готовили односторонним электролитическим утонением пластинок, вырезанных параллельно поверхности облучения на различном расстоянии от поверхности воздействия (приблизительно 10, 40, 100 мкм, а также включая саму поверхность).

Электронно-пучковая обработка поверхности стали приводит к образованию структуры ячеистой кристаллизации, что свидетельствует о плавлении поверхностного слоя и последующей высокоскоростной кристаллизации со скоростями порядка 10^6 К/с [4, 6, 7]. Толщина расплавленного слоя при $E_S = 10 \text{ Дж/см}^2$ составляет единицы микрометра, при $E_S = 30 \text{ Дж/см}^2$ достигает порядка 20 мкм. Такое высокоскоростное охлаждение стали приводит к закалке поверхностного слоя. В объеме ячеек кристаллизации формируется мартенситная структура преимущественно пакетной морфологии.

При $E_S = 10 \text{ Дж/см}^2$ в поверхностном слое формируется крайне неоднородная структура. Наряду со структурой ячеистой кристаллизации, содержащей наноразмерные кристаллы мартенсита, в поверхностном слое выявляются зерна со структурой пакетного мартенсита, поперечные размеры кристаллитов которых изменяются в пределах 85 – 220 нм. Одновременно с этим выявляются зерна, в объеме которых присутствуют области микронных размеров, границы которых окружены по контуру кристаллами мартенсита. Условно назовем такие образования «мартенситом зеренного типа». Диаграмма структур, формирующихся в поверхностном слое рельсовой стали, облученной высокоинтенсивным электронным пучком с различной плотностью энергии пучка электронов, приведена на рисунке, поз. а. Обработка стали высокоинтенсивным электронным пучком вследствие сверхвысоких скоростей нагрева и охлаждения приводит к формированию в поверхностном слое образца гра-

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 гг.» (Соглашение № 14.В37.11. 0071).

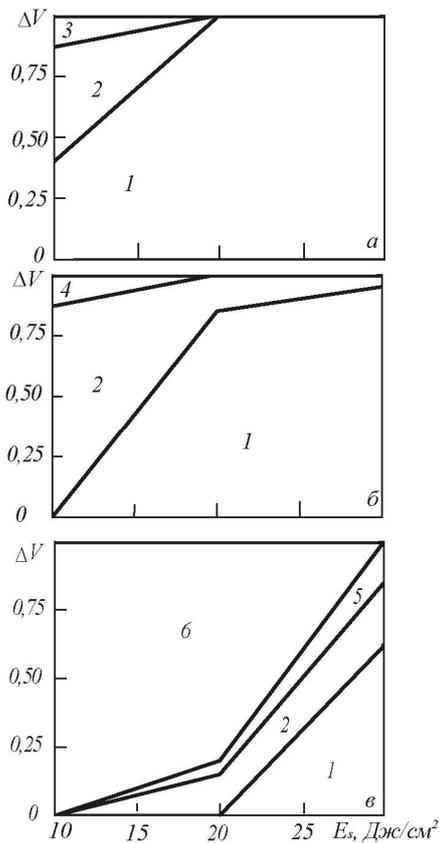


Диаграмма структур, формирующихся при обработке высокоинтенсивным электронным пучком при различной плотности пучка электронов в поверхностном слое стали (а), на глубине 10 мкм (б) и 40 мкм (в):

1 – относительное содержание в структуре поверхностного слоя кристаллов мартенсита, поперечные размеры которых менее 100 нм (наноразмерный мартенсит); 2 – относительное содержание в структуре поверхностного слоя кристаллов мартенсита, поперечные размеры которых более 100 нм; 3 – относительное содержание в структуре поверхностного слоя мартенсита зеренного типа; 4 – относительное содержание в структуре слоя зерен, в объеме которых выявлены частицы цементита глобулярной морфологии; 5 – относительное содержание в структуре слоя зерен с «феррито-цементитной структурой»; 6 – относительное содержание в структуре слоя зерен перлита

диентов структуры и фазовых состояний. В слое, расположенном на глубине порядка 10 мкм, при $E_s = 10 \text{ Дж/см}^2$ формируется многофазная структура, представленная мартенситом пакетной и пластинчатой морфологии, остаточным аустенитом и цементитом. Присутствие мартенсита и остаточного аустенита указывает на протекание в этом слое стали полиморфного $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ -превращения.

При обработке поверхности стали электронным пучком при $E_s = 30 \text{ Дж/см}^2$ в этом слое формируется структура, основой которой является α -фаза, характеризующаяся малым (0,8 – 1,5 мкм) размером зерен. В объеме зерен выявляется мартенситная структура, представленная кристаллами пакетного и пластинчатого

мартенсита, что может быть обусловлено нахождением этого слоя в зоне контакта расплава с твердым телом (область дна ванны расплава). Наряду с α -фазой в исследуемом объеме в незначительном количестве присутствуют γ -фаза (остаточный аустенит) и карбид железа (цементит), рефлексy которых выявляются на микроэлектроннограммах. Диаграмма структур, формирующихся в рельсовой стали, облученной высокоинтенсивным электронным пучком с различной плотностью энергии пучка электронов, в слое, расположенном на глубине приблизительно 10 мкм, приведена на поз. б рисунка.

На расстоянии приблизительно 40 мкм от поверхности облучения (зона термического влияния) при $E_s = 30 \text{ Дж/см}^2$ формируется многофазная морфологически разнообразная структура, образующаяся в температурном интервале сосуществования трех фаз: α -фазы, γ -фазы и карбида железа. Основной фазой этого слоя является α -фаза. Преимущественной морфологической формой α -фазы являются зерна, в которых прошло мартенситное превращение с образованием кристаллов пакетного мартенсита и кристаллов пластинчатого мартенсита. В незначительном количестве обнаруживаются зерна структурно свободного феррита, которые были выявлены и в структуре исходного состояния стали. Это позволяет считать, что мартенситная структура формировалась в зернах перлита и «псевдоперлита», т.е. в зернах, обогащенных углеродом.

На глубине приблизительно 40 мкм выявляются зерна перлита, в объеме которых фиксируются различные стадии термического разрушения пластин цементита и реализации процесса $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ -превращения (далее их будем называть зернами с феррито-цементитной структурой). В объеме зерен присутствуют кристаллы мартенсита, прослойки или/и островки остаточного аустенита и частицы цементита пластинчатой или глобулярной формы. Термическое преобразование зерен псевдоперлита в отдельных случаях приводит к формированию структуры зеренно-субзеренного типа. В объеме таких зерен и субзерен присутствуют кристаллы пакетного мартенсита, поперечные размеры которых изменяются в пределах 30 – 50 нм. Диаграмма структур, формирующихся в рельсовой стали, облученной высокоинтенсивным электронным пучком с различной плотностью энергии пучка электронов, в слое, расположенном на глубине приблизительно 40 мкм, приведена на поз. в рисунка.

Как уже ранее отмечалось в работе [4], электронно-пучковая обработка по указанным выше режимам не приводит к значимому изменению фазового состава и дефектной субструктуры слоя стали, расположенного на расстоянии приблизительно 100 мкм от поверхности облучения.

Выводы. Облучение рельсовой стали высокоинтенсивным электронным пучком с плотностью энергии 10 – 30 Дж/см², длительностью воздействия 50 мкс и частотой следования пучка электронов 0,3 с⁻¹, при количестве импульсов воздействия 3 (среда облучения – инертный газ аргон при остаточном давлении приблизительно 0,02 Па) сопровождается плавлением поверхностного слоя на различную глубину и формированием структуры ячеистой кристаллизации. Высокоскоростная закалка рельсовой стали после воздействия высокоинтенсивным электронным пучком сопровождается формированием наноразмерного мартенсита. Выявлен градиентный характер структур, формирующихся на расстоянии до 100 мкм от поверхности облучения.

Автор выражает благодарность проф. Ю.Ф. Иванову за помощь в проведении электронно-микроскопических экспериментов и обсуждения результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Физические основы повышения усталостной долговечности нержавеющей сталей / Ю.Ф. Иванов, С.В. Воробьев, С.В. Коновалов и др. – Новокузнецк: Изд-во «Интер-Кузбасс», 2011. – 302 с.
2. Громов В.Е., Горбунов С.В., Иванов Ю.Ф. и др. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2011. № 10. С. 62 – 67.
3. Иванов Ю.Ф., Горбунов С.В., Громов В.Е. и др. // Материаловедение. 2011. № 5. С. 43 – 47.
4. Громов В.Е., Гришунин В.А., Иванов Ю.Ф. и др. // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2012. № 3. С. 37 – 41.
5. Rotshtein V.P., Proskurovsky D.I., Ozur G.E. et al. // Surface & Coatings Technology. 2004. № 180-181. P. 377 – 381.
6. Коваль Н.Н., Иванов Ю.Ф. // Изв. вуз. Физика. 2008. № 5. С. 60 – 70.
7. Devyatkov V.N., Koval N.N., Schanin P.M. et al. // Laser and Particle Beams. 2003. Vol. 21. P. 243 – 248.
8. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. – М.: Металлургия, 1973. – 584 с.
9. Эндрюс К., Дайсон Д., Киоун С. Электронограммы и их интерпретация. – М.: Мир, 1971. – 256 с.
10. Электронная микроскопия тонких кристаллов / П. Хирш, А. Хови, Р. Николсон и др. – М.: Мир, 1968. – 574 с.

© 2013 г. В.А. Гришунин, А.Б. Юрьев
Поступила 31 октября 2012 г.

Н.Н. Малушин

Сибирский государственный индустриальный университет

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАЗЕЦ ИЗ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА УСТАНОВКАХ ТЕПЛОЙ МИКРОСКОПИИ

Метод температурной микроскопии достаточно широко применяется при проведении исследований по выбору химического состава и конструированию заданной структуры металлических материалов (в том числе сварных соединений и наплавленного металла), а также при прогнозировании поведения сварных соединений в условиях термосилового воздействия, в определенной степени моделирующего реальные технологические процессы и условия эксплуатации. Для решения различных научных и технологических задач с помощью температурной микроскопии созданы специализированные установки; одна из них – установка ИМАШ-20 для испытаний на активное растяжение или растяжение с постоянной нагрузкой. Для изучения процессов деформации, разрушения и структурных изменений в металлах (литых и деформированных) на установках тепловой микроскопии рекомендуется использовать плоские образцы четырех типов [1].

Практический опыт применения плоских образцов на установках тепловой микроскопии для исследования структуры и свойств наплавленного металла, обладающего высокой (порядка 55 – 57 HRC) твердостью в состоянии после наплавки, выявил ряд недостатков. Так, образцы типа 1 (рис. 1) плоской формы необходимо вырезать из наплавленного слоя 2 абразивной или электроэрозионной резкой. Затем механической обработкой образцам нужно придать необходимую форму. Процесс изготовления плоских образцов рекомендуемой формы длителен и трудоемок, не гарантирует попадания исследуемой зоны наплавленного металла в рабочую часть образца [2].

На установках температурной микроскопии в дальнейшем имитируется термометрический цикл наплавки, образцы при этом нагреваются до 1200 °С в вакууме прямым пропуском тока. При таком способе нагрева не обеспечивается требуемая равномерность нагрева рабочей части образца из-за значительного теплоотвода в захватные части образца, что отрицательно сказывается на точности измерения напряжений.

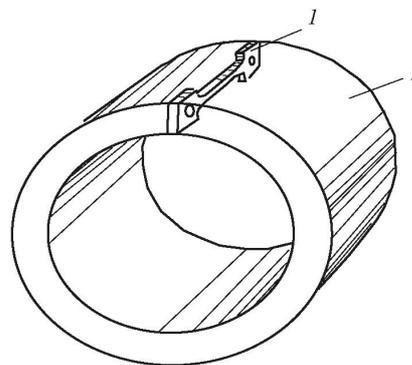


Рис. 1. Схема вырезки образцов из наплавленного металла

Целью настоящей работы является совершенствование методики проведения исследований свойств и конструкции образцов наплавленного металла, обладающего высокой твердостью.

Для повышения точности измерений путем создания равномерности распределения температуры в образце предлагается использовать сварной плоский образец (рис. 2) [3]; образец состоит из рабочей 1 и захватных 2 частей, которые выполнены из разных материалов с различным удельным сопротивлением. Удельные сопротивления материалов выбирают из соотношения

$$\rho_3/\rho_p \geq 1,2,$$

где ρ_3 и ρ_p – удельное электросопротивление захватной и рабочей части.

Захватные части выполнены коническими, это уменьшает их общую площадь, а следовательно, и теплоотвод (рис. 2). Такое исполнение образца обеспечивает равномерный нагрев

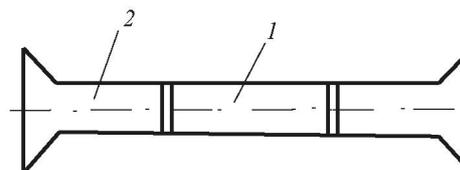


Рис. 2. Биметаллический сварной образец

рабочей части, выполненной из исследуемого материала, при нагреве его прямым пропусканием тока.

Выбор соотношения $\rho_s/\rho_p \geq 1,2$ определяется равномерностью нагрева. При $\rho_s/\rho_p < 1,2$ не наблюдается существенного выравнивания температуры по длине стержня. Верхний предел соотношения ρ_s/ρ_p не ограничивается. Для реальных высоколегированных сталей и сплавов, имеющих удельное электросопротивление порядка 50 – 200 мкОм·см, это соотношение может находиться в пределах 1,2 – 5,0. Выбор материала захватов производится также с учетом его работоспособности при высоких температурах (например, жаропрочности). При выборе материала захватов нужно учитывать, что, чем больше соотношение сопротивлений, тем быстрее достигается равномерность температуры по длине образца.

Исследуемый образец имеет конические по форме захватные части меньшей площади, что уменьшает на них теплоотвод. Таким образом, при протекании тока одинаковой плотности по образцу происходит увеличение тепловыделения на захватных частях, это компенсирует теплоотвод от рабочей зоны. Размеры рабочего участка и материал захватных частей выбирают, исходя из условия отсутствия перепада температуры по длине стержня.

По описанной выше методике проведены исследования теплостойкого металла высокой твердости. Заготовки для образцов для исследований получены плазменной наплавкой порошковой проволокой ПП-9Х4В18Ю, обеспечивающей состав наплавленного металла типа стали Р18. Твердость наплавленного металла после наплавки составляет 55 – 57 HRC, после отпуска 62 – 65 HRC. Из наплавленного металла изготавливали образцы для высокотемпературных исследований, рекомендуемые для установок типа ИМАШ, и по предлагаемой схеме. Стержни выполняли из исследуемого материала сечением 3 × 3 мм длиной 15 мм при общей длине 74 мм, захваты – из жаропрочного сплава ХН78Т, имеющего удельное электросопротивление 98 мкОм·см при $t = 0$ °С. Стержни и захваты соединяли одним из способов сварки давлением (контактной сваркой сопротивлением, сваркой трением или диффузионной сваркой в вакууме).

Испытания образцов проводили на установке ИМАШ-20-78, предназначенной для прямого наблюдения, фотографирования и ви-

деозаписи микроструктуры различных материалов при нагреве (охлаждении) и растяжении (сжатии) в вакууме. По длине образцов контролировали температуру с помощью термопар. При этом оценивали перепад температуры по длине образцов на участке 15 мм, что соответствует длине стержня из исследуемого образца. Затем образцы нагревали до температуры 600 и 1000 °С и определяли временное сопротивление разрыву (предел прочности) при растяжении. Образцы доводили до разрушения, которое наблюдалось в центральной рабочей зоне.

Результаты сравнительных испытаний показали, что в исследуемой зоне сварного образца обеспечивается равномерный нагрев по всей длине рабочей части в пределах 1 °С, что повышает точность измерения, например, предела прочности.

Выводы. Предложена методика проведения исследований свойств наплавленного металла, обладающего высокой твердостью. Образцы для исследований предложено вырезать из наплавленного металла в зоне, необходимой для изучения, в виде плоского образца сечением 3 × 3 мм и длиной 15 мм, а затем приваривать к нему конические захватные части. Изготовленный из наплавленного металла сварной образец предложенной формы для испытаний на установках температурной микроскопии при нагреве его прямым пропусканием тока обеспечивает равномерный нагрев по всей длине рабочей части, что повышает точность измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасимова Л.П. Контроль качества сварных и паяных соединений: справочное издание. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 376 с.
2. Зубков Н.С., Малушин Н.Н. Влияние легирования на образование временных напряжений в хромовольфрамовом наплавленном металле // Автоматическая сварка. 1978. № 4. С. 73, 74.
3. А.с. № 1670491 РФ. Образец для испытаний на прочность при нагреве прямым пропусканием тока / Н.Н. Малушин, А.М. Росс, Н.С. Зубков. Заявл. 17.09.89. Опубл. 15.08.91.

© 2013 г. Н.Н. Малушин
Поступила 28 сентября 2012 г.

В.Д. Сарычев, С.А. Невский, В.Е. Громов

Сибирский государственный индустриальный университет

ДВУХФАЗНАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ*

Согласно современным представлениям физической мезомеханики элементарным актом пластичности является трансляционно-ротационный вихрь, обеспечивающий конвективное течение материала при больших пластических деформациях [1 – 3]. Примером такого поведения материала являются гидродинамические течения, для которых возможна аналогия с ротационно-трансляционными вихрями.

В настоящей работе осуществлено построение модели поведения материалов при больших пластических деформациях на основе уже существующих представлений механики двухфазных и двухскоростных сред. Подобные попытки известны; например, в работе [4] используются идеи механики гетерогенных смесей (мультиконтинуальных сред) к описанию фазовых превращений, пластической деформации и других сложных структурных изменений конденсированной среды. Особенностью указанного подхода является разбиение всего ансамбля структурных единиц среды (атомов, дефектов и т.п.) на две подсистемы: возбужденную, отвечающую непосредственно за перестройку системы, и невозбужденную нормальную, не связанную со структурными изменениями. После указанного разбиения полученная гетерогенная смесь представляется как набор нескольких континуумов-фаз. В рамках метода, развитого в работе [4], среда описывается набором парциальных законов сохранения массы и импульса для каждой из компонент смеси.

С помощью подходящих определяющих соотношений для напряжений, потоков импульса и массы система уравнений модели сводится к уравнению типа

$$a \frac{d^2 \rho_e}{dt^2} + b \left(\frac{d\rho_e}{dx} \right)^2 = p - \bar{p},$$

где p – давление; ρ_e – плотность фазы; a, b, \bar{p} – постоянные.

Решения этого уравнения представляют возможные структурно неоднородные состояния системы и позволяют схематично описывать некоторые экспериментальные данные. В рамках этой модели многие постоянные вводятся формально и не имеют физического смысла.

В настоящей работе предлагается модель поведения материалов при больших пластических деформациях, учитывающая конвективный характер течения среды и теоретически определяющая параметры неоднородного распределения скоростей при одноосном растяжении макрообразцов. При больших пластических деформациях ведущим процессом являются микро- и макросдвиги, которые в модели представляются как течение быстроподвижной фазы, находящейся между слабдеформируемыми и малоподвижными блоками. Это может представляться как течение двухфазной гетерогенной смеси (например, «зерна» и «межзеренная среда» или подвижные и неподвижные ансамбли дислокаций). Известно, что гетерогенная смесь (газовзвеси, суспензии, водонасыщенные грунты и т.п.) в отличие от гомогенной смеси (сплав) моделируется двумя континуумами, т.е. фиктивно фазы «размазываются» по всему пространству, а их взаимодействие осуществляется за счет обмена импульсом, массой и т.п. При этом плотности и напряжения полагаются равными: $\rho_1 = \varepsilon \rho_{\text{ист}}^1$; $\rho_2 = (1 - \varepsilon) \rho_{\text{ист}}^2$; $\tilde{\sigma}_1 = \varepsilon \sigma_1$; $\tilde{\sigma}_2 = (1 - \varepsilon) \sigma_2$, где $\rho_{\text{ист}}^1, \rho_{\text{ист}}^2$ – истинные плотности фаз; $\tilde{\sigma}$ – напряжения во всей смеси; ε – объемная доля первой фазы; индексы «1» и «2» означают первую и вторую фазу.

Рассматриваем уравнения двухфазной и двухскоростной среды [5]

$$\frac{d_1 \rho_1}{dt} + \text{div} \rho_1 \bar{u}_1 = I_{21} + F_1; \quad (1)$$

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 гг.» (Соглашение № 14.В37.11. 0071) и РФФИ (№ 11-02-91150-ГФЕН_а), заданием Минобрнауки РФ № 2.4807.2011.

$$\rho_1 \frac{d_1 \bar{u}_1}{dt} = \text{div} \bar{\sigma}_1 + \bar{P}_{21} - I_{21} \bar{u}_1; \quad \frac{d_1}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \bar{u}_1 \bar{\nabla}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho_2}{\partial t} + \text{div} \rho_2 \bar{u}_2 = I_{12}; \quad (3)$$

$$\rho_2 \frac{d_2 \bar{u}_2}{dt} = \text{div} \sigma_2 + \bar{P}_{12} - I_{12} \bar{u}_2; \quad \frac{d_2}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \bar{u}_2 \bar{\nabla}, \quad (4)$$

где $\bar{P}_{21} = -\bar{P}_{12}$ и $I_{21} = -I_{12}$ – интенсивности обмена импульсом и массой между фазами; $\bar{\sigma}_{1,2}$ – средние напряжения в фазах; $\rho_{1,2}$ и $\bar{u}_{1,2}$ – приведенные парциальные плотности и скорости фаз; F_1 – функция источника.

Уравнения (1), (3) представляют собой уравнения неразрывности, а уравнения (2), (4) – законы изменения импульсов. Причем интенсивность межфазного обмена импульсом может быть представлена в виде $\bar{P}_{21} = R_{21} + I_{21} \bar{u}_{21}$, где R_{21} – межфазная сила, связанная с силами трения, давления, сцепления фаз, а интенсивность $I_{21} \bar{u}_{21}$ – с фазовым превращением. В дальнейшем пренебрегаем обменом массой, т.е. $I_{21} = 0$. Кроме того, $\bar{R}_{21} = -p \nabla \varepsilon + \bar{F}_{21}$ (схема силового взаимодействия Рахматуллина) [5]. Слагаемое \bar{F}_{21} связано со скоростной неравновесностью фаз, т.е. $\bar{F}_{21} = \varphi (\bar{u}_2 - \bar{u}_1)$, где φ – функция, зависящая от величины ε . Тогда уравнения (1) – (4) примут окончательный вид:

$$\rho_1 \frac{d_1 \bar{u}_1}{dt} = \varepsilon \text{div} \bar{\sigma} + \varphi (\bar{u}_2 - \bar{u}_1); \quad (5)$$

$$\frac{d_1 \rho_1}{dt} = -\rho_1 \text{div} \bar{u}_1 + F_1; \quad (6)$$

$$\rho_2 \frac{d_2 \bar{u}_2}{dt} = (1 - \varepsilon) \text{div} \bar{\sigma} - \varphi (\bar{u}_2 - \bar{u}_1); \quad (7)$$

$$\frac{d_2 \rho_2}{dt} = -\rho_2 \text{div} \bar{u}_2, \quad (8)$$

где

$$\rho_1 = \varepsilon \rho_e = \frac{V_e}{V_e + V_s} \frac{m_e}{V_e}; \quad \rho_2 = (1 - \varepsilon) \rho_s = \frac{V_s}{V_s + V_e} \frac{m_s}{V_s};$$

ρ_e и ρ_s – истинные плотности сжимаемой («межзеренной») среды и несжимаемой (бло-

ки) фаз; V_e, V_s и m_e, m_s – объемы и массы сжимаемой и несжимаемой фаз.

Из физического содержания модели среды следует, что $\rho_e = \rho_s$; $\frac{d_2 \bar{u}_2}{dt} \approx \frac{d_1 \bar{u}_1}{dt}$; $\varepsilon \ll 1$. Тогда $\rho_2 \frac{d_2 \bar{u}_2}{dt} \gg \rho_1 \frac{d_1 \bar{u}_1}{dt}$. Сложение уравнений (5) и (7) с учетом полученного неравенства приводит к соотношению

$$\varepsilon \text{div} \bar{\sigma} = -\varphi (\bar{u}_2 - \bar{u}_1), \quad (9)$$

имеющему вид, аналогичный закону Дарси в теории фильтрации.

Далее перейдем к исследованию уравнений в одномерной постановке. Соотношение (9) и условие несжимаемости второй среды ($\rho_s = \text{const}$) позволяют привести систему уравнений (5) – (8) к следующему виду:

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = -\frac{1}{\rho_s (1 - \varepsilon)} \frac{\partial P}{\partial x}; \quad (10)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u_2 \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = (1 - \varepsilon) \frac{\partial u_2}{\partial x}; \quad (11)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + u_2 \frac{\partial P}{\partial x} = -\frac{P}{\varepsilon} \frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\varepsilon}{\varphi} \varepsilon P \frac{\partial P}{\partial x} \right] + F_1(\varepsilon, P), \quad (12)$$

где $\rho_e = AP$; $\varphi \approx \varepsilon$; P – давление в среде.

Система уравнений (10) – (12) имеет наглядный физический смысл: первое и второе уравнения – законы изменения импульса и массы, третье – неголономное уравнение состояния, полученное в таком подходе. Решение системы уравнений (10) – (12) будем искать в виде $u_2(x - u_0 t)$, $\varepsilon(x - u_0 t)$, $P(x - u_0 t)$. Тогда уравнения (10) – (12) принимают вид

$$P'(u_2 - u_0) = -\frac{P}{\varepsilon} u_2' + \frac{1}{\varepsilon} [\varepsilon P P']' + F_1(\varepsilon, P); \quad (13)$$

$$\varepsilon'(u_2 - u_0) = (1 - \varepsilon) u_2'; \quad (14)$$

$$u_2'(u_2 - u_0) = -\frac{1}{(1 - \varepsilon) \rho_s} P'. \quad (15)$$

Первые интегралы уравнений (14) и (15) имеют вид

$$\varepsilon = 1 - \frac{C_1}{u_2 - u_0}; \quad (16)$$

$$P = -C_1 \rho_s u_2 + C_2, \quad (17)$$

где C_1 и C_2 – константы.

Выражая величины $\frac{u'}{\varepsilon}$ и $\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$ через P и под-

ставляя их в выражение (13), получим уравнение, содержащее характеристику P ,

$$(P - \alpha)P' + PP' \frac{P - \alpha}{P - \beta} - \frac{\beta - \alpha}{C_1} \times \\ \times \left[\frac{\beta - \alpha}{P - \alpha} \frac{PP'^2}{P - \beta} + (PP')' \right] = F_1(\varepsilon, P),$$

где $\alpha = -u_0 C_1 \rho_s + C_2$; $\beta = -(u_0 C_1 \rho_s + C_1^2 \rho_s) + C_2$.

Это уравнение допускает при $F_1 = 0$ [6] разделение переменных с помощью замены $z = P'P$

$$\frac{\partial z}{\partial P} = -z \frac{\beta - \alpha}{(P - \alpha)(P - \beta)} + \\ + \frac{1}{F} (P - \alpha) \left(1 + \frac{P}{P - \beta} \right), \quad (18)$$

где $F = \frac{\beta - \alpha}{C_1}$.

Первый интеграл уравнения (18) имеет следующий вид:

$$z(P) = D \frac{P - \alpha}{P - \beta} (P^2 - \beta P + C_3), \quad (19)$$

где $D = \frac{C_1}{(\beta - \alpha)\beta}$; $C_3 = \text{const}$.

Тогда решение уравнения (13) получаем в следующем виде:

$$\ln(P - \alpha) - C_3 \int \frac{dP}{(P - \alpha)(P^2 - \beta P + C_3)} = \\ = D(\xi + C_4). \quad (20)$$

Граничные условия при $x = 0$ и $x = L$ зададим следующим образом:

$$u_2(0) = u^{(1)} = 0; \quad u_2(L) = u^{(2)} = u^*; \quad \varepsilon(0) = \varepsilon^{(1)}; \\ \varepsilon(L) = \varepsilon^{(2)}; \quad P(0) = P^{(1)}; \quad P(L) = P^{(2)}; \\ P'(0) = P'(L) = 0; \quad z(P^{(1)}) = z(P^{(2)}) = 0. \quad (21)$$

Поставленные граничные условия соответствуют неподвижности точек образца при $x = 0$

и движению их со скоростью u^* при $x = L$. Эта ситуация хорошо моделирует условия эксперимента [7].

Записав три первых интеграла (16), (17) и (19) для граничных условий, получим шесть уравнений, имеющих восемь переменных $C_1, C_2, C_3, u_0, P^{(1)}, P^{(2)}, \varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}$ (т.е. $\varepsilon^{(1)}$ и $\varepsilon^{(2)}$ остаются свободными):

$$u_0(1 - \varepsilon^{(1)}) = C_1; \\ P^{(1)} = C_2; \\ D \frac{P^{(1)} - \alpha}{P^{(1)} - \beta} (P^{(1)2} - \beta P^{(1)} + C_3); \quad (22)$$

$$(u^* - u_0)(1 - \varepsilon^{(2)}) = C_1;$$

$$P^{(2)} = C_1 \rho_s u^* + C_2;$$

$$D \frac{P^{(2)} - \alpha}{P^{(2)} - \beta} (P^{(2)2} - \beta P^{(2)} + C_3) = 0.$$

Решения уравнений (22) имеют вид

$$u_0 = \frac{1 - \varepsilon^{(2)}}{\varepsilon^{(1)} - \varepsilon^{(2)}} u^*; \quad (23)$$

$$P^{(1)} = \frac{\rho_s (u^*) (1 - \varepsilon^{(2)}) (1 - \varepsilon^{(1)}) (u^* - u_0 \varepsilon^{(1)})}{(1 - \varepsilon^{(2)}) (2u_0 \varepsilon^{(1)} - u^*)}; \quad (24)$$

$$P^{(2)} = \frac{\rho_s (u^*)^2 (1 - \varepsilon^{(2)}) (1 - \varepsilon^{(1)}) (u^*)^2 u_0 \varepsilon^{(1)}}{(\varepsilon^{(1)} - \varepsilon^{(2)}) (2u_0 \varepsilon^{(2)} - u^*)}. \quad (25)$$

Таким образом, математическая задача, включающая систему уравнений (10) – (12) и граничные условия (21), допускает решение в виде движущейся волны – полки с параметрами на ее концах, определяемыми соотношениями (23) – (25) через скорость движения захвата и свободными параметрами $\varepsilon^{(1)}$ и $\varepsilon^{(2)}$. Выбирая $\varepsilon^{(1)} \approx 0,1$ (неподвижный захват), а $\varepsilon^{(2)} \approx 0$ (подвижный захват), и используя зависимость (23), можно получить близкую к эксперименту [7] скорость движения полки $u_0 \approx 10u^*$. Вычисление интеграла в выражении (20) позволяет вычислить ширину λ ударного перепада

$$\lambda \approx \frac{1}{D} \approx \frac{\rho_s A (1 - \varepsilon_2) (1 - \varepsilon_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} u^*.$$

Выводы. Использование двухфазной модели в приближении фильтрационного подхода позволило оценить скорость распространения

волны и ширину ударного перехода. Полученные количественные оценки скорости распространения волны пластичности достаточно хорошо согласуются с экспериментальными значениями. В рамках такого подхода не удается установить аналитический вид функции φ , для его нахождения необходимо воспользоваться экспериментальными данными или теорией, учитывающей конкретный механизм взаимодействия структурных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панин В.Е., Егорушкин В.А. // Физическая мезомеханика. 2011. № 3. С. 7 – 26.
2. Трусов П.В., Швейкин А.И. // Физическая мезомеханика. 2011. № 4. С. 5 – 30.
3. Yoshida S., Rourks R.L., Mita T., Ichinose K. // Физическая мезомеханика. 2010. № 1. С. 5 – 9.
4. Aifantis E.C. On the Mechanics of Phase Transformations. – Phase Transformations. London – N.Y. 1986. P. 233 – 289.
5. Нигматуллин Р.И. Динамика многофазных сред. Т. 1. – М.: Наука, 1987. – 464 с.
6. Сарычев В.Д., Петрунин В.А. // Изв. вуз. Черная металлургия. 1993. № 2. С. 29 – 33.
7. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. – Новосибирск: Наука, 2008. – 328 с.

© 2013 г. В.Д. Сарычев, С.А. Невский,
В.Е. Громов

Поступила 14 ноября 2012 г.

М.Г. Коряга

Представительство в г. Новокузнецке Кемеровской области ОАО «Газпром промгаз»

ПРИМЕНЕНИЕ СТАНКОВ ПОДЗЕМНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЙ МЕТАНА И БОРЬБЫ С САМОВОЗГОРАНИЕМ УГЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Слоевая разработка мощных пластов сопряжена с рядом трудностей, связанных с высокой газоносностью угля и склонностью его к самовозгоранию. Требования по газоносности, предъявляемые к пластам, намеченным к подземной разработке [1], вынуждают применять как заблаговременную, так и предварительную дегазацию.

Борьба с самовозгоранием угля ведется из-за перемычек или через дополнительно пробуренные скважины. Методики борьбы с самовозгоранием угля на практике [2] заключаются в снижении содержания кислорода в атмосфере выработанного пространства до концентрации, не поддерживающей горение, или в изоляции поверхности горения от притока кислорода путем покрытия ее различными реагентами и смесями.

Для бурения скважин различного назначения отечественная и зарубежная промышленность выпускает целый ряд станков для условий шахт. Ассортимент современной буровой техники для направленного бурения в шахтных условиях постоянно расширяется. Совместное закрытое акционерное общество «Новинка», входящее в состав Группы ФИД [3], предлагает буровой станок ПБС-3, предназначенный для направленного бурения и ремонта скважин глубиной не менее 1000 м из горных выработок нефтешахт.

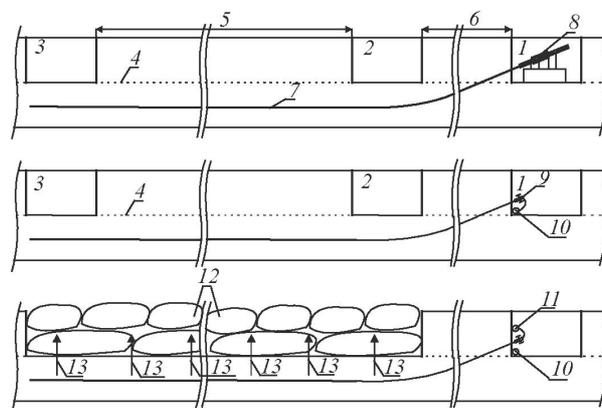
ООО «Пайпер Интернешнл» (Piper International) [4] предлагает комплексы оборудования для направленного бурения в условиях шахт. В основе комплекса могут быть буровые установки GDS 20×40R или ADS T-15/38 с номинальной длиной бурения до 1500 м.

Реализация такой техники для бурения скважин подземной дегазации и предотвращения самовозгорания угля дает возможность увеличивать функциональность каждой скважины.

На рисунке показана схема применения станка направленного бурения и расположения многоцелевой скважины.

В процессе проведения выработок 1, 2 и 3 первого слоя из штрека следующего комплекса механизированного забоя (КМЗ) бурится скважина, ствол 7 которой проходит через охранный целик 6 и, изгибаясь по заданной траектории под штреками 2, 3 и выемочным столбом 5, располагается в середине второго слоя мощного пласта. Линия 4 – граница обрабатываемого слоя. Бурение заканчивается при прохождении скважины над выработкой 3. Далее устье оборудуется превентором 9. При необходимости в скважине возможно проведение гидравлического разрыва пласта или других методов интенсификации газопритока [5]. Для сохранения целостности сечения ствола на весь срок работы скважины возможна обсадка ее перфорированной трубой из полимерных материалов, которая при выемке угля комбайном будет разрушена шнеком. Для дегазации пласта скважина подключается к трубопроводу 10, проложенному от вакуум-насосной станции на поверхности.

После прохождения над скважиной комплексно механизированного забоя и обрушения кровли 12 устье отсоединяют от дегазационного трубопровода и подключают к газопроводу 11 подачи азота. Нагнетание азота [6] в выработанное пространство первого слоя 13



Работы по извлечению метана и борьбе с самовозгоранием угля

будет производиться через трещины разгрузки второго слоя. Закачка азота в скважины ведется до снижения фоновых значений содержания в воздухе изолированного пространства и в приповерхностном слое водорода и оксида углерода, а также до уменьшения температуры воды и воздуха до 25 °С [7].

Достоинствами такой схемы применения многофункциональных скважин направленного бурения являются:

– расположение буровой техники и трубопроводов в выработке, не задействованной непосредственно в процессе работы КМЗ;

– возможность использования скважины для дегазации некоторое время даже после прохода над ней КМЗ;

– применение средств направленного бурения позволяет выполнить веерное бурение через одно устье, что увеличит эффект от дегазации;

– минимизация времени между образованием выработанного пространства и началом закачки азота с целью предотвращения самовозгорания угля.

Выводы. Предложенная схема позволяет поэтапно использовать скважину для дегазации и последующей профилактики самовозгорания угля посредством закачки азота в выработанное пространство через трещины разгрузки первого слоя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон Российской Федерации от 26 июля 2010 г. № 186-ФЗ «О государственном регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности»: [Электронный ресурс]: Российская газета Федеральный выпуск № 5244 от 28 июля 2010 г. – Режим доступа свободный: <http://www.rg.ru/2010/07/28/dobycha-uglia-dok.html>
2. Пожарная профилактика: [Электронный ресурс]: Горная энциклопедия – Режим доступа свободный: <http://www.mining-enc.ru/p/pozharnaya-profilaktika/>
3. СЗАО «Новинка». Оборудование для работы в шахтных условиях: [Электронный ресурс]: продукция и услуги. – Режим доступа свободный: <http://www.fidnov.com/prod/>
4. Piper International: [Электронный ресурс]: Буровые установки для подземного направленного бурения. – Режим доступа свободный: <http://piperint.com/>
5. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт: РД-15-09-2006. / Отв. разработ. А.Д. Рубан и др. – М.: Промышленная безопасность, 2007. – 255 с.
6. Самоходные азотные станции (на шасси): [Электронный ресурс]: продукция Краснодарского компрессорного завода. – Режим доступа свободный: <http://www.kkzav.ru/samohodnye-stancii/azot>
7. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса / ФГУП РосНИИГД и др. – Кемерово: Б. И., 2007. – 77 с.

© 2013 г. М.Г. Коряга
Поступила 16 января 2013 г.

УДК 551.87 (571.1/5)

*М.М. Адаменко¹, Я.М. Гутак², М.Е. Евдокимов³*¹Кузбасская государственная педагогическая академия²Сибирский государственный индустриальный университет³Новосибирский государственный университет

ДИНАМИКА КЛИМАТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ ЮГА КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ ПО СТРАТИГРАФИЧЕСКИМ И РАДИОУГЛЕРОДНЫМ ДАННЫМ

Постановка проблемы

Кузнецкий Алатау в отношении палеогеографии плейстоцена-голоцена является малоизученным районом. Существующая фрагментарная информация представляет собой описание отдельных ледниковых форм рельефа в отчетах путешественников [1] и работах ученых, занимавшихся проблемами геологии [2] и современной гляциологии [3] района. Наиболее цитируемой работой по вопросам гляциальной истории Кузнецкого Алатау является статья В.П. Булова «Кары в верхнем течении р. Томи» [4]. На ее основании Л.Н. Ивановский классифицирует описанные кары как «типично нивальные, которые неоднократно занимались ледниками» [5, с. 32]. Плейстоценовому оледенению Кузнецкого Алатау посвящены работы П.А. Окишева и В.Е. Дмитриева [6]. Они выделяют Кузнецкий Алатау как репрезентативный район для выявления особенностей развития древнего оледенения Алтае-Саянской горной области, отмечают, что расположение района «должно обеспечить четкую реакцию компонентов ландшафта на глобальные климатические перестройки» [6, с. 90].

В то же время, имеющаяся фрагментарная информация не позволяет даже в самых общих чертах представить динамику климата и масштабы оледенения Кузнецкого Алатау в позднем плейстоцене-голоцене. Учитывая уникальные условия существования современных ледников вышеназванного района, этот вопрос становится весьма актуальным для практики географических исследований.

Объекты исследования и методы

Исследования динамики климата и оледенения Кузнецкого Алатау ведутся нами с 2002 г. Опорной базой экспедиционных работ выбран Тигертышский горный узел, где благодаря наличию высот до 2217 м широко пред-

ставлены элементы горно-гляциального комплекса, в том числе и современные ледники. За время проведения работ на основе полевых исследований (геоморфологических описаний, методов фитоиндикации, лихенометрии, дендрохронологии) и дистанционных методов (анализ космических снимков, аэрофотоснимков, топографических карт 1:100000, 1:25000) была вычленена общая картина масштабов оледенения во время последнего позднеплейстоценового оледенения, выявлены этапы последующей деградации ледников и особенности позднеплейстоценовой и современной динамики оледенения.

Установлено, что Тигертышский горный узел во время последнего оледенения был территорией с многочисленными ледниками. В зависимости от сочетания конкретных физико-географических условий здесь развивались различные морфологические типы ледников (от сложных долинных до простых каровых, включая висячие ледники и ледники плоских вершин). По расположению древних моренных комплексов в районе было выделено 56 ледников общей площадью около 245,3 км² [7]. При этом самые крупные сложные долинные ледники находились в северо-западной части узла и были приурочены к долинам рек Бельсу, Каратас и Туралыг. В позднеледниковье и голоцене в процессе потепления климата ледники отступали, образуя стабилизирующие морены. Всего в Тигертышском горном узле выделяются четыре стадии образования морен. По нашим предположениям, гипсометрически самая нижняя из них – морена эпохи максимума позднеплейстоценового оледенения, три морены, расположенные выше, сформированы в позднеледниковье и раннем голоцене. Современные ледники представляют собой реликты плейстоценового оледенения региона и в настоящее время продолжают деградировать. У наиболее крупных современных ледников района (ледники Тронева и Караташ) имеются

сложные приледниковые моренные комплексы, состоящие из пяти моренных валов. По нашим данным, самый верхний пятый моренный вал исследуемых ледников имеет возраст не моложе «исторической» стадии (V в до н.э. – V в н.э.). В то же время отсутствие надежных датировок геологических событий гляциальной истории Кузнецкого Алатау вносит в интерпретации значительную долю условности и субъективизма, особенно для ранних этапов.

В ходе полевых исследований района в 2012 г. был выявлен и описан первый разрез голоценовых отложений в границах оледенения Тигертышского района, содержащий слой торфяника, пригодные для радиоуглеродного датирования. Стратиграфическое описание разреза и первые абсолютные датировки торфяных слоев позволили существенно конкретизировать данные об изменении климата и деградации ледников Кузнецкого Алатау в позднеледниковье – голоцене.

Геоморфологическое описание территории

Обнажение расположено в верхней части долины ручья Большой Хунулхузух правого притока реки Каратас в высокогорной зоне Тигертышского горного узла (рис. 1). Общая морфология долины реки Каратас и ее притока заложена в доледниковое время и сформирована тектоническими и флювиальными процессами. В период последнего максимума оледенения вся долина вплоть до слияния реки Каратас и ручья Хунул-Хузух была занята сложным долинным ледником. В географической литературе этот район известен под названием «Золотая долина». В связи с этим целесообразно назвать данный палеоледник Золотодолинным.

В рельефе долина ручья Большой Хунулхузух широкая, расширяющаяся кверху (рис. 2). Протяженность долины от тыловой стенки

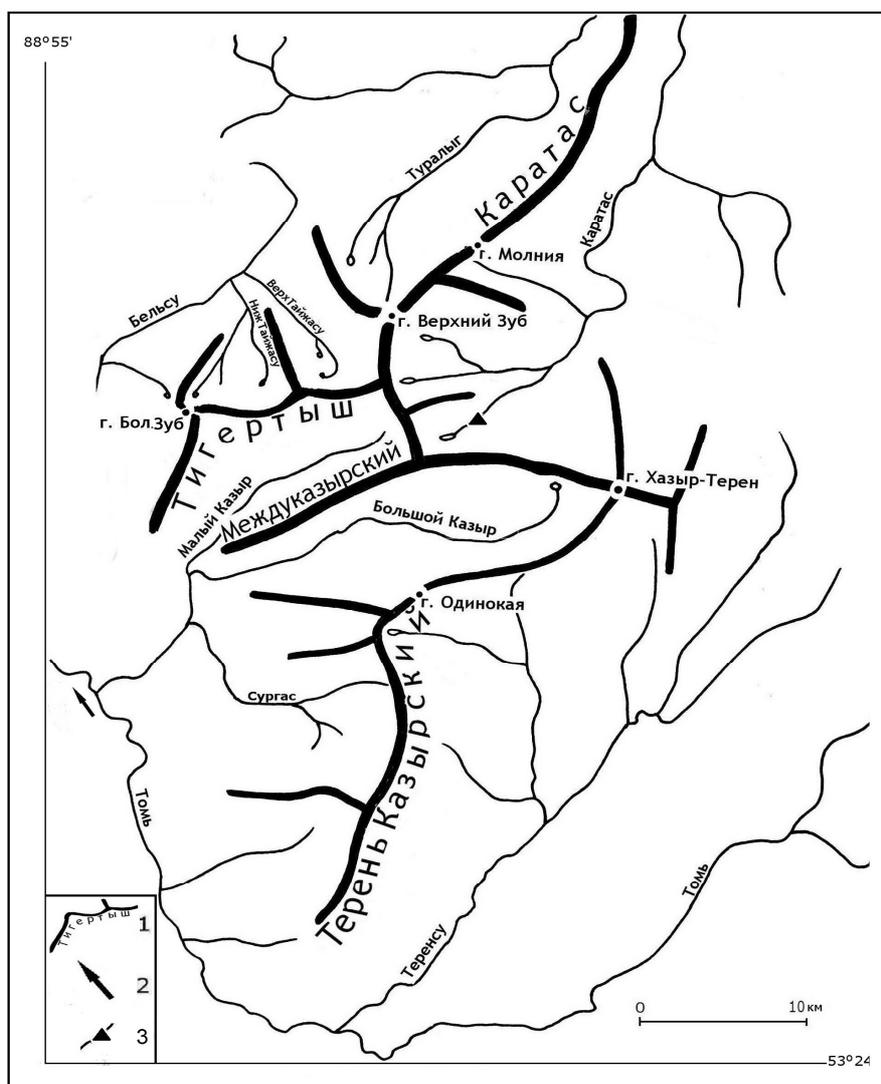


Рис. 1. Орографическая схема Тигертышского горного узла

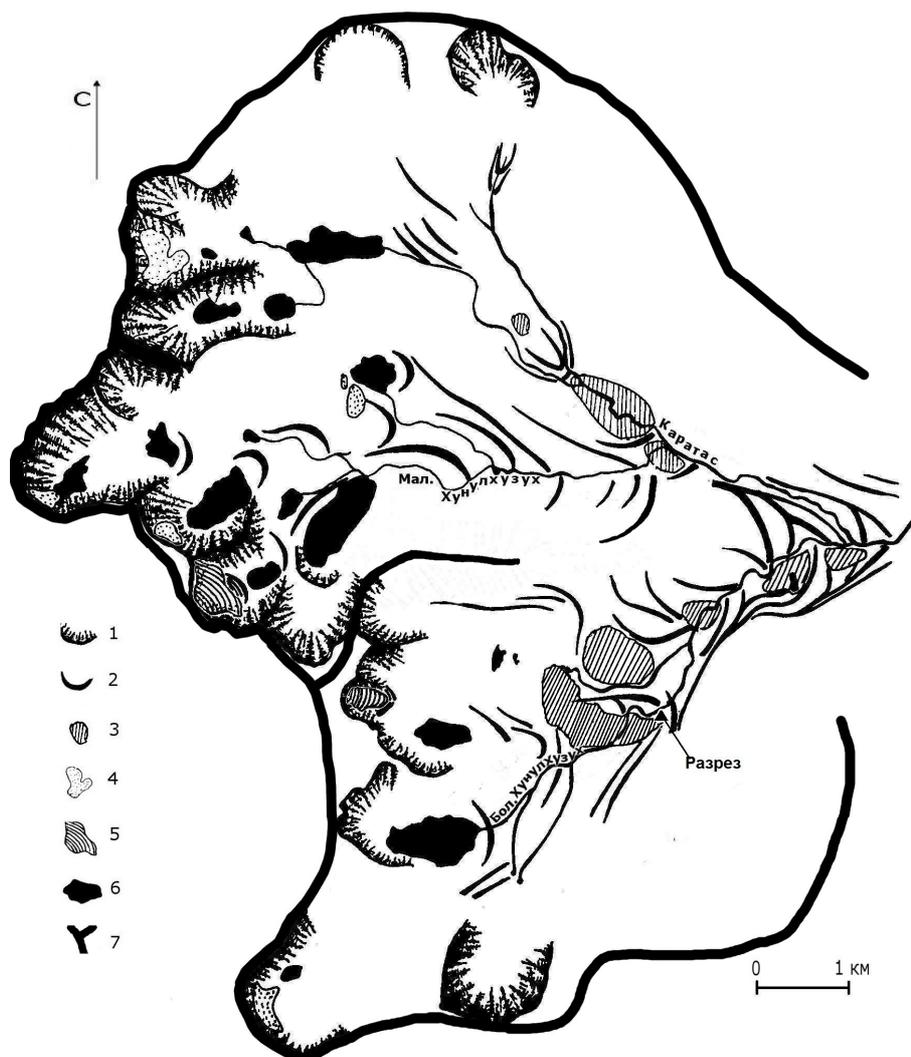


Рис. 2. Геоморфологическая схема верховьев реки Каратас и ручьев Большой и Малый Хунулхузухи:

1 – кары; 2 – моренные валы; 3 – заболоченные ровные площадки, в прошлом бывшие морено-подпрудными озерами; 4 – многолетние снежники; 5 – современные ледники; 6 – ледниковые озера; 7 – осевая линия хребтов и отрогов, возвышающихся над ледником

центрального кара до впадения ручья в реку Каратас около 9 км, при этом ее ширина достигает 4,5 км. Долина замыкается шестью карами, четыре из которых объединены в две каровые лестницы, два крайних – одиночные. Следует отметить, что верхние кары каровых лестниц и одиночные кары имеют идентичную высоту дниц в 1440 – 1420 м. В карах верхних ступеней каровых лестниц залегают современные ледники (л. Караташ) и крупные многолетние снежники. Нижние ступени каровых лестниц заняты озерами – Хунулхузук и безымянным озером под Караташским ледником с урезами воды в 1259 и 1280 м соответственно. Ниже уступа верхнего уровня каров долина отличается пологим падением, в среднем 8,7 м на 1 км.

Вся долина исчерчена моренными валами и участками морено-холмистого рельефа (рис. 2). Помимо конечных и боковых морен-

ных валов, здесь выделяются узкие вытянутые валы, внешне сильно напоминающие озы, которые пересекают долину и спускаются к руслу ручья под углом 45 градусов. Валы покрыты кедровым лесом, а понижения между валами заняты болотами разной степени обводненности.

Описание разреза

Изученное обнажение расположено в правом борту ручья Большой Хунулхузук. В этом месте моренный вал перегораживает долину, из-за чего ручей сильно извивается и разветвляется на несколько протоков с медленным течением. Обнажение имеет высоту около 1,5 м и протяженность около 8 м. Нижняя часть разреза перекрыта аллювиальными галечными отложениями. Более глубокие горизонты разреза изучены при помощи бура-пробоотборника до

глубины 5 м (рис. 3), описание их приведено ниже.

В верхней части обнажается слой плотного торфа с хорошо выраженной слоистостью. Верхние горизонты торфяного слоя имеют светло-бурый цвет, с глубиной цвет меняется до темно-бурого и темного серо-коричневого. В нижних слоях торфа высоко содержание древесных остатков. Из этого слоя отобрана проба с глубины 27 – 30 см. Радиоуглеродный анализ показал возраст 5200 ± 85 лет [СОАН-8789] (мощность слоя 0,2 – 0,3 м).

Ниже следует слой крупнозернистого грубого терригенного песка бурого цвета с примесью гальки средней степени окатанности (мощность слоя 0,5 м).

Следующий слой – травяно-древесный торф буро-ржавого цвета. В слое высоко содержание древесного детрита (по визуальным оценкам до 40 – 45 %). Из этого слоя с глубины 95 – 100 см отобрана проба № 2 [СОАН-8790]. Абсолютный возраст 8235 ± 110 лет

(мощность слоя 0,05 – 0,1 м).

Далее следует слой среднего и мелкого плохо окатанного галечника с высоким содержанием крупного песка. Этот слой сильно варьируется по мощности в разрезе и местами выклинивается (мощность слоя 0,2 м).

Ниже расположен слой ленточных озерно-ледниковых глин. Ритмичность прослеживается очень хорошо. Визуально выделяются ритмы в 1 – 3 мм и 1 – 2 см. В верхней части слоя высоко содержание малоразложившейся органики, при разламывании толщи по отдельным слоям видны мелкие листочки кустарников и травянистой растительности. Глина достаточно плотная серо-синего оттенка, при смятии ее в руке она хорошо принимает и держит форму. На глубине около 3,6 м происходит переход к вязкой грязеподобной глине серого цвета (мощность слоя 3,8 м).

Описанный разрез опробован также пробами на карпологию и микрофауну (в настоящее время пробы находятся в обработке).

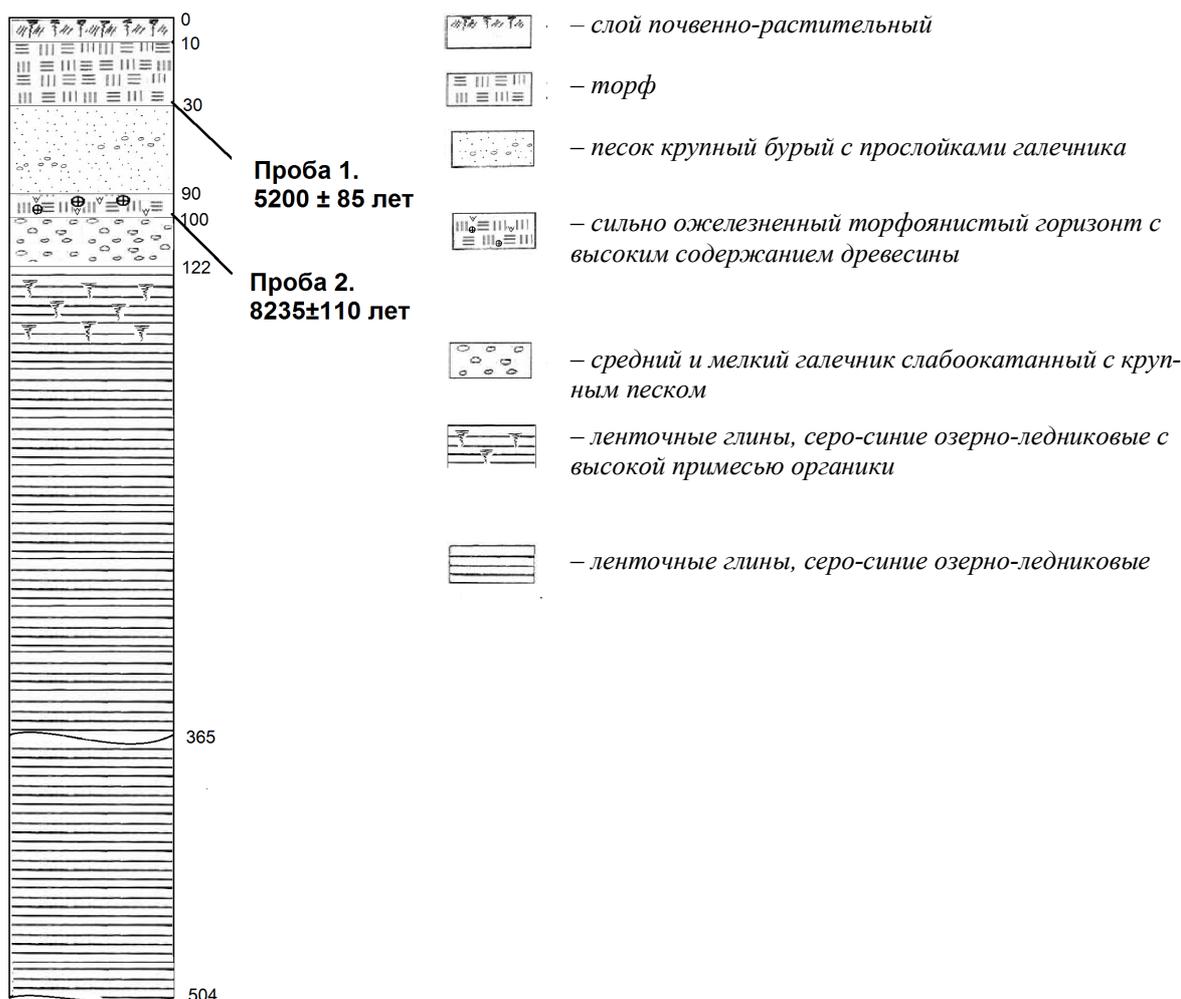


Рис. 3. Разрез голоценовых отложений в правом борте ручья Большой Хунулхузук

Реконструкция событий

Полученные по разрезу данные и выявленные ранее факты позволяют с высокой степенью достоверности реконструировать общую картину деградации Золотодолинного ледника и судить о динамике изменения климата всего юга Кузнецкого Алатау в позднеледниковье – голоцене.

В максимум последнего позднеледниковья, датированного в горах Алтая 20 – 18 тыс. лет назад [8], в южной части Кузнецкого Алатау развивалось оледенение, носящее характер горно-долинное. Самый крупный ледник этого района полностью заполнял долину реки Каратас и ее притоков ручьев Малый и Большой Хунулхузухи. Логично утверждать, что положение конца этого ледника в максимум последнего оледенения маркирует гипсометрически самый нижний выявленный моренный комплекс, дистальный фронтальный вал которого представляет морену напора. Исходя из его положения ледник достигал площади 50,3 км² при максимальной длине в 10 км.

Имеются свидетельства существования в районе более древнего и более крупного оледенения. Так, долина реки Каратас еще на протяжении 5,5 км ниже морены напора имеет черты поперечного профиля, свойственного трогам, на правом борту долины имеются формы, напоминающие боковые морены, а чуть выше впадения реки Широкая Березовая на правом берегу долины прослеживается валобразное возвышение, которое под углом 45° перегораживает долину (возможно, конечная морена). По нашему мнению, это следы древнего оледенения, синхронного раннезырянскому (ермаковскому) криохрону, однако для подтверждения этого предположения требуются дополнительные исследования.

Потепление климата в Кузнецком Алатау в позднеледниковье вызвало быструю деградацию Золотодолинного ледника. Ледник распался на три потока, отступавших вверх по долинам реки Каратас, ручьев Малый и Большой Хунулхузухи. Отступление указанных потоков Золотодолинного ледника протекало по-разному и было описано ранее [9].

Поток, занимавший долину ручья Большой Хунулхузух после распада Золотодолинного ледника на первом этапе деградации оледенения, отступал постепенно, стабилизируясь и откладывая асциляционные моренные валы. Вся нижняя часть долины ручья вплоть до описанного разреза исчерчена поперечными моренными валами высотой до 10 – 12 м. При

этом, если моренный комплекс эпохи максимума оледенения сложен разнородным материалом (от крупных валунов до песчанисто-щебнистой фракции), то морены эпохи деградации оледенения практически лишены валунов и сложены, по визуальной оценке, щебнисто-крупнопесчаной массой.

Стремительная деградация ледника усугубилась открытостью системы и положим уклонном верхней части долины ручья. Быстрое таяние льда способствовало образованию морено-подпрудных озер. В долине ручья Большой Хунулхузух выявляются пять таких озер, еще три обнаружены в долине реки Каратас. В настоящее время положение этих озер маркируют ровные округлые заболоченные площадки, окаймленные с одной или нескольких сторон моренными валами (рис. 2). В одних случаях образование болот генетически связано с заболачиванием озер, в других нет. Озера между валами максимального моренного комплекса в нижней части долины получали мало глинистого материала, заливались и заболачивались постепенно. Озера верховий Большого Хунулхузуха достаточно быстро заполнились продуктами выноса, образование болот здесь происходило только в период гумидизации климата в среднем голоцене.

Исследование озерно-ледниковых отложений, обнажающихся в описываемом нами разрезе, показали, что озеро в верхней части долины ручья Большой Хунулхузух получало непосредственный сток с ледников, что доказывается высоким содержанием в отложениях «ледниковой муки». Полная мощность озерно-ледниковых отложений здесь превышает 3,8 м. Глинистые отложения разреза имеют определенную ритмичность. При этом наиболее отчетливо проявлены ритмы в 1 – 3 мм, несколько хуже – в 1 – 2 см. Учитывая полученные датировки нижнего торфяного слоя (8235 ± ±110 лет), можно утверждать, что озеро начало формироваться в позднеледниковое время или в самом начале голоцена. Морена, подпруживающая озеро, явно была отложена в конце позднеледниковья (13 – 11 тыс. лет назад) и соответствует древнему или позднедриасовскому похолоданию в схеме Блитта-Сернандера.

Выше озерно-ледниковых отложений и торфяного слоя в разрезе выделяется аллювиальный слой. Эти отложения сформированы в среднем голоцене. Они хорошо промыты и лишены глинистых и алевритовых фракций, что свидетельствует об отсутствии прямой связи с вышележащими ледниками. «Леднико-

вая мука», по-видимому, задерживалась фильтрами вышележащих моренных валов.

Выводы. Полученные данные говорят о том, что в районе 8000 тыс. лет назад климат Кузнецкого Алатау был теплее и суше современного. Обнажающаяся в разрезе прослойка торфа этого времени сильно отличается от современного высоким содержанием древесной составляющей. Скорей всего здесь в отдельных понижениях рельефа и в условиях плохого дренажа (в нашем примере, на слое озерных глин) развивались заболоченные леса по типу мари. Предполагается, что результаты палеокарпологических исследований позволят реконструировать состав растительных сообществ этого района и провести их сравнение с современными биоценозами. Около 5000 тыс. лет назад в Кузнецком Алатау началось похолодание и усиление увлажнения, процессы торфообразования этого времени близки к современным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толмачев И.П. Геологическая поездка в Кузнецкий Алатау летом 1902 г. // Изв. РГО. 1903. Т. 39. Вып. IV. С. 1 – 47.
2. Чурakov А.Н. Кузнецкий Алатау. История его геологического развития и его геохимические эпохи. – Л.: Изд-во АН СССР, 1932. – 119 с.
3. Шпинь П.С. Оледенение Кузнецкого Алатау. – М.: Наука, 1980. – 83 с.
4. Буров В.П. Кары в верхнем течении р. Томи (Кузнецкий Алатау) // Гляциология Алтая. Вып. 3. – Томск: Изд-во ТГУ, 1964. С. 208 – 211.
5. Ивановский Л.Н. Гляциальная геоморфология гор (на примере Сибири и Дальнего Востока). – Новосибирск: Наука, 1981. – 173 с.
6. Окишев П.А., Дмитриев В.Е. Плейстоценовые оледенения Кузнецкого Алатау // Ледники и климат Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 1987. С. 90 – 93.
7. Адаменко М.М., Адаменко М.Ф., Гутак Я.М. Гляциальный рельеф и особенности плейстоценового оледенения Кузнецкого Алатау // Рельеф и экзогенные процессы гор: Материалы Всерос. науч. конф. с международным участием. – Иркутск: изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. Т. 2. С. 3 – 6.
8. Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 253 с.
9. Адаменко М.М., Сюбаев А.А., Адаменко М.Ф. Древний моренный комплекс в верховьях реки Каратас (Южно-Алатауский горный район) // Известия Бийского отделения географического общества. Вып. 32. – Бийск: АГАО им. В.М. Шукшина, 2011. С. 35 – 39.

© 2013 г. М.М. Адаменко, Я.М. Гутак,
М.Е. Евдокимов

Поступила 18 февраля 2013 г.

Л.Т. Дворников, Л.Н. Гудимова

Сибирский государственный индустриальный университет

ОСНОВАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ПЛОСКИХ ШАРНИРНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Машиностроение не может совершенствоваться без развития теоретических оснований к методам синтеза и конструирования машин. Является естественным, что новые машины, приходящие взамен морально и физически устаревших, оказываются более сложными с точки зрения их структуры и методов расчета на стадии проектирования. Наиболее широкое применение в технике имеют плоские шарнирные механизмы. Именно в этом направлении к настоящему времени накоплен богатый теоретический и практический опыт.

Обратимся к начальной стадии проектирования плоских механических систем, а именно к вопросу о структурном синтезе кинематических цепей как к основополагающей сути любых механических систем.

Известно, что кинематической цепью называют последовательное соединение звеньев в кинематические пары, позволяющее относительно их движение. Любую цепь можно охарактеризовать [1] рядом присущих ей параметров, которые вполне отличают рассматриваемую цепь от всех других. Важнейшими и неотъемлемыми параметрами являются следующие девять: n – число звеньев цепи; p – число кинематических пар цепи; τ – число кинематических пар наиболее сложного – базисного звена цепи, которыми оно соединяется с другими звеньями; δ – число выходов (свободных пар) цепи; α – число изменяемых замкнутых контуров цепи; α_i – сложность изменяемых замкнутых контуров; γ – число ветвей цепи; λ – общее число сторон звеньев цепи (λ_n –

наружных сторон, λ_b – внутренних сторон); λ_n/δ – распределение числа наружных сторон цепи между выходами.

В работе [2] было обосновано существование четырех видов плоских кинематических цепей, а именно – кинематических цепей Грюблера, групп Ассура, «ферм» Баранова и механизмов. Разработав особый алгоритм, профессор Э.Е. Пейсах [2] показал представленную в настоящей работе таблицу реального количества перечисленных цепей в зависимости от числа звеньев в них.

Считая весьма важным полученный Э.Е. Пейсахом результат, отметим, что особенности всех указанных четырех видов цепей к настоящему времени недостаточно изучены и обоснованы. Обратимся к разрешению этого вопроса. Рассмотрим зарождение и развитие идей, заложенных Грюблером, Ассуром, Барановым, в их ретроспекции и в современном понимании. Системный анализ таких цепей представляется весьма полезным уже на том основании, что эта проблема пока никем не рассматривалась в подробностях.

Научная статья М.Ф. Грюблера [3] является основополагающей в изучении одноименных цепей. К этому году уже была известна структурная формула механизмов П.Л. Чебышёва, обоснованная им в 1869 г. и имеющая в современных обозначениях вид

$$W = 3n - 2p_5; \quad (1)$$

Числа кинематических цепей по Пейсаху

Число звеньев в цепи	Число групп Ассура	Число цепей Грюблера	Число механизмов	Число звеньев	Число ферм Баранова
2	1	–	–	3	1
4	2	1	1	5	1
6	10	2	9	7	3
8	173	16	153	9	28
10	5442	230	4506	11	–
12	251638	6856	195816	13	–
14	–	318162	11429024	15	–

здесь W – подвижность цепи; n – число подвижных звеньев; p – число одноподвижных кинематических пар-шарниров.

Грюблер, зная формулу (1) Чебышёва, нашёл важным рассмотреть структуры, обладающие подвижностью $W = 4$, т.е. такие, в которых нет свободных кинематических пар (замкнутые, принужденные цепи) и которые могут иметь в плоскости четыре подвижности: три совместных для всей цепи – в плоскости и одну – относительного движения звеньев. Таким образом, цепи Грюблера – это такие цепи, которые удовлетворяют условию

$$3n - 2p_5 = 4. \quad (2)$$

Самой простой цепью Грюблера является четырехзвенная. Чтобы все их найти, Грюблер ввел понятие i -парных звеньев, т.е. звенья могут быть различной сложности – двухпарные, как все звенья, показанные на рис. 1, трехпарные, четырехпарные. Учитывая это, логически безупречно могут быть составлены два уравнения, описывающие все цепи Грюблера, а именно:

$$\begin{aligned} 2p_5 &= 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + \dots + jn_j; \\ n &= n_2 + n_3 + n_4 + \dots + j. \end{aligned} \quad (3)$$

Двойка слева в первом уравнении обосновывается тем, что при сложении всех пар звеньев n_2, n_3, n_4 и т.д. они (пары) проявляются дважды.

Рассмотрим шестизвенные цепи Грюблера. Тогда, подставляя $n = 6$ в уравнения (2) и (3), получим $p_5 = 7, n_2 = 4, n_3 = 2$. Таких цепей Грюблера всего две. Они показаны на рис. 2, а, б. Останавливая в этих цепях последовательно, т.е. делая звенья 1, 2, 3, 4, 5 и 6 неподвижными, можно получить всего пять структурно отличающихся друг от друга шестизвенных меха-

низмов, которые показаны на рис. 2: три (рис. 2, в, г, д) получаются из цепи, изображенной на рис. 2, а, и два (рис. 2, е, ж) – из цепи, показанной на рис. 2, б.

Если обратить внимание на стрелки, определяющие заданные движения звеньев на рис. 2, то всего из этих пяти схем можно создать отличающихся девять механизмов. Именно эти девять кинематических цепей, обладающих подвижностью $W = 1$, являлись основой создания реальных машин на практике.

Отметим, что Грюблер не решал и даже не ставил задачу о методе создания собственно названных его именем кинематических цепей.

Согласно таблице, восьмизвенных цепей Грюблера всего 16. Правда, по этому вопросу нет единого мнения. Есть сведения о том, что их 20 [4]. Во всяком случае, используя цепи Грюблера, можно найти многообразие отличающихся друг от друга восьмизвенных механизмов. Покажем лишь две из восьмизвенных цепей Грюблера, из которых образуются существенно отличающиеся по сложности механизмы (рис. 1).

Нахождение и использование цепей Грюблера является важным направлением в теории механизмов при создании работоспособных машин.

В 1914 г. русский ученый Леонид Владимирович Ассур обосновал другой принцип построения механизмов [5], который был сформулирован так: любой механизм может быть создан путем присоединения к ведущему звену группы или групп звеньев, обладающих нулевой подвижностью. Именно такие группы звеньев в дальнейшем стали называть группами Ассура. Надо сказать, что сам Ассур находил и исследовал так называемые нормальные группы, т.е. такие, которые заканчиваются поводками и которые не содержат внутри себя изменяемых замкнутых контуров.

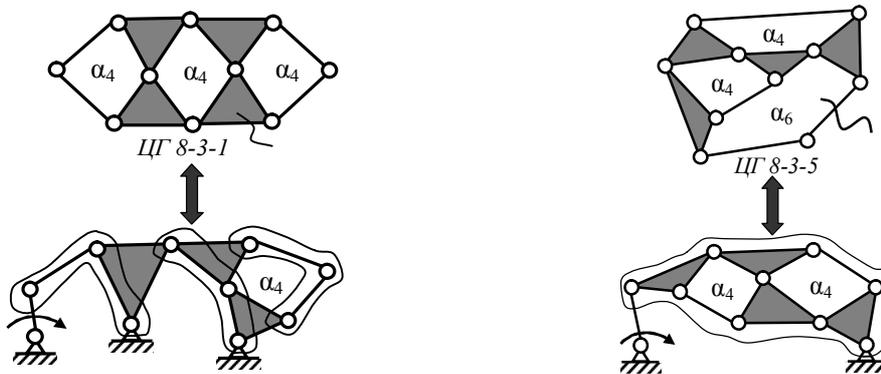


Рис. 1. Примеры восьмизвенных цепей Грюблера и механизмов, созданных на их основе

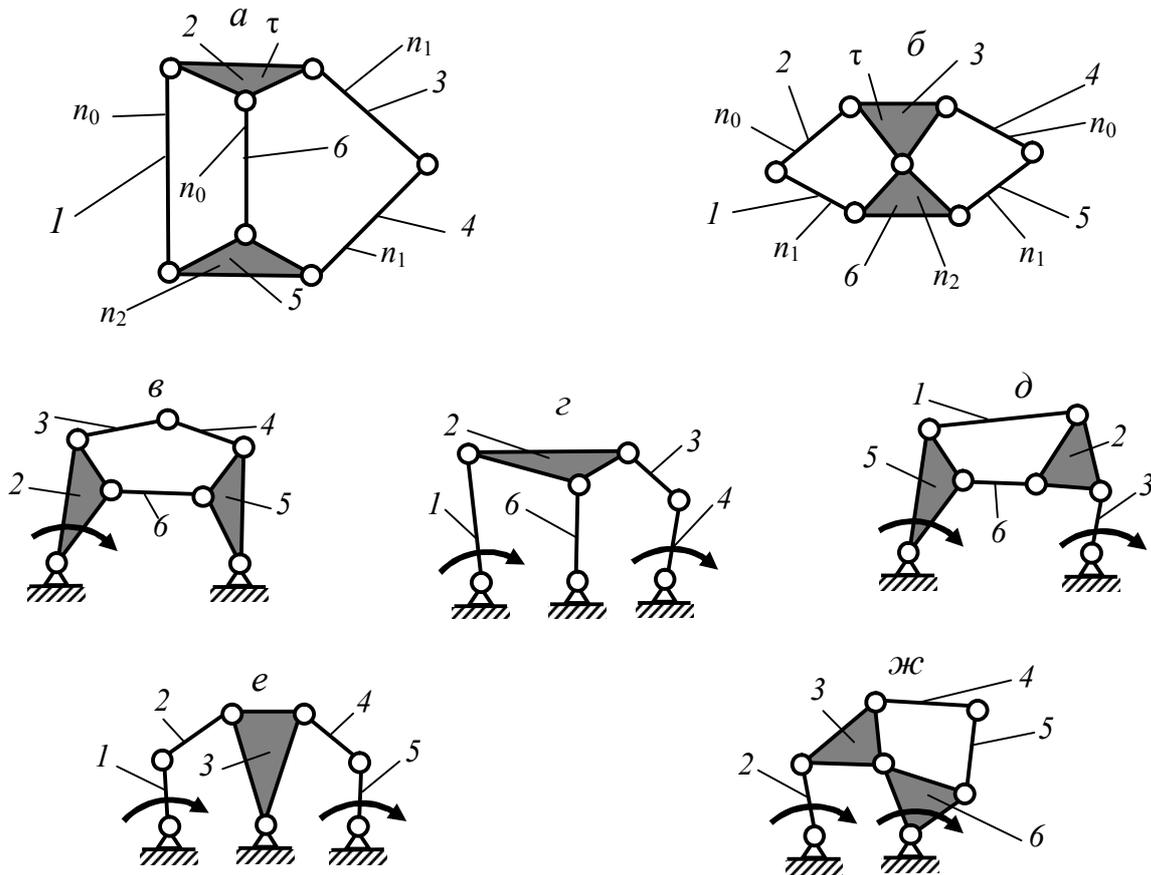


Рис. 2. Шестизвенные цепи Грюблера

В основе поиска групп Ассура лежит опять же формула (1) Чебышёва. Если поставить условие, что подвижность такой цепи $W = 0$, то все группы опишутся уравнением

$$p_5 = \frac{3n}{2}. \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что групп Ассура бесконечное множество. Лишь задаваясь конкретным значением n , можно находить и конечное число групп. Однако Л.В. Ассур не ставил перед собой задачу поиска всех возможных групп и указал лишь на один из методов получения более сложных шарнирных групп – метод развития поводка.

В практике машиностроения наиболее широко применяются так называемые диадные механизмы, т.е. такие, в которых используются двухзвенные группы. В связи с этим метод Ассура остается исключительно востребованным. Широко используемый метод Ассура синтеза механизмов поставил перед исследователями задачу, заключающуюся в нахождении собственно групп звеньев, обладающих нулевой подвижностью, которые могут быть использованы для создания новых схем механизмов.

Значительных результатов в решении этого вопроса добился Г.Г. Баранов. В работе [6] был предложен метод нахождения групп Ассура, в основу которого положено создание жесткой, замкнутой, неизменяемой группы звеньев, названной им «фермой». Сам метод заключается в получении групп Ассура путем последовательного отбрасывания одного из звеньев «фермы». Такие структуры, не имея внутренней подвижности, обладают тремя независимыми совместными движениями в плоскости, для которых формула подвижности запишется в виде

$$3n - 2p_5 = 3. \quad (5)$$

Из уравнения (5) можно найти число кинематических пар в виде зависимости

$$p_5 = \frac{3(n-1)}{2}.$$

Анализ приведенной зависимости показывает, что «фермами» Баранова будут являться структуры, состоящие из нечетного числа звеньев, начиная с трех. Нам представляется, что такие «фермы» могут быть использованы и для другой цели, а именно для получения ки-

нематических цепей механизмов. Для этого необходимо не отбрасывать звено, а размыкать цепь по одной из кинематических пар и использовать таким образом отсоединенное звено в качестве ведущего.

Все описанные выше кинематические цепи разработаны их авторами с практической целью – создавать из них работоспособные механизмы. Эти методы применяются и в настоящее время. Однако в последнее время начинает приобретать широкое применение новый метод синтеза структур механизмов, основанный на подходе, опубликованном впервые в 1993 г. [7].

Любая сложная, разветвленная кинематическая цепь может быть описана двумя независимыми уравнениями вида

$$n = 1 + n_{\tau-1} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1 + n_0; \quad (6)$$

$$p = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1; \quad (7)$$

здесь n_i – число звеньев, добавляющих в цепь по i кинематических пар; обозначение параметров n, p, τ приведено выше.

Если уравнения (6) и (7) объединить в систему с формулой подвижности П.Л. Чебышёва (1), то получим универсальную структурную систему вида

$$\begin{cases} p_5 = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1; \\ n = 1 + n_{\tau-1} + \dots + in_i + \dots + n_2 + n_1 + n_0; \\ W = 3n + 2p_5, \end{cases} \quad (8)$$

позволяющую находить решения при поиске структур всех описанных выше кинематических цепей, задаваясь подвижностью: $W = 4$ для цепей Грюблера, $W = 0$ для групп Ассура, $W = 3$ для «ферм» Баранова.

Покажем пример поиска шестизвенных цепей Грюблера, для которых $n = 6, W = 4$. Зададимся $\tau = 3$, в результате получим

$$\begin{cases} p_5 = 3 + 2n_2 + n_1; \\ n = 1 + n_2 + n_1 + n_0; \\ 3n + 2p_5 = 4. \end{cases} \quad (9)$$

Из третьего уравнения системы (9) при $n = 6$ найдем, что $p_5 = 7$. Подставим $p_5 = 7$ и $n = 6$ соответственно в первое и второе уравнения системы (9), после чего получим, что

$$2n_2 + n_1 = 4; \quad n_2 + n_1 + n_0 = 5.$$

Выразим n_1 из последнего уравнения:

$$n_1 = 5 - n_2 - n_0. \quad (10)$$

Подставим полученное выражение в уравнение $2n_2 + 5 - n_2 - n_0 = 4$, тогда

$$n_2 = n_0 - 1. \quad (11)$$

Полученное по формуле (11) значение n_2 подставим в уравнение (10) и определим число звеньев, добавляющих в цепь по одной кинематической паре: $n_1 = 5 - n_0 + 1 - n_0 = 6 - 2n_0$. Из уравнения (11) следует, что значение $n_0 = 0$ недопустимо. Примем $n_2 = 1$, тогда $n_0 = 2, n_1 = 2$. На рис. 2, а, б представлены цепи Грюблера, полученные по найденному решению.

Найдем все группы Ассура ($W = 0$) при $n = 4, p_5 = 6$ и $\tau = 3$. Из системы (8) получим

$$2n_2 + n_1 = 3;$$

$$n_2 + n_1 + n_0 = 3.$$

Выразим из второго уравнения $n_1 = 3 - n_2 - n_0$. Подставив значение n_1 в первое уравнение, получим $2n_2 + 3 - n_2 - n_0 = 3$, т.е. $n_2 = n_0$. Тогда $n_1 = 3 - 2n_0$. Очевидно, что в этом случае возможно единственное решение, когда $n_2 = 0, n_1 = 3, n_0 = 0$. Группы Ассура, показанные на рис. 3, а, б, соответствуют полученному решению.

Найдем «фермы» Баранова при $n = 5$ и $\tau = 3$. Из третьего уравнения системы (8), когда $W = 3n - 2p_5 = 3$, получим $p_5 = \frac{15-3}{2} = 6$. При этом первое и второе уравнения системы (8) примут вид

$$2n_2 + n_1 = 3;$$

$$n_2 + n_1 + n_0 = 4.$$

Выразим из второго уравнения $n_1 = 4 - n_2 - n_0$. При подстановке этого значения n_1 в первое уравнение получим $2n_2 + 4 - n_2 - n_0 = 3$, или $n_2 = n_0 - 1$. И тогда $n_1 = 4 - n_0 + 1 - n_0 = 5 - 2n_0$. Пусть $n_0 = 1$, тогда $n_2 = 0, n_1 = 3$; если $n_0 = 2$, то $n_2 = 1, n_1 = 1$. Оба решения реализуемы (рис. 3, в, г). Несмотря на то, что значения звеньев n_i в решениях разные, полученные «фермы» содержат по три двухпарных и два трехпарных звеньев, однако разными являются числа кинематических пар этих звеньев, добавляемые в кинематическую цепь.

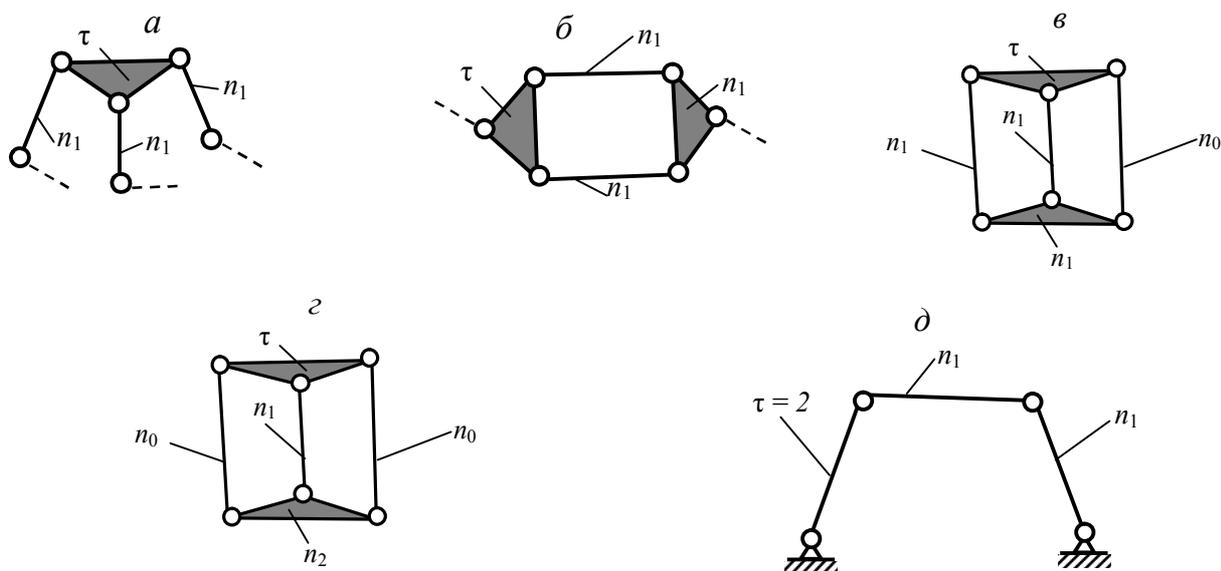


Рис. 3. Группы Ассура, «фермы» Баранова и четырехзвенный механизм

Обратимся к механизмам, у которых $W = 1$. Тогда при $\tau = 2$ из системы уравнений (8) получим три следующих уравнения:

$$p_5 = 2 + n_1, \quad (12)$$

$$n = 1 + n_1 + n_0, \quad (13)$$

$$3n - 2p_5 = 1. \quad (14)$$

Из уравнения (13) выразим число звеньев, добавляющих в цепь по одной кинематической паре $n_1 = n - 1 - n_0$. Подставим это значение в уравнение (12) и получим $p_5 = 2 + n - 1 - n_0$, тогда уравнение (14) примет вид $3n - 2p_5 = 3n - 4 - 2n + 2 + 2n_0 = 1$, откуда $n + 2n_0 = 3$. При $n_0 = 0$ имеем $n = 3$, $n_1 = 2$. На рис. 3, д показан механизм, соответствующий полученному решению. При назначении $n_0 = 1$ система решения не имеет.

Выводы. Получена универсальная структурная система (8), которая может быть использована для поиска любых кинематических цепей, в том числе цепей Грюблера, групп Ассура, «ферм» Баранова и механизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворников Л.Т., Гудимова Л.Н. Обоснование взаимозависимостей между параметрами, определяющими структуру плоских шарнирных кинематических цепей // Вестник КузГТУ. 2009. № 1. С. 44 – 47.

2. Пейсах Э.Е. О структурном синтезе рычажных механизмов (комментарии к статье Л.Т. Дворникова «Опыт структурного синтеза механизмов», напечатанной в журнале «Теория механизмов и машин». 2004. № 2(4) // Теория механизмов и машин. 2005. № 1 (5). Т. 3. С. 77 – 80.
3. Grübler M. Allgemeine Eigenschaften für Zwangläufigen ebenen kinematischen Ketten. – Civining. 1883. Bd. 29. S. 167 – 200.
4. Дворников Л.Т., Федоров А.И. О сущности и возможности метода М. Грюблера применительно к синтезу структур плоских механизмов. Материалы шестнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2006. С. 82 – 94.
5. Ассур Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации. – М.: Машиностроение, 1952. – 588 с.
6. Баранов Г.Г. Классификация, строение, кинематика и кинетостатика плоских механизмов с парами первого рода. Труды Ин-та машиноведения АН СССР. Семинар по ТММ. 1952. Вып. 46. № 2. С. 16 – 39.
7. Дворников Л.Т. Новые формализации в структуре механизмов // Изв. вуз. Машиностроение. 1993. № 1. С. 3 – 8.

© 2013 г. Л.Т. Дворников, Л.Н. Гудимова
Поступила 12 мая 2012 г.

В.Ф. Горюшкин, Ю.В. Бендре, Я.В. Тонкушин, Н.А. Соскова, Е.А. Будовских

Сибирский государственный индустриальный университет

ГАЗОВАЯ КОРРОЗИЯ ТИТАНА В ТЕТРАХЛОРИДЕ УГЛЕРОДА¹

Технически чистый титан широко применяется только при умеренно высоких температурах (до 773 К) [1].

Изучение газовой коррозии титана и его сплавов в среде хлорагентов является актуальным, поскольку различные агрессивные среды – одно из возможных направлений использования титана. Считается [2], что во влажном газообразном хлоре (>0,9 % H₂O) титан стоек. В сухом хлоре, при комнатной температуре, титан корродирует со скоростью выше 10 г/(м²·ч) [3], причем возможно возгорание металла. Данных по газовой коррозии титана в других хлорагентах нет.

В исследованиях использовали цилиндрические образцы диам. 19 – 20 и толщиной 3 – 4 мм из технически чистого титана марки ВТ1-0 четырех партий. Некоторые из этих образцов распиливали надвое по диаметру основания и тогда получали «сегментовидные» образцы. Результаты рентгеноспектрального анализа² образцов металлов приведены в табл. 1 (последовательный рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр Shimadzu XRF-1800). Поверхность металла шлифовали на наждачной бумаге 25 Н (ГОСТ 13344 – 79). В качестве хлорагента применили тетрахлорид углерода «ХЧ» (содержание примесей менее 0,01 %). Известно [4], что жидкий при обычных условиях тетрахлорид углерода кипит при 350 К и является веществом термически мало устойчивым – в интервале температур 673 – 773 К он разлагается с выделением углерода и хлора:



Для осуществления реакции металла с хлорагентом использовали установку [5], разработанную для синтеза хлоридов лантаноидов

методом хлорирования их оксидов тетрахлоридом углерода.

Испытания проводили в интервале температур 573 – 773 К. Образцы в кварцевой лодочке помещали в нагретый до требуемой температуры реактор и выдерживали 4 ч в изотермических условиях при непрерывном и контролируемом по скорости потоке паров CCl₄. Затем печь отключали, подачу хлорагента прекращали, образцы охлаждали вместе с печью до комнатной температуры, а затем извлекали из реактора и помещали в эксикатор для сохранения перед дальнейшими действиями. В одном из опытов при 773 К осуществили различную по времени выдержку образцов: 2 ч, 3 ч и 5 ч.

Измеряемыми параметрами являлись: линейные размеры и масса образцов до опыта; температура реактора и время выдержки образцов в реакторе; масса образцов после извлечения из реактора; масса и линейные размеры образцов после механического удаления с их поверхности твердых продуктов реакции (механическое удаление – легкая, без особых усилий, очистка поверхности хирургическим скальпелем и лезвием опасной бритвы).

В результате проведенных экспериментов установили, что в интервале температур 573 – 773 К изменяются механизм реакции тетрахлорида углерода с титаном и состав продук-

Т а б л и ц а 1

Результаты рентгеноспектрального анализа образцов титана

Партия	Массовая доля, %, элементов						
	Ti	Al	V	Si	Fe	Ni	Cr
1	99,25	0,480	Нет	0,010	0,082	0,022	0,065
2	99,30	0,410	Нет	0,011	0,085	0,022	0,068
3	99,64	0,064	Нет	0,010	0,140	0,023	0,031
4	99,65	0,049	Нет	0	0,210	0,031	0,060

¹ Работа выполнена при поддержке грантом РФФИ (проект № 11-02-91150-ГФЕН-а) и госзаданием Минобрнауки № 2.4807.2011.

² Рентгеноспектральный анализ образцов выполнила зав. ЛЭКИМО СибГИУ Н.А. Кривогузова.

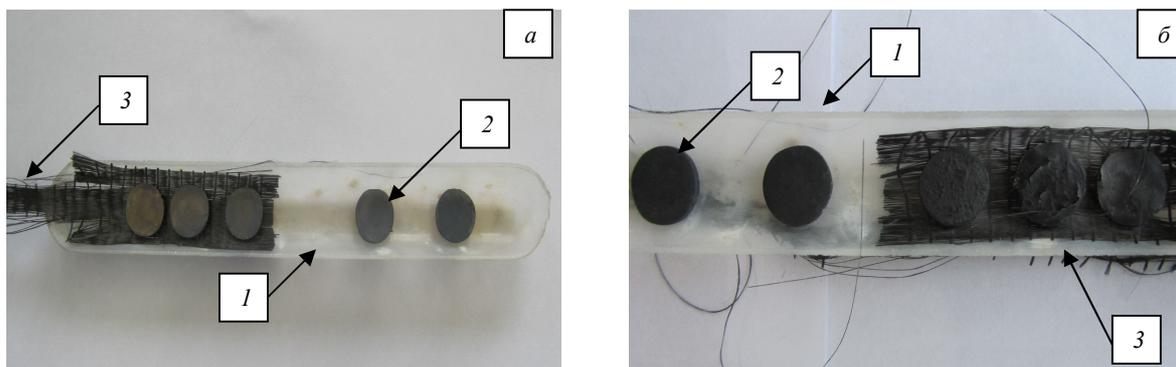


Рис. 1. Образцы титана марки ВТ1-0 после коррозии в потоке CCl_4 при 573 К (а) и при 773 К (б): 1 – кварцевая лодочка; 2 – образцы титана с защитной пленкой из низших хлоридов титана (для поз. а) и с пленкой из аморфного углерода (для поз. б); 3 – подложка из углеграфитового волокна

тов газовой коррозии. В интервале 573 – 623 К титан устойчив к тетрахлоиду углерода. После выдержки в реакторе до 5 ч на образцах образуются пленки, дающие цвета побежалости, которые затем при более длительной выдержке становятся темно-фиолетовыми (рис. 1, а). Пленки хорошо удерживаются на поверхности металла и не отслаиваются при воздействии скальпелем. Масса образцов в опытах при этой температуре остается постоянной в пределах погрешности измерений ($\pm 5 \cdot 10^{-4}$ г). Предположительно, такие пленки могут состоять из соединения TiCl_3 (имеет в твердом компактном состоянии темно-фиолетовую окраску, медленно растворяется в воде), а сама газовая реакция протекает по схеме



При температуре 673 К и выше механизм реакции резко изменяется: на образцах (рис. 1, б) образуется пористая (незащитная) пленка, состоящая преимущественно из рентгеноаморфного углерода, в котором достаточно много двумерноупорядоченного углерода ($d_{002} = 0,351$ нм; $L_c = 1,82$ нм)¹. Такая пленка легко расслаивается (как слюда) и отделяется от поверхности металла. При открывании пробки реактора после изотермической выдержки образцов при 673 К и выше из него появляется молочно-белый густой дым, который в вытяжном шкафу медленно поднимается вверх. Появление этого дыма указывает на то, что продуктом взаимодействия металла с тетрахлоидом углерода является при этой температуре тетрахлоид титана (TiCl_4). Тетрахлоид титана при комнатной температуре бесцветная жидкость, кипит при 409 К; с влагой воздуха легко вступает в химическое взаи-

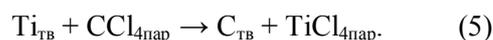
модействие с образованием аэрозоля белого аморфного дигидроксида-оксида титана:



Дигидроксид-оксид титана при прокаливании (873 – 973 К) должен разлагаться:



В ряде опытов собирали конденсат аэрозоля, а затем прокаливали и образовавшийся белый порошок исследовали рентгенографически. Результат анализа однозначен: преобладающей фазой в образце является оксид TiO_2 в модификации «анатаз». Таким образом, схема реакции взаимодействия титана с CCl_4 в интервале 673 – 773 К представляется следующим образом:



Отметим, что твердый углерод в опытах образуется только на поверхности титана, но ни на поверхности кварцевой лодочки, ни даже на подложке из углеграфитового волокна (рис. 1, а, б) его нет, хотя температура изотермической выдержки образцов превышала справочную температуру начала разложения тетрахлоида углерода.

В опытах в интервале температур 673 – 773 К и выдержке в течение 1 – 5 ч происходит существенное уменьшение массы образцов, которое устанавливается даже по результатам их взвешивания сразу после извлечения из реактора, до удаления углерода с поверхности титана. Масса углерода, который образуется на металле при реакции (5), составляла в экспериментах 21,0 – 24,5 % от массы прореагировавшего металла, что не совсем совпадало с теоретическим (по стехиометрии реакции) соотношением масс – 25,0 %.

Результаты газовой коррозии титана в тетрахлоиде углерода при температурах 673 и 773 К приведены в табл. 2. По данным опыта 1 при 773 К построили график зависимости удель-

¹Рентгенографическое исследование образцов веществ выполнил ведущий инженер Г.М. Тираков.

ного изменения массы образцов от времени коррозии (рис. 2). Из графика и уравнения регрессии следует, что при этой температуре, а следовательно, и при других температурах интервала, в котором реакция осуществляется по схеме (5), коррозия идет с постоянной скоростью, т. е. пленка углерода, образующаяся на металле, не обладает защитными свойствами. При условии постоянства скорости коррозии обычно для количественной оценки процесса выбирают массовый показатель коррозии (K_m^-), определяемый из соотношения

$$K_m^- = \frac{\Delta m}{S t}, \quad (6)$$

где Δm – изменение массы образца, г; S – площадь поверхности образца, мм²; t – время коррозии, ч.

Показатель газовой коррозии титана в тетра-хлориде углерода определили для температуры 773 К по данным испытаний одиннадцати образцов и для температуры 673 К по данным испытаний восьми образцов. Результаты приведены в табл. 2.

Среднеарифметические значения и доверительные интервалы соответственно составили: $K_m^- (773 \text{ К}) = (8,2 \pm 2,7) \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{мм}^2 \cdot \text{ч})$; $P = 0,95$; $f = 10$; $K_m^- (673 \text{ К}) = (4,0 \pm 1,7) \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{мм}^2 \cdot \text{ч})$; $P = 0,95$; $f = 7$.

Т а б л и ц а 2

**Результаты газовой коррозии титана марки ВТ1-0
в тетрахлориде углерода**

Опыт	Партия образца титана	m , г	S , мм ²	Δm , г	t , ч	$K_m^- \cdot 10^5$, г/(мм ² ·ч)
<i>При 673 К</i>						
1	4	3,9776	766,6	-0,1589	4	5,81
2	4	4,4854	768,0	-0,1007	4	3,28
3	4	4,3341	779,7	-0,0878	4	2,82
3	2	1,8215	447,0	-0,0467	4	2,61
3	2	1,8213	459,5	-0,0690	4	3,75
3	2	1,5755	433,8	-0,0766	4	4,41
4	3	5,5976	923,7	-0,1968	4	5,33
5	3	5,2713	926,8	-0,1652	4	4,46
<i>Среднее 3,98</i>						
<i>При 773 К</i>						
1	1	4,3724	835,2	-0,1528	2	9,15
1	1	4,5794	841,5	-0,2124	3	8,41
1	1	4,3966	829,0	-0,3468	5	8,37
1	1	4,4035	835,2	-0,3422	5	8,19
1	1	4,0469	816,4	-0,3310	5	8,11
2	1	3,1819	735,9	-0,3390	5	9,21
2	1	3,6379	761,4	-0,2988	5	7,85
3	2	1,7597	453,0	-0,1350	4	7,45
3	2	1,7912	463,7	-0,1508	4	8,13
3	2	1,6899	457,3	-0,1609	4	8,80
4	3	5,2895	871,2	-0,2333	4	6,70
<i>Среднее 8,21</i>						

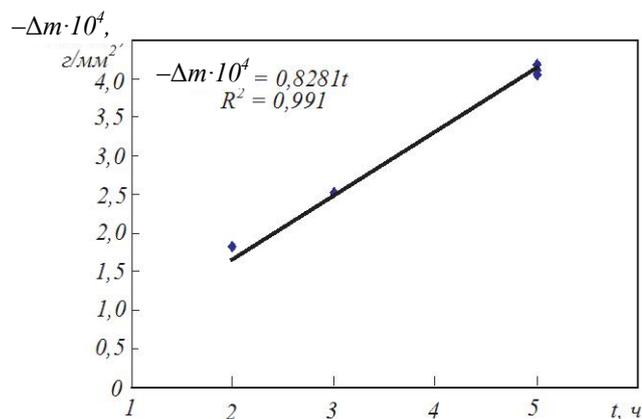


Рис. 2. Зависимость удельной потери массы образцов титана марки ВТ1-0 при коррозии в потоке CCl_4 при 773 К

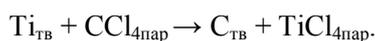
Реакция (5) с кинетической точки зрения относится к категории сложных, топохимических. Она состоит из ряда параллельных и последовательных стадий. Скорость такой реакции зависит от многих факторов. Этим и объясняется достаточно широкий размах варьирования значений массового показателя коррозии в параллельных экспериментах. Полученные данные позволяют определить кажущуюся энергию активации реакции (5). Для измерений при двух температурах это можно сделать по уравнению

$$E_a = \frac{R \ln(K_{773}^- / K_{673}^-)}{1/673 - 1/773}, \quad (7)$$

где E_a – кажущаяся энергия активации, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); K_{673}^- и K_{773}^- – массовые показатели коррозии при температуре 673 и 773 К соответственно.

Кажущаяся энергия активации реакции (5) рассчитана равной 31 ± 10 кДж/моль. Доверительный интервал оценивали с учетом относительной ошибки при определении массового показателя коррозии.

Выводы. Методом химических реакций в сочетании с рентгенофазовым анализом установили смену механизма взаимодействия титана с тетрахлоридом углерода (в потоке) в интервале температур 573 – 773 К. При коррозии в интервале 573 – 623 К на образцах образуются защитные пленки, предположительно состоящие из соединения TiCl_3 . При 673 К и выше механизм реакции резко изменяется – металл переходит в газовую фазу в составе тетрахлорида титана с постоянной скоростью, а на его поверхности образуется пористая незащитная пленка аморфного углерода:



Для температуры 773 К по данным испытаний одиннадцати образцов и для температуры 673 К по данным испытаний восьми образцов определили массовый показатель газовой коррозии титана в тетрахлориде углерода. Получены среднеарифметические значения и доверительные интервалы показателей коррозии. Рассчитана кажущаяся энергия активации реакции (5). Доверительный интервал оценивали с учетом относительной ошибки при определении массового показателя коррозии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коррозия. Справ. изд. / Под ред. Л.Л. Шрайера. Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.
2. У л и г Г.Г., Р е в и Р.У. Коррозия и борьба с ней. – В кн.: Введение в коррозионную науку и технику / Пер. с англ. – Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1989. С. 372 – 378.
3. Коррозия конструкционных материалов. Газы и неорганические кислоты: Справ. изд.: В двух книгах. Кн.1. Газы и фреоны / В.В. Батраков, В.П. Батраков, Л.Н. Пивоварова, В.В. Соболев. – М.: Металлургия, 1990. – 184 с.
4. Л и д и н Р.А., М о л о ч к о В.А., А н д р е е в а Л.Л. Реакции неорганических веществ: Справочник / Под ред. Р.А. Лидина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2007. – 637 с.
5. Пат. 2422365 Россия. МПК CO1F 17/00 . Устройство для получения безводных хлоридов лантаноидов / Ю.В. Горюшкина, В.И. Ларин, В.Ф. Горюшкин; заявл. 19.11.2009; опубл. 27.06.11, Бюл. № 18.

© 2013 г. В.Ф. Горюшкин, Ю.В. Бендре, Я.В. Тонкушин, Н.А. Соскова, Е.А. Будовских
Поступила 4 февраля 2013 г.

Е.А. Благиных, А.В. Теньков

Сибирский государственный индустриальный университет

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РЕНОВАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

За последние годы в исторических центрах городов Кемеровской области и сельских муниципальных районах отмечается обострение проблем, среди которых следует выделить: неудовлетворительное состояние жилого фонда, слабое инфраструктурное обеспечение, резкое ухудшение экологической ситуации, возрастающий износ инженерного оборудования, состояние дорожно-транспортных систем, наличие деградирующих и заброшенных урбанизированных территорий. Жители теряют свою «малую родину».

Учитывая актуальность этих проблем, необходимо провести исследование деградирующих урбанизированных общественных и хозяйственно-промышленных территорий на предмет формирования в них благоустроенных зон, выполняющих рекреационные функции, с рассмотрением нескольких градоформирующих эколого-социальных ситуаций:

- снижение техногенной нагрузки на окружающую среду путем реновации (введения альтернативных функций) хозяйственно-промышленных участков и озеленения этих территорий;
- компенсирование утраченных территорий общественных парков, застроенных коммерческими объектами, путем создания рекреационных пространств на реорганизуемых хозяйственно-промышленных территориях;
- способствование сохранению «преемственных связей поколений» путем сохранения образных характеристик постиндустриальной городской среды для восприятия ее населением;
- способствование сохранению культурного наследия региона путем изучения роли историко-градообразующих объектов населенных мест.

Цель настоящей работы – проведение комплексного анализа социально-экологических аспектов эволюции урбанизированной среды,

построение наглядных моделей социальной морфологии конкретных архитектурных пространств.

Такие мероприятия помогут решению ряда задач планирования социального развития городских и сельских территорий на уровне муниципальных образований, а также помогут повысить эстетику и качество архитектурного пространства конкретных мест урбанизированных (городских и сельских) ландшафтов, гармонично сочетая их с существующими природными комплексами.

Задачи проекта:

- сформировать социально-экологический подход реновации урбанизированных территорий, в том числе промышленных зон;
- предложить доступные практические средства эстетизации и экологизации архитектурно-градостроительной среды обитания;
- разработать концепцию экспериментальной площадки для пилотных инновационных проектов.

Экологическая реновация предусматривает создание в городских и сельских поселениях не только благоприятной для жизни людей среды обитания (обеспечивающей здоровье и безопасные условия проживания, гармонично сочетающей созданную человеком социальную и инженерную инфраструктуру и сохраненную природу), но также создание архитектурных пространств, красивых и удобных для жизни.

Предмет настоящего исследования – закономерности социально-экологической и архитектурно-ландшафтной организации хозяйственно-промышленных территорий с приоритетом рекреационной функции. Объектом исследования являются урбанизированные территории городов и сельских поселений.

Научная новизна настоящего исследования заключается в разработке нового эколого-социального подхода к реорганизации хозяй-



Рис.1. Историческая панорама промышленной площадки НКМК со зданием Заводууправления и доменной печью № 5, демонтированной в 2011 г.

ственно-промышленных территорий методом формирования новых рекреационно-архитектурных пространств, в том числе на основе преемственного использования архитектурно-ландшафтных элементов урбанизированной среды. Градостроительная реорганизация производственных территорий, их разгрузка от малоэффективных, ресурсоемких и неэкологических производств должны рассматриваться в качестве одного из приоритетных направлений архитектурно-пространственного развития поселений.

На сегодняшний день в связи с низким качеством архитектурно-художественного облика урбанизированных территорий, где часто нарушается гармоническое взаимодействие промышленной, жилой застройки и природного окружения, назрела необходимость их реконструкции, реновации. Под реновацией здесь понимается адаптивное использование территорий, а также расположенных на них зданий и сооружений при изменении их функционального назначения. Целесообразность реновации, внедрения альтернативных функций обуславливают социальные, экономические, психологические, исторические и эстетические факторы.

Строительство и создание на освобождаемых от промышленной застройки территориях рекреаций, насыщенных культурно-развлекательными и коммерческими функциями, немаловажно как для экологии, так и для бюджета города с целью привлечения инвестиций.

Разработка предложений по реновации промышленных зон поможет:

- поддержать программный подход к градостроительной деятельности и улучшению качества урбанизированной среды;
- привлечь внимание к сохранению уникальных памятников периода конструктивизма, первых лет индустриализации;

- создать эффективный информационный ресурс для исследования истории региона;
- создать условия для развития туризма;
- воссоздать историческое значение промышленного зодчества как основного градообразующего фактора большинства городов Кемеровской области (рис. 1).

Следовательно, для того, чтобы избежать негативного влияния индустриальной застройки, работу с промышленными зонами необходимо производить комплексно, сразу в нескольких направлениях, подбирая для каждого типа объектов свой подход. Для этих целей предлагается метод «размывания границ» (создание «контактных» зон), суть которого заключается в формировании на границах промышленных образований и жилых районов общественных пространств, которые раскрыты одновременно для города и промышленных зон и выполняют рекреационную функцию (рис. 2).

Будущее индустриальных территорий заключается в их гармонизации, в создании комфортной среды, многосторонне удовлетворяющей потребности жителей через органичное вплетение в структуру селитебной ткани.

Эстетизация и благоустройство урбанизированных пространств возможны путем создания, например, индустриального парка – музея-заповедника с элементами ландшафтного искусства и общественной инфраструктуры. Это парк для прогулок, развлечений, занятий спортом и повышения культурного уровня населения, с включением различных выставочных пространств, памятников истории и культуры, экстрим-парков; в промышленной зоне – действующее производство, научные лаборатории, гостиницы (для иногородних посетителей).

Использование новых технологий в оформлении и организации пространства (таких как художественное освещение, визуализация географических объектов, применение энерго-

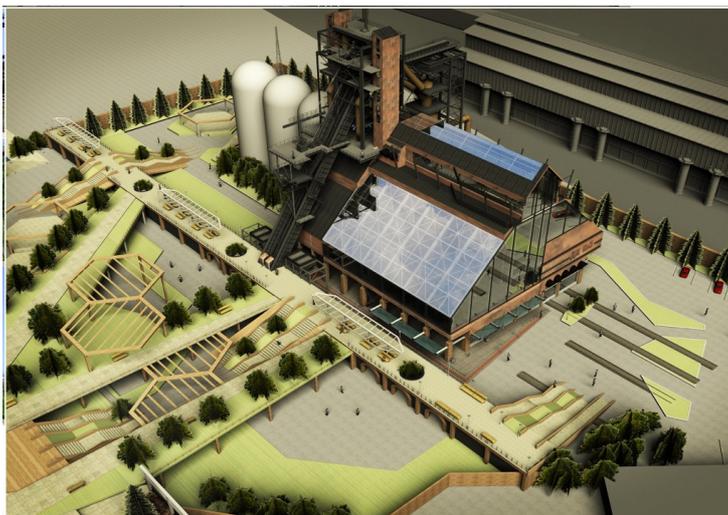


Рис.2. Реновация литейного двора и доменной печи № 5 НКМК (дипломный проект 2010 – 2011 гг.)

эффективного оборудования и экологичных материалов, интерактивность музейного и других пространств) призвано способствовать раскрытию свойств социальной архитектуры.

Теоретические концепции настоящей работы нашли применение в «Программе стратегического развития ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» на 2012 – 2016 гг.», апробацию материал получил в разработке Проектной документации ремонта Культурного центра СибГИУ, конкурсных, дипломных и научно-исследовательских работах студентов и аспирантов Архитектурно-строительного института.

Представляется, что комплексная концептуальная модель формирования архитектурного пространства деградирующих урбанизированных территорий может стать основой для разработки специального программного продукта, который даст решение оптимизированных задач в процессе проектирования и реконструкции, в управлении функционированием и развитием городских и сельских поселений с учетом обеспечения их экологической устойчивости.

© 2013 г. Е.А. Благиных, А.В. Теньков
Поступила 5 октября 2012 г.

М.В. Луханин

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КАК МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ*

Метод механохимической обработки твердых тел давно используется в химии и химической технологии для измельчения и активации химических процессов [1, 2]. Наиболее часто этот метод применяется в твердофазном химическом синтезе; это связано с тем, что классический твердофазный термический синтез определяется, как правило, медленными диффузионными процессами [3].

В настоящей работе проведено исследование механохимического синтеза как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов на примере получения нанодисперсных порошков муллита. Предложена твердофазная обменная реакция хлорида алюминия с силикатом натрия, изучен процесс формирования структуры муллита, произведено сравнение с действующими методами получения муллита.

Муллит является материалом, обладающим хорошими теплотехническими и прочностными характеристиками [4]: как огнеупорный материал он выдерживает температуры до 1700 °С, имеет достаточно низкие коэффициенты теплопроводности и термического расширения, устойчив к воздействию расплавленной стали; как конструкционный материал муллит характеризуется высокими прочностью на изгиб и сопротивлением к высокотемпературной ползучести вплоть до 1200 °С. Синтез однофазного химически чистого муллита сопряжен со значительными трудностями, главным образом из-за низкой диффузионной подвижности катионов алюминия и кремния через слой муллита, образующегося на границе между частицами исходных оксидов (даже длительный обжиг реакционной смеси при повышенных температурах не позволяет довести реакцию до конца; помимо этого снижается активность получаемого продукта по отношению к процессу его спекания).

В настоящее время накоплен большой опыт применения механической активации для синтеза сложных оксидов [5]. Так, предварительная активация смеси реагентов при получении муллита позволяет значительно снизить температуру синтеза, увеличивает степень превращения, а также интенсифицирует спекание образцов, сформированных из активированных порошков [6].

Механическая активация широко применяется для обработки алюмосиликатных смесей различного состава [7]. При использовании шихты с различным соотношением содержаний компонентов Al_2O_3/SiO_2 (по сравнению с необработанными смесями) наблюдается изменение последовательности фазовых превращений и образование муллита при относительно низких (1280 °С) температурах [8, 9]. В работах [10 – 15] проведены сравнительные исследования по синтезу муллита с применением механической активации в зависимости от природы исходных компонентов. В качестве соединений алюминия рассмотрены гиббсит (гидраргиллит) и байерит $Al(OH)_3$, а в качестве соединений кремния – пылевидный диоксид кремния, силикагель, кремниевая кислота и плавленный кварц. Показано, что байерит является более реакционноспособным соединением, чем гиббсит, а среди соединений кремния активность снижается в ряду: пылевидный диоксид кремния, силикагель, кремниевая кислота, плавленный кварц. Меньшая активность кремниевой кислоты по сравнению с силикагелем авторы объясняют появлением избыточной воды, в присутствии которой уменьшается концентрация свободных силанольных групп, необходимых для поликонденсации алюмосиликата. При термической обработке механически активированных смесей гиббсита с пылевидным диоксидом кремния или силикагелем образуется муллит при температурах около 1200 °С через промежуточную шинельную фазу. В смеси из корунда с силикагелем или гиббсита с плавленным диоксидом кремния муллит образуется при температурах около 1400 °С путем твердофазного взаимодействия корунда ($\alpha-Al_2O_3$) с кристобалитом (SiO_2).

* Работа выполнялась совместно с ИХТТМ СО РАН в рамках тематического плана Рособразования Минобрнауки РФ (№ гос. регистрации 01200706519), а также в соответствии с грантом Президента РФ для поддержки молодых ученых МК-2686.2007.8 по договору № 02.120.11.21436.

Только при использовании механически активированных смесей предварительно осажденных гелей гидроксидов алюминия и кремния температура начала образования муллита понижается до 1150 °С [16].

В последнее время для получения наноразмерных частиц оксидов и оксидных материалов широко используются обменные реакции, протекающие в условиях механической активации [16 – 18]. Процесс синтеза включает взаимодействие хлоридов, нитратов металлов с оксидами или гидроксидами щелочных или щелочноземельных металлов. Хлориды (нитраты) металлов являются матрицами, которые предохраняют от агрегации наноразмерные частицы целевых продуктов реакции, последние отделяются от матриц путем растворения их в воде, этаноле и других растворителях.

Целью настоящей работы является установление возможности применения твердофазных обменных реакций для получения нанодисперсного (низкотемпературного) муллита.

Механическую активацию в течение 10 мин проводили на планетарной мельнице ЭИ-2-150 (ускорение 40g) с титановыми барабанами и шарами из карбонитрида титана диам. 8 мм. Составы обрабатываемых смесей приведены в таблице. После активации некоторые образцы отмывали от хлорида натрия и высушивали при комнатной температуре. Далее все образцы подвергали термической обработке на воздухе при температуре 150 – 1420 °С с выдержкой в течение 2 – 4 ч при каждой выбранной температуре.

Рентгеновские исследования порошков проводили на дифрактометре ДРОН-3 (медное K_{α} -излучение). Съемку образцов осуществляли

Состав реакционной смеси и структурные характеристики образцов, полученных механохимическим способом

Состав реакционной смеси	t , °С	Фазовый состав	d , нм	$\Delta\alpha/\alpha$, %	Параметры решетки, нм		
					a	b	c
6(AlCl ₃ ·6H ₂ O) + +2(Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O) + 14NaOH	750	p/ам + М	–	–	–	–	–
	1000	М	28	0,15	0,761	0,769	0,289
	1200	М	43	0,14	0,759	0,769	0,289
AlCl ₃ ·6H ₂ O + 3NaOH	750	p/ам + α -Al ₂ O ₃	–	–	–	–	–
	1000	α -Al ₂ O ₃	–	–	–	–	–
2(AlCl ₃ ·6H ₂ O) + 3(Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O)	750	p/ам	–	–	–	–	–
	1000	p/ам + М	1629	0,26	0,756	0,769	0,288
	1200	p/ам + М	1629	0,15	0,756	0,770	0,288
6Al(OH) ₃ + 2(SiO ₂ ·0,6H ₂ O)	900	p/ам + γ -Al ₂ O ₃	–	–	–	–	–
	1000	p/ам + γ -Al ₂ O ₃	–	–	–	–	–
	1100	p/ам + γ -Al ₂ O ₃ + М	–	–	–	–	–
	1200	М	49	0,09	0,756	0,768	0,288
	1420	М	59	0,07	0,756	0,769	0,288
6Al(OH) ₃ + 2(SiO ₂ ·0,6H ₂ O)	1100	3θ -Al ₂ O ₃ + SiO ₂	–	–	–	–	–
		3α -Al ₂ O ₃ + SiO ₂	–	–	–	–	–
	1200	3α -Al ₂ O ₃ + SiO ₂	–	–	–	–	–
6AlOOH + 2(SiO ₂ ·0,6H ₂ O)	1200	М	41	0,11	0,757	0,769	0,289
3 γ -Al ₂ O ₃ + 2(SiO ₂ ·0,6H ₂ O)	1200	М	46	0,08	0,757	0,769	0,289
3 θ -Al ₂ O ₃ + 2(SiO ₂ ·0,6H ₂ O)	1200	М + SiO ₂	42	0,10	0,757	0,769	0,289
3 α -Al ₂ O ₃ + 2(SiO ₂ ·0,6H ₂ O)	1200	α -Al ₂ O ₃ + SiO ₂ + М	–	–	–	–	–

Примечание. p/ам – рентгеноаморфная фаза; М – муллит; t – температура термической обработки; d – размер кристаллитов; $\Delta\alpha/\alpha$ – микродеформация решетки.

в области двойных углов отражения $2\Theta = 17 \div 98^\circ$ со скоростью $0,5^\circ/\text{мин}$. Параметры решетки (a , b , c), размеры кристаллитов (d), микродеформацию решетки ($\Delta a/a$) рассчитывали с помощью программы Powder Cell 2.4. Инфракрасные (ИК) спектры поглощения образцов в таблетках с бромидом калия записывали на спектрометре Specord M40. Термический анализ осуществляли на приборе Netzch STAА 449С Jupiter в воздушной среде. Удельную поверхность определяли адсорбционным методом по тепловой десорбции аргона. Размер глобул (агрегатов) оценивали по соотношению $D = 6 \cdot 10^3 / \rho S$ (где ρ – плотность, $\text{г}/\text{см}^3$; S – удельная поверхность образца, $\text{м}^2/\text{г}$).

Механическая активация смеси хлорида алюминия $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, метасиликата натрия $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (при соотношении содержаний $\text{Al}/\text{Si} = 6/2$) и гидроксида натрия NaOH сопровождается образованием рентгеноаморфного продукта и хорошо окристаллизованного хлорида натрия NaCl . Параметр решетки формирующегося хлорида натрия составляет $0,563(6)$ нм, микродеформация $\Delta a/a = 0,18\%$, размер кристаллитов 84 нм. Факт появления на рентгенограммах рефлексов хлорида натрия однозначно свидетельствует о прохождении обменной реакции между компонентами в ходе активации. Дальнейшей термической обработке подвергали только отмытые от хлорида натрия рентгеноаморфные продукты реакции. При температуре прокаливании 750°C на рентгенограммах этих образцов появляются признаки образования муллита $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$, который надежно регистрируется при температуре 1000°C . Повышение температуры прокаливании образцов до 1200°C сопровождается увеличением размеров кристаллитов, но не сказывается на параметрах решетки (см. таблицу).

При рассмотрении активации трехкомпонентной системы можно представить обменные реакции (с образованием хлорида натрия) двух типов: 1 – между хлоридом алюминия и гидроксидом натрия; 2 – между хлоридом алюминия и метасиликатом натрия. Как видно из приведенных в таблице данных, в первом случае уже при 750°C наблюдается образование корунда, а при 1000°C рентгеноаморфная фаза полностью переходит в корунд $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Для доказательства возможности протекания реакции второго типа выбирали смесь такого состава, чтобы задействовать в химическом обмене весь натрий и хлор активируемых реагентов. В образцах, предварительно отмытых от хлорида натрия, образование муллита начинается при температуре около 1000°C ; но при 1200°C (наряду с упорядоченной структурой

соединения $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) сохраняется и рентгеноаморфная фаза, вероятно, избыточного диоксида кремния. Эта примесь как матрица тормозит кристаллизацию муллита, что сказывается на размерах кристаллитов.

Для дальнейшего понимания механизма протекающих реакций были исследованы ИК-спектры образцов. Колебательные спектры активированной непрокаленной смеси хлорида алюминия, метасиликата натрия и гидроксида натрия можно рассматривать в первом приближении как суперпозицию спектров активированной смеси хлорида алюминия и метасиликата натрия, с одной стороны, и активированной смеси хлорида алюминия и гидроксида натрия, с другой. В спектрах трехкомпонентной системы можно выделить полосы поглощения образующихся в результате обменных реакций алюмосиликата (собственные частоты ν вещества $460, 590, 680, 1070 \text{ см}^{-1}$) и гидроксида алюминия ($600, 1000 \text{ см}^{-1}$) (рис. 1, кривые 1 – 3).

При прокаливании гидроксид алюминия в указанной смеси переходит в оксид (широкая полоса поглощения в области 800 см^{-1}), но алюмосиликатная фаза не претерпевает существенных превращений (кривые 4, 5). Заметные изменения в спектрах наблюдаются после обработки активированной смеси при 1000°C (кривая 6), когда по рентгеновским данным уже формируется кристаллическая фаза муллита. Из приведенных ИК-спектров можно заключить, что в температурном интервале $750 - 1000^\circ\text{C}$ в активированной трехкомпонентной смеси происходит взаимодействие

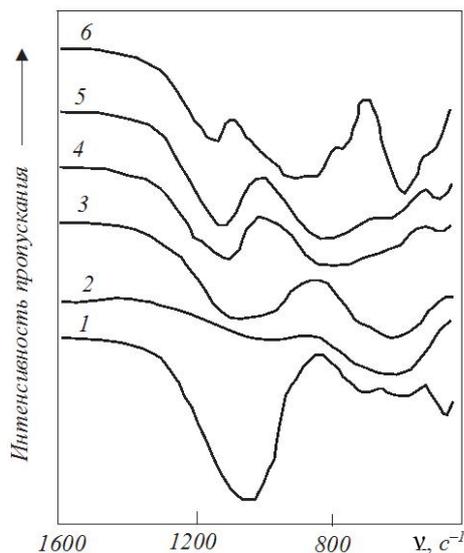
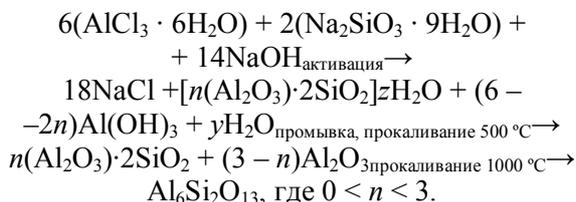


Рис. 1. Инфракрасные спектры активированных смесей: 1 – $2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 3(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$; 2 – $2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 3\text{NaOH}$; 3 – $6(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 2(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) + 14\text{NaOH}$; 4, 5 и 6 – смеси 1, 2 и 3, промытые и прокаленные при $500, 750$ и 1000°C соответственно

между нанодисперсными частицами оксида алюминия и алюмосиликата с образованием муллита (полосы 490 – 560, 740 – 820, 900, 1120 см^{-1}). Исходя из полученных данных, можно представить следующую последовательность превращений при получении муллита этим способом:



Для уточнения стадийности формирования муллита была проведена аналогичная механическая и термическая активация смеси гидраргиллита $\text{Al}(\text{OH})_3$ и силикагеля $\text{SiO}_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O}$ (при соотношении содержаний Al/Si 6/2). В активированной смеси только после термической обработки при 900 °С начинается формирование кристаллической фазы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, а при температуре 1100 °С – и муллита $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$. Повышение температуры от 1200 до 1420 °С практически не влияет на параметры решетки муллита, но приводит к заметному увеличению размера кристаллитов. Необходимым условием образования муллита является термическая обработка при 1200 °С совместно активированной смеси гидраргиллита и силикагеля. Неактивированная смесь с тем же соотношением компонентов или смесь отдельно активированных гидраргиллита и силикагеля, прокаленных при тех же условиях, представляют собой смесь корунда $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и кристобалита SiO_2 (см. таблицу).

В спектрах совместно активированной смеси гидраргиллита и силикагеля в отличие от колебательных спектров смеси отдельно активированных компонентов не наблюдаются полосы поглощения 800 и 930 см^{-1} , характерные для силикагеля. Однако при этом четко проявляется полоса в области 600 см^{-1} , обусловленная поглощением активированного гидраргиллита (рис. 2, кривые 1, 2). Можно полагать, что в процессе совместной активации смеси происходит взаимодействие между компонентами с образованием (рентгеноаморфных) алюмосиликата (полосы 460, 1090 см^{-1}) и гидроксида алюминия. Сравнение ИК-спектров этих образцов с аналогичными спектрами активированных, непрокаленных образцов, полученных первым способом, показывает, что содержание гидроксида алюминия (полосы в области 600 и 1000 см^{-1}) меньше (рис. 2, кривая 2 и рис. 1, кривая 3).

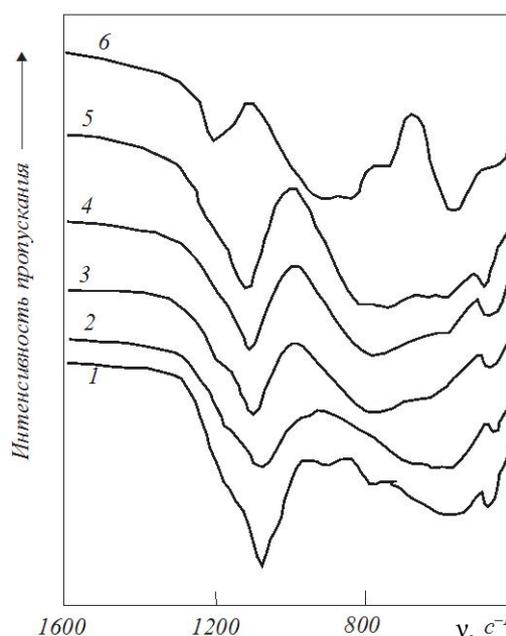
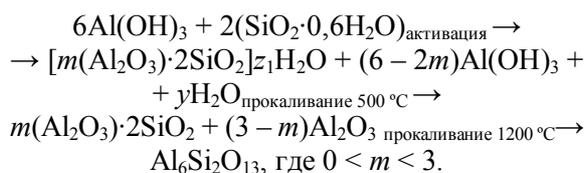


Рис. 2. Инфракрасные спектры смеси $6\text{Al}(\text{OH})_3 + 2(\text{SiO}_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O})$: 1 – активированной отдельно; 2 – активированной совместно; 3 – 6 – прокаленной при 500, 900, 1000 и 1200 °С соответственно

Доля «связанного» алюминия в образующемся алюмосиликате в этом случае должна быть выше. Последующая термическая обработка связана с дегидратацией образцов и переходом гидроксида алюминия в оксид алюминия (полоса в области 800 см^{-1}). Образование рентгеноаморфной фазы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ происходит уже при 500 °С, а при 900 °С, как указывалось выше, оксид кристаллизуется. Каких-либо заметных изменений в структуре алюмосиликата при этом наблюдать не удается. Структурные превращения начинаются при температуре 1000 °С и при 1200 °С завершаются образованием муллита $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ (полосы 430, 490 – 560, 740 – 820, 900, 1140, 1170 см^{-1}) (рис. 2). Спектры образцов, прокаленных при 1200 и 1420 °С, тождественны.

Из приведенных данных видно, что образование муллита происходит при достаточно высоких температурах через взаимодействие алюмосиликата с оксидом алюминия. Для сравнения проведена дополнительно активация смесей силикагеля $\text{SiO}_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O}$ с бёмитом AlOOH или оксидами алюминия γ -, Θ - и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (при соотношении содержаний $\text{Al}/\text{Si} = 6/2$). В прокаленных при 1200 °С образцах, полученных из гидроксида или низкотемпературной формы γ -оксида алюминия, наблюдается образование только муллита. Если в качестве компонента активируемой смеси выступает Θ - или $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, то реакция идет не полностью, и наряду с муллитом наблюдается кристобалит или корунд с кристобалитом (см.

таблицу). Как было показано выше, неактивированная смесь того же силикагеля с гидраргиллитом после термической обработки при 1200 °С практически не взаимодействует и представляет собой двухфазную систему, состоящую из корунда и кристобалита. Но и раздельная активация силикагеля и гидраргиллита, не сопровождающаяся образованием алюмосиликата, после прокаливания в аналогичных условиях не приводит к образованию муллита. Последовательность превращений при получении муллита этим способом можно представить следующим образом:



Реакция (как и предыдущая) идет через образование промежуточного соединения рентгеноаморфного алюмосиликата. Это соединение отличается разным соотношением содержаний $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$. При получении алюмосиликатов совместным осаждением однофазную систему обычно удается синтезировать с соотношением содержаний $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \leq 1/2$. Можно полагать, что в рассматриваемом случае это соотношение также выполняется, и значения коэффициентов n , m ближе к единице, чем к трем. Последующее взаимодействие алюмосиликата с низкотемпературной формой оксида алюминия заканчивается образованием муллита. На рис. 3 приведены термограммы исследуемых активированных смесей. Экзотермический эффект сопутствует муллитообразованию: в активированной смеси гидраргиллита и силикагеля наблюдается при более высоких температурах, чем в смеси хлорида алюминия и силиката натрия в присутствии гидроксида натрия. Объясняется это, по мнению авторов, природой прекурсоров. В первом случае солевые смеси (алюмосиликат и гидроксид (оксид) алюминия) образуются в результате обменных реакций, во втором – алюмосиликат появляется в результате реакции поликонденсации, а гидроксид (оксид) алюминия – лишь продукт диспергирования исходного гидраргиллита. Можно полагать, что дисперсность частиц во втором случае ниже, чем в первом. Важным моментом является состав образующихся прекурсоров – соотношение содержаний «свободного» и «связанного» (прореагировавшего с кремнием) алюминия в оксиде алюминия и алюмосиликате.

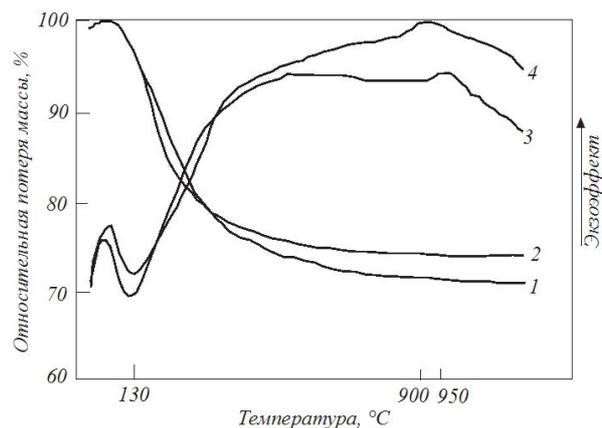


Рис. 3. Потеря массы (1, 2) и ДТА (3, 4) активированных смесей:

1, 4 – $6(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 2(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) + 14\text{NaOH}$ (последний компонент предварительно отмыт от хлорида натрия); 2, 3 – $6\text{Al}(\text{OH})_3 + 2(\text{SiO}_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O})$

Относительно низкая температура кристаллизации муллита при активации смесей хлорида алюминия с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия позволяет получать более дисперсные порошки. Удельная поверхность этих образцов, прокаленных при 1000 °С, составляет 16 м²/г. При плотности муллита 3,16 г/см³ размер глобул этих образцов будет составлять порядка 120 нм. Образцы муллита, полученные активацией смеси гидраргиллита и силикагеля и кристаллизующиеся при 1200 °С, имеют удельную поверхность 1,1 м²/г и размер глобул 1730 нм.

Выводы. В качестве способа получения однофазного нанодисперсного муллита может быть предложена твердофазная обменная реакция хлорида алюминия с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия, протекающая при механической активации. Формирование структуры муллита происходит при последующей термической обработке. Проведено сравнение с известным методом получения муллита с применением механической активации смесей гидроксидов (оксидов) алюминия и силикагеля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болдырев В.В. – В кн.: Механохимический синтез в неорганической химии. Сб. СО РАН. / Под ред. Е.Г. Аввакумова. – Новосибирск: Наука, 1991. С. 5 – 32.
2. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. – М.: Химия, 1978.
3. Механохимия создания материалов с заданными свойствами / О.В. Андрушкова, В.А. Полубояров, И.А. Паули, З.А. Коро-

- таева. – Новосибирск: изд. НГТУ, 2007. – 352 с.
4. Scheider H., Okada R., Pask J. Mullite and mullite ceramics. – John Wiley and Sons, Chichester, 1994. – 251 p.
 5. Аввакумов Е., Сenna М., Косова N. Soft mechanochemical synthesis: a basis of new cemical Technologies. – Boston – Dordrecht – London: Kluwer Academic Publishers, 2001. – 207 p.
 6. Карагедов Г.Р., Любушко Г.И. // Химия в интересах устойчивого развития. 1998. Т. 6. С. 161 – 163.
 7. Луханин М.В. Использование методов механохимии для получения огнестойкой муллитовой керамики на основе силикатов и алюмосиликатов // Строительные материалы. 2007. № 9. Приложение № 10. С. 18, 19.
 8. Клевцов Д.П., Золотовский Б.П., Криворучко О.П., Буянов Р.А. Взаимодействие в алюмосиликатных системах при механической и термической обработках // Журнал прикладной химии. 1988. Т. 67. С. 914, 915.
 9. Klevtsov D.P., Krivoruchko O.P., Zolotovskii B.P., Buyanov R.A. Study of solid-phase transformation during mechanochemical and thermal treatment of aluminosilicate systems using thermal analysis // Thermochimica Acta. 1985. Vol. 93. P. 513 – 515.
 10. Temujin J., Jadamba T.S., Okada K., Machenzie K.J.D. Mechanochemical preparation of aluminosilicate precursors from gibbsite-silica acid mixtures // Mat Letters. 1998. Vol. 36. P. 48 – 51.
 11. Temujin J., Jadamba T.S., Okada K., Machenzie K.J.D. Preparation of aluminosilicate precursor by silica mixtures // Buull. Matsci. 1998. Vol. 21. P. 185 – 187.
 12. Temujin J., Okada K., Machenzie K.J.D. Formation of mullite from mechanochemically activated oxides and hydroxides // J. European Ceram. Soc. 1998. Vol. 18. P. 831 – 835.
 13. Temujin J., Okada K., Machenzie K.J.D. Characterization of aluminosilicate (mullite) precursors prepared by mechanochemical process // J. Mat. Res. 1998. Vol. 13. P. 2184 – 2188.
 14. Temujin J., Okada K., Machenzie K.J.D. Effect of mechanochemical treatment on the crystallization behaviour of diphasic mullite gel // Ceramics International. 1999. Vol. 25. P. 85 – 90.
 15. Temujin J., Okada K., Machenzie K.J.D., Amgalan J. Comparative study of mechanochemical preparation of aluminosilicate precursors and amorphous silica // British Ceramic Transactions. 2000. Vol. 99. № 1. P. 23 – 25.
 16. McCormick P.G., Tsuzuki T. Recent developments in mechanochemical nanoparticle synthesis // J. of Metastable and Nanocrystalline Materials. 2002. Vol. 13. P. 377 – 386.
 17. Аввакумов Е.Г., Каракчиев Л.Г. Механохимический синтез как метод получения нанодисперсных частиц оксидных материалов // Химия в интересах устойчивого развития. 2004. Т. 12. С. 287 – 292.
 18. Наиден Е.П., Журавлев В.А., Итин В.И. и др. Структура и магнитные свойства наноразмерного порошка феррита кобальта, полученного методом механохимического синтеза // Химия в интересах устойчивого развития. 2007. Т. 15. № 2 (приложение). С. 143.

© 2013 г. М.В. Луханин
Поступила 8 февраля 2013 г.

А.В. Шорохова

Сибирский государственный индустриальный университет

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ И СОЗДАНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН В УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ

Одним из наиболее представительных угледобывающих регионов является Кемеровская область. В Кузбассе с каждым годом увеличивается (1951 млн. т) рост объемов добычи угля [1] и соответственно отходов, большая часть которых не используется, а сбрасывается в отвалы и отстойники, хотя современные технологии по переработке отходов [2, 3] могут обеспечить качественную и разнообразную продукцию (угольные брикеты, строительные кирпичи, органические удобрения). Площадь нарушенных территорий для складирования техногенных ресурсов превышает площадь городов.

По причине ухудшения экологической обстановки по ожидаемой продолжительности жизни населения Кемеровская область среди регионов Сибирского Федерального Округа занимает только 10-е место. Для мужчин в 2008 г. она составляла 58 лет (в целом по стране – 62 года) [4].

Одним из перспективных направлений решения экологических проблем является создание отечественных механизмов управления природоохранной деятельностью по добыче и переработке угля, направленных не только на ограничение уровня загрязнения природной среды посредством санкций и взысканий, но использования отходов производства, высвобожденных земель, очищенных вод для улучшения социально-экономических условий жизни населения.

В этой связи являются актуальными исследования по созданию и использованию рекреационных зон, которые представляют собой территории, созданные на восстановленных нарушенных землях и предназначенные для организации отдыха населения (парки, сады, водоемы и другие искусственные объекты).

Исследования проводятся посредством решения следующих задач:

- создания системы управления процессами улучшения экологической обстановки;
- переработки отходов, восстановления нарушенных земель, создания и использования рекреационных зон.

Для решения указанных задач используются такие методы исследования, как статистический анализ процесса образования отходов и механизмов управления утилизации техногенными ресурсами, экспертная оценка условий развития социума.

Сущность концепции переработки отходов и создания рекреационных зон состоит в интеграции процессов улучшения экологического состояния и использования окружающей среды для повышения качества жизни населения, в том числе в искусственно созданных рекреационных зонах. Концепция исходит из того, что утилизация техногенных отходов сводится не только к увеличению дохода предприятия вследствие получения дополнительной прибыли и уменьшения затрат на охрану окружающей среды, снижению техногенного воздействия на природу, но и улучшению качества жизни населения за счет создания и использования рекреационных зон. Выбор технологий по комплексной переработке угольных шламов, технологической и биологической рекультивации осуществляется с учетом параметров техногенного месторождения (зольности, влажности, марки угля; площади нарушенных территорий и т.д.) и типов рекреационных зон. Тип зон (парки, водоемы, пруды и т.д.) определяется в зависимости от вида угольного предприятия (шахты, разреза, фабрики), удаленности от населенных пунктов и спроса населения на определенные места отдыха. На стадии строительства искусственных объектов возможно использование отходов производства, в том числе вскрышных пород и отходов из отвалов.

Учитывая сложный характер взаимодействия природных и техногенных факторов, а также процессов по созданию объектов рекреационных зон в рамках системы управления этими процессами разрабатываются математическая модель и алгоритмы прогноза параметров окружающей среды и оценки эффективности альтернативных вариантов. Предполагается в структуре рекреационных зон создание

объектов отдыха и развлечения за счет частных инвесторов и последующей окупаемостью затрат при эксплуатации.

Для реализации предложенной концепции принципы управления процессами улучшения экологической обстановки должны заключаться в следующем:

- в тесной взаимосвязи трех сфер – экологии, экономики и общества, что обеспечит взаимосвязь и непротиворечивость интересов производства, инвесторов и общества; технологии по переработке отходов и восстановлению территорий должны быть направлены в первую очередь на улучшение экологической обстановки и уровня жизни населения с учетом экономической эффективности;
- учете трех временных периодов (прошлого, настоящего и будущего) для обеспечения эффективности управленческих решений при воздействии внешней среды;
- в соответствии конечной продукции требованиям потребителей с учетом параметров отходов, что обеспечит поиск приемлемого варианта технологии по утилизации отходов, комплексную переработку и эффективное использование денежных средств;
- во внедрении технологии утилизации техногенных ресурсов в проекты угольных предприятий для обеспечения безотходного производства, сведения количества отчуждаемых земель к минимуму;
- в математическом моделировании и прогнозе параметров оптимального варианта с

целью рационального распределения ресурсов производства, инвесторов, общества.

Выводы. Предлагаемая система управления процессами улучшения экологической обстановки обеспечит не только снижение и предотвращение вредного воздействия угольной промышленности на окружающую среду и здоровье населения за счет создания и использования рекреационных зон, но и безотходное производство, рациональное потребление природных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Т а р а з а н о в И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2011 год // Уголь. 2012. № 3. С. 40 – 51.
2. К и р н а р с к и й А.С. Центробежное обогащение ультратонкого угольного шлама // Уголь. 2010. № 5. С. 77 – 80.
3. М и н и н а Д.О. Технологии переработки горнопромышленных отходов в декоративные материалы // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 12. С. 354 – 358.
4. К у л и к о в Г.А. Портреты регионов. Кемеровская область [Электронный ресурс] // Социальный атлас российских регионов. – Режим доступа: <http://atlas.socpol.ru/portraits/kemerovo.shtml>.

© 2013 г. А.В. Шорохова
Поступила 16 января 2013 г.

И.П. Беланов¹, А.М. Шипилова²

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск)

²Сибирский государственный индустриальный университет

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ КУЗБАССА)*

В настоящее время проблема трансформации экосистем, а в частности их основных компонентов – почвенного и растительного покрова, в связи с активной хозяйственной деятельностью человека приобретает глобальный характер. Одним из регионов с наиболее яркими проявлениями экологического кризиса, затронувшего все аспекты природопользования, выступает Кузбасс. В настоящее время на территории Кемеровской области находится более 40 предприятий, ведущих добычу угля открытым способом. Их деятельность привела к деградации не менее 70 % почвенного покрова земледельческой части региона, около 100 тыс. га уничтожено полностью [1, 2].

Влияние техногенных ландшафтов на прилегающие естественные территории многопланово: термическое, геохимическое, гидрологическое и т.п. Прессинг со стороны техногенных объектов может полностью трансформировать экосистему [3]. Причинами изменения выступают абиотические факторы, к которым относятся климатические (свет, тепло, осадки, влажность воздуха и др.), эдафические (гранулометрический состав, физико-химические свойства почв) и топографические (условия рельефа) [4]. В связи с этим естественные экосистемы подвержены сильному преобразованию. Исследования такого рода чрезвычайно актуальны как с точки зрения региональной специфичности такого промышленно-развитого региона, как Кузбасс, так и масштабы экологических последствий для всей Западной Сибири.

Исходя из этого рассмотрим функционирование травяных экосистем, приуроченных к различным участкам природно-техногенных комплексов в зависимости от их почвенно-экологического состояния.

В качестве объектов наблюдения были выбраны отвалы вскрышных и вмещающих пород «Северный» (угольный разрез «Бачатский») и «Центральный» (разрез «Шестаки»), а

также прилегающие к ним ландшафты естественных угодий. Отвалы обладают примерно одинаковыми площадью (около 3,7 км²), высотой относительно естественного рельефа (около 60 м), углом откосов (45 – 50°) и сформированы сходными по составу породами (песчаники, алевролиты, аргиллиты). Эта территория относится в зональном отношении к южной лесостепи Кузнецкой котловины [5]. Участки наблюдения расположены по трансекте с юго-запада на северо-восток, что связано с преобладанием (до 49,8 % в год) юго-западных ветров [6]. Ключевые участки юго-западной трансекты приурочены к склону отвала «Северный» этой же ориентации и расположены у его подножия на удалении 50, 200 и 500 м. Участки северо-восточной трансекты приурочены к отвалу «Центральный» и расположены у его подножия, а также на удалении 120 и 600 м. Объективность выбора этих участков обусловлена проведенными регонсцировочными исследованиями [7]. Контрольный участок находится в стороне от воздействия техногенных ландшафтов на удалении около 30 км на юго-восток. Почвенный покров техногенных ландшафтов представлен эмбриоземами инициальными, органо-аккумулятивными, дерновыми, гумусово-аккумулятивными и техноземом гумусогенным; естественных ландшафтов – черноземами выщелоченными и черноземно-луговыми почвами (у северо-восточного подножия отвала «Центральный»).

Описание и учет фитомассы на объектах исследования проводился общепринятыми методами [4].

Согласно ботанико-географическому районированию, территория исследования относится к центральному лесостепному району Кузнецкой котловины [5] и является наиболее остепененной частью с небольшими по площади и редко разбросанными березовыми колками [8].

Описывая растительность плоских, слабо-волнистых и хорошо дренированных равнин Кузнецкой котловины, А.В. Куминова [9] отмечает фрагментарное распределение целин-

* Работа выполнена по государственному заданию Минобрнауки, регистрационный номер 548922011.

ных ассоциаций ковыльно-разнотравных степей с доминированием ковыля перистого, типчака, тонконога. Также в травостое участвуют люцерна серповидная, зопник клубненосный, эспарцет песчаный, полынь сизая.

Среди мезофильного ряда луговых степей доминантами являются прострел, скабиоза бледно-желтая, лабазник обыкновенный, клубника, стародубка волжская. Из злаков преобладают тимopheевка степная, мятлик узколистный, зубровка душистая. Проективное покрытие при этом может достигать 100 % [9].

Доля лесных формаций в растительном покрове описываемого ботанико-географического района ничтожна и преимущественно представлена березовыми колками на макросклонах северных экспозиций либо сетью искусственно созданных лесополос в связи с интенсивным развитием сельскохозяйственного производства [8].

Приведем геоботаническое описание исследуемых участков.

Луг расположен у юго-западного подножия отвала «Северный», находится в зоне максимальной нагрузки со стороны отвала. Древесный, кустарниковый ярусы и подлесок отсутствуют. Общее проективное покрытие (ОПП) травяно-кустарничкового яруса составляет около 70 % и представлено полынно-мятливо-разнотравной ассоциацией (1-й и 2-й ярусы). Среднее число видов на 100 м² составляет 32. Наиболее встречаемые из семейства *Asteraceae*: полынь обыкновенная – 10 – 25 %, полынь сизая – 5 – 10 %, тысячелистник обыкновенный – 5 – 10 %. В травостое также участвуют мятлик узколистный, подмаренник настоящий, лапчатка длиннолистная, василисник малый и т.д. Эта растительная группировка относится к ксеромезофитной экогруппе и характерна для степного эколого-фитоценотического типа.

Луг расположен в 50 м на юго-запад от отвала «Северный». Древесный, кустарниковый ярусы и подлесок отсутствуют. Травяно-кустарничковый ярус сформирован бобово-злаково-разнотравной ассоциацией (ОПП – 100 %). Среднее число видов на 100 м² – 33. Первый ярус представлен кострцом сибирским, овсяницей ложноовечьей, остролодочником колокольчатым, василисником малым; второй ярус – донником лекарственным, горошком мышиным, мятликом узколистным, тысячелистником обыкновенным, подмаренником настоящим. Таким образом, ключевой участок, расположенный на удалении 50 м, характеризуется ксеромезофитными и мезоксерофитными экогруппами растений и отно-

сится к лугово-степному эколого-фитоценотическому типу.

Участки, расположенные в 200 и 500 м от отвала «Северный» в юго-западном направлении, представлены сходными фитоценозами. Древесный, кустарниковый ярусы и подлесок отсутствуют. Травяно-кустарничковый ярус состоит из злаково-разнотравной ассоциации. Общее проективное покрытие составляет 100 %, травостой невысокий: средняя высота 50 см, максимальная 80 см. Среднее число видов на 100 м² – 30. Обилен кострец сибирский (10 – 25 % от ОПП), мятлик луговой, мятлик узколистный (5 – 10 %). Разнотравье представлено володушкой двустебельной, полынью обыкновенной, полынью сизой, тысячелистником обыкновенным, подмаренником настоящим. Из бобовых присутствуют горошек мышиный, эспарцет песчаный, остролодочник колокольчатый. Этот участок характеризуется лугово-степным эколого-фитоценотическим типом с мезоксерофитной экогруппой растений.

Луг приурочен к северо-восточному подножию отвала «Центральный». Наблюдаются признаки длительного застоя влаги. Древесный, кустарниковый ярусы и подлесок отсутствуют. Травяно-кустарничковый ярус представлен вейниково-злаково-разнотравной ассоциацией. Общее проективное покрытие – 100 %, травостой высокий: средняя высота 80 см, максимальная 150 см. Среднее число видов на 100 м² составляет 31. Первый ярус образован лабазником обыкновенным, кровохлебкой лекарственной, володушкой двустебельной, реже встречается вейник наземный. Второй ярус сомкнутый и представлен мятликом обыкновенным, полынью сизой, тысячелистником обыкновенным, вероникой колосистой и т.д. Следовательно, наиболее встречаемые виды растений относятся к мезофитам (54 %) или мезогигрофитам (32 %) и характерны для лесо-лугового, либо лугово-болотного типа фитоценозов.

Луг расположен в 120 м от отвала в северо-восточном направлении. Древесный, кустарниковый ярусы и подлесок отсутствуют, как и в предыдущих случаях. Преобладающим фитоценозом травяно-кустарничкового яруса (присутствуют 1-й, 2-й и 3-й подъярусы) является разнотравно-злаково-бобовый, при этом обилие того или иного вида не превышает 10 % (ОПП – 100 %). Среднее число видов на 100 м² составляют 38. Наиболее часто встречаются ястребинка ядовитая, василисник малый, тысячелистник обыкновенный, подмаренник настоящий, овсяница ложноовечья, кострец сибирский, остролодочник колокольчатый, эспарцет песчаный. Этот участок ха-

рактируется смешанными фитоценозами, присущими одновременно как лугово-степному (с мезоксерофитной экогруппой), так и лесо-луговому (с мезофитной экогруппой) эколого-фитоценолотическому типам.

Остепненный луг расположен в 600 м на северо-восток от отвала «Центральный». Древесный и кустарниковый ярусы отсутствуют, травяно-кустарничковый ярус представлен кострцово-разнотравной ассоциацией с признаками изреженности травостоя (ОПП – 80 %), средняя высота 40 см, максимальная – 100 см (1-й ярус). Среднее число видов на 100 м² – 13. Первый ярус фрагментарен. Он представлен кострцом безостым, второй – злаками: мятликом луговым, мятликом узколистным, пыреем ползучим и астровыми – тысячелистником обыкновенным, полынью сизой и др. Данный фитоценоз сформирован мезоксерофитной экогруппой растений и характерен для залежного либо лугово-степного эколого-фитоценолотического типа.

Таким образом, на участках естественных экосистем в результате различной степени воздействия со стороны техногенных объектов формируются индивидуальные функциональные экогруппы растений. Данное явление сложившихся комбинаций обусловлено такими факторами, как изменение природно-климатических условий, а также функционирование почвы как сложной, самостоятельной подсистемы природно-техногенных комплексов. На трансформацию условий травяные фитоценозы отвечают не только изменением видового состава, но и величиной продуктивности [10].

Запас растительного вещества фитоценозов является важнейшей характеристикой экосистемы. Как известно, травяные экосистемы распределены в двух сферах – надземной (зеленая фитомасса (G), ветошь (D), подстилка (L)) и подземной (живые (R) и мертвые (V) подземные органы растений) [4]. Запасы живого надземного вещества и живых корней (G и R) на различных удалениях от отвалов, а также их отношение $R_{0-50}:G_{\max}$ представлены в таблице. Растительное вещество отбиралось в период максимального развития травостоя.

Запас зеленой фитомассы на территории юго-западной трансекты увеличивается по мере удаления от отвала и меняется от $m = 213$ до $m = 326$ г/м² (среднее за 2009 – 2010 гг.). Тем не менее, на удалении 200 м в 2009 г., по отношению к последующему 2010 г., наблюдается максимум накопления фитомассы, что связано с увеличением на 68 % в составе травостоя бобовых. Судя по составляющей каждого участка, основная часть в формировании жи-

вой надземной биомассы приходится на злаки, которые являются доминантами. В то же время, степные виды злаков, участвующие в травостое, – малопродуктивны (у подножия отвала «Северный»), и увеличение фитомассы на иссушенных участках происходит за счет разнотравья, сформированного полынью и тысячелистником. Запас живых подземных органов в слое 0 – 50 см меняется от 3082 до 1965 г/м² (среднее за 2009 – 2010 гг.) с минимумом на удалении 200 м и максимумом у юго-западного подножия отвала. Увеличение количества живых корней растений на стрессорном участке у подножия вызвано низким запасом продуктивной влаги и высокими внутрпочвенными температурами. Подобная зависимость была показана в работах Н.Г. Шатохиной [11, 12]. Соотношение $R_{0-50}:G_{\max}$ на этом участке составило 13,3 – 15,7 в разные годы.

По мере удаления от склона отвала на 50, 200 и 500 м происходит постепенное снижение количества живых корней в почве: от 2320 до 1965 г/м². Причиной такого явления выступает различная степень нагрузки со стороны отвала, а также особенности сезонной динамики запасов живых корней функциональных групп, формирующих фитоценоз каждого участка. Так, наибольший запас R в течение вегетации распределяется так: разнотравье – середина июля, злаки – начало августа, бобовые – середина сентября [13, 4]. По этой же причине наблюдается флуктуация между участками, расположенными на удалении 200 и 500 м. В разные годы она варьирует в пределах 16 – 69 г/м². Стоит также отметить, что в экосистеме мезофитного луга изменение запасов является сглаженным, в отличие от ксеромезофитного (участок у подножия отвала), где он может носить выраженный характер за счет доминирующих видов, относящихся к разнотравью. Соотношение запасов подземных живых органов растений к надземным на участках, расположенных на удалении 50, 200 и 500 м, изменяется от 8,1 до 6,2.

На участке северо-восточной трансекты происходит постепенный переход от лугово-болотной к степной группе фитоценозов по мере удаления от отвала. Запас зеленой фитомассы на участке у подножия отвала составляет 438 г/м²; запас в основном сформирован за счет злаков (392 г/м² в 2009 г., 370 г/м² в 2010 г.). Запас подземных живых органов за двухлетний цикл составил 2038 г/м² в слое 0 – 50 см, при этом 79 % (1620 г/м²) от их общего количества расположено в слое 0 – 20 см. Это минимальное значение для наблюдаемой территории. Причиной тому является складывающийся гидротермический режим: избыточ-

Запасы зеленой фитомассы (G_{\max}) и подземной растительной массы (R) в 2009, 2010 гг.

Участок	Зеленая фитомасса, г/м ²									Подземная живая растительная масса, г/м ² , в слое					$R_{0-50}:G_{\max}$		
	бобовые		злаки		разнотравье		общая			0 – 20 см		0 – 50 см					
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	m	2009	2010	2009	2010	m	2009	2010	m
<i>Естественные территории, приуроченные к юго-западной части отвала «Северный»</i>																	
Подножие	16	24	113	112	94	67	223	203	213	1563	2347	2970	3194	3082	13,3	15,7	14,5
50 м от отвала	102	85	136	87	101	82	339	254	296	1499	2017	2052	2587	2320	6,1	10,2	8,1
200 м от отвала	57	44	246	190	79	46	382	280	331	1324	1706	1890	2039	1965	4,9	7,3	6,1
500 м от отвала	24	20	252	222	68	65	344	307	326	1250	1725	1906	2108	2007	5,5	6,9	6,2
<i>Естественные территории, приуроченные к северо-восточной части отвала «Центральный»</i>																	
Подножие	–	–	392	370	50	64	442	434	438	1504	1735	1976	2099	2038	4,5	4,8	4,6
120 м от отвала	38	32	206	179	73	60	317	271	294	1245	1388	1630	1920	1775	5,1	7,1	6,1
600 м от отвала	15	9	182	135	34	19	231	163	197	1352	1780	1787	1989	1888	7,7	12,2	9,9
<i>Естественные территории</i>																	
Контроль	29	25	371	298	17	8	417	331	374	1788	1787	2276	2086	2181	5,5	6,3	5,9

ное увлажнение и более низкие внутрипочвенные температуры по отношению к остальной исследуемой территории в течение вегетации. Такие условия способствуют развитию достаточно мощной надземной фитомассы и уменьшению подземной продуктивности. Подобную динамику во влажные и прохладные годы описывала Н.Г. Шатохина¹. Соотношение R_{0-50} к G_{\max} составляет $4,6 \pm 0,2$.

При удалении на 120 м от склона отвала происходит снижение надземной (до 294 г/м^2) и подземной (до 1775 г/м^2) биомассы, хотя в фитоценозе появляются бобовые, доля которых в формировании травостоя 11,9 %. Соотношение $R_{0-50} : G_{\max}$ составляет 6,1, что вполне соответствует зональному типу травянистых экосистем, сформированных при благоприятных условиях (5,8 на контрольном участке).

Далее по трансекте на 600 м наблюдается снижение (до 197 г/м^2) надземной фитомассы при незначительном увеличении (до 1888 г/м^2) подземной относительно предыдущего участка (294 г/м^2 и 1775 г/м^2). Это вызвано, на наш взгляд, постоянным действием в течение лета теплых фоновых ветров со стороны отвала. Так, в более сухой 2010 г. интенсивность проявления этого явления имеет наиболее выраженный характер по отношению к предыдущему году (разница составляет 1,5 раза). Результатом ежегодной нагрузки такого характера со стороны отвала является общая деградация фитоценоза наблюдаемого участка и снижение плотности травостоя, площадь общего проективного покрытия не превышает 80 %. Соотношение запасов живых органов растений на данном участке составляет 9,9.

Выводы. Динамика формирования и развития растительного покрова в природно-техногенных комплексах находится в прямой зависимости от абиотических факторов, складывающихся в результате функционирования техногенных ландшафтов. Надземные и подземные запасы в экосистемах природно-техногенных комплексов варьируют в зависимости от месторасположения участка по отношению к отвалу и складывающихся условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
2. М а л а х о в С.М. Чрезвычайная экологическая ситуация в Кузбассе – возможные пути решения // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 1999. Т.1. С. 120 – 124.
3. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2003. – 171 с.
4. Подземные органы растений в травяных экосистемах / А.А. Титлянова, Н.П. Косых, Н.П. Миронычева-Токарева, И.П. Романова. – Новосибирск: Наука. СО, 1996. – 128 с.
5. Экологическая карта Кемеровской области. Масштаб 1:500000. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1995.
6. Гигиенические аспекты районной планировки и градостроительства в Кемеровской области. – Новосибирск: Наука, 1978. – 228 с.
7. Ш и п и л о в а А.М., Б е л а н о в И.П., А н д р о х а н о в В.А. Техногенез и экогенез почвенного покрова промышленно развитого региона. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 358 с.
8. Т р о ф и м о в С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. – Новосибирск: Наука. СО, 1975. – 301 с.
9. К у м и н о в а А.В. Растительность Кемеровской области. – Новосибирск: Изд-во Зап.-Сиб. филиала АН СССР, 1950. – 167 с.
10. Т и т л я н о в а А.А., Т е с а р ж о в а М. Режимы биологического круговорота. – Новосибирск: Наука. СО, 1991. – 150 с.
11. Ш а т о х и н а Н.Г. Луговые степи и остепненные луга Западной Сибири, Новосибирская область // Биологическая продуктивность травяных экосистем. – Новосибирск: Наука. СО, 1988. С. 76 – 88.
12. Ш а т о х и н а Н.Г. Настоящая степь Казахстана, Целиноградская область // Биологическая продуктивность травяных экосистем. – Новосибирск: Наука. СО, 1988. С. 32 – 42.
13. Ш а л ы т М.С. Подземная часть некоторых луговых, степных и пустынных растений и фитоценозов // Геоботаника. 1950. Сер. 3. Вып. 6. С. 440.

© 2013 г. И.П. Беланов, А.М. Шипилова
Поступила 27 августа 2012 г.

¹Ш а т о х и н а Н.Г. Продукционный процесс и круговорот азота и зольных элементов в луговых степях и агроценозах пшеницы в Барабе. Автореф. дис. канд. биол. наук. – Томск, 1980. – 19 с.

А.А. Бодров, В.В. Сенкус

Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ И ПРОДУКТОВЫЙ МАРКЕТИГ В КОММЕРЧЕСКИХ БАНКАХ

Несмотря на активное использование в современной банковской терминологии таких определений, как «продуктовый ряд», «продуктовая политика», «продуктовая линейка» и т.п., само понятие банковского продукта является одним из наименее изученных направлений в теории и практике банковского маркетинга.

Определение целей банковского менеджмента любого коммерческого банка, суть его маркетинговой политики, конкурентоспособность оказываемых банком услуг и, в конечном счете, результативность управленческих решений во многом зависят от заключенного смысла в понятие банковского продукта.

Маркетинговые особенности рынка банковских услуг заключаются в том, что рынок банковских услуг не отделим от их производства и потребления, тогда как рынок материальных товаров отделен и от производства, и от потребления произведенного продукта.

Применительно к банкам понятия «услуга» и «продукт» отражают две основные стороны их деятельности: банковский продукт относится к деятельности банка с точки зрения полезности или выгоды оказываемых банковских услуг для клиентов; банковская услуга относится к деятельности банка с точки зрения самого процесса обслуживания денежного оборота.

Из этого следует, что одна и та же банковская услуга может быть представлена на финансовом рынке банковских услуг разными банковскими продуктами. Так, например, валютно-обменные операции могут быть представлены клиентам банка как в универсальных обменных пунктах, работающих и на покупку и на продажу валют, так и в обменных пунктах, работающих только на покупку, или только на продажу какой-либо валюты.

В настоящее время оказание основной банковской услуги в сложных банковских продуктах, как правило, связано с использованием других банковских услуг и операций. Так, например, базовая услуга кредитования преду-

сматривает предоставление услуг по открытию в банке счета, выполнения кассовых операций, оказание услуг по переводу денежных средств, выдачу и обслуживание пластиковых карт и т.п.

Схематично взаимоотношения коммерческого банка и его клиента можно представить в виде рис. 1, из которого следует, что банковская услуга – это банковская операция или их совокупность, соответствующая финансовым потребностям клиента. Эти операции лицензируются уполномоченным органом, принимают форму сделки и отражаются в движении денежных средств на банковских счетах.

Банковский продукт – это предложение на конкретном сегменте рынка банковской услуги, положительный эффект которой представлен в определенных параметрах сделки и регламентах обслуживания клиента. Такой продукт имеет собственное маркетинговое наименование.

На практике очень часто встречается, что маркетинговое наименование продукта совпадает с наименованием предлагаемых услуг или их комплекса и может дополняться характеристикой:

- клиентского сегмента (например, центр обслуживания малого бизнеса, офис обслуживания VIP клиентов и т.п.);
- локализации определенной торговой точки в виде адреса или наименования;
- географии предоставляемых услуг (платежи в любую точку мира, прием коммунальных платежей в каждом областном центре и т.п.);
- применяемых коммуникаций (например, дистанционное обслуживание через систему «Банк – Клиент», через мобильный телефон и т.п.);
- характеристикой скорости обслуживания (быстрые платежи: «Western Union», «Мигом» и т.д.).

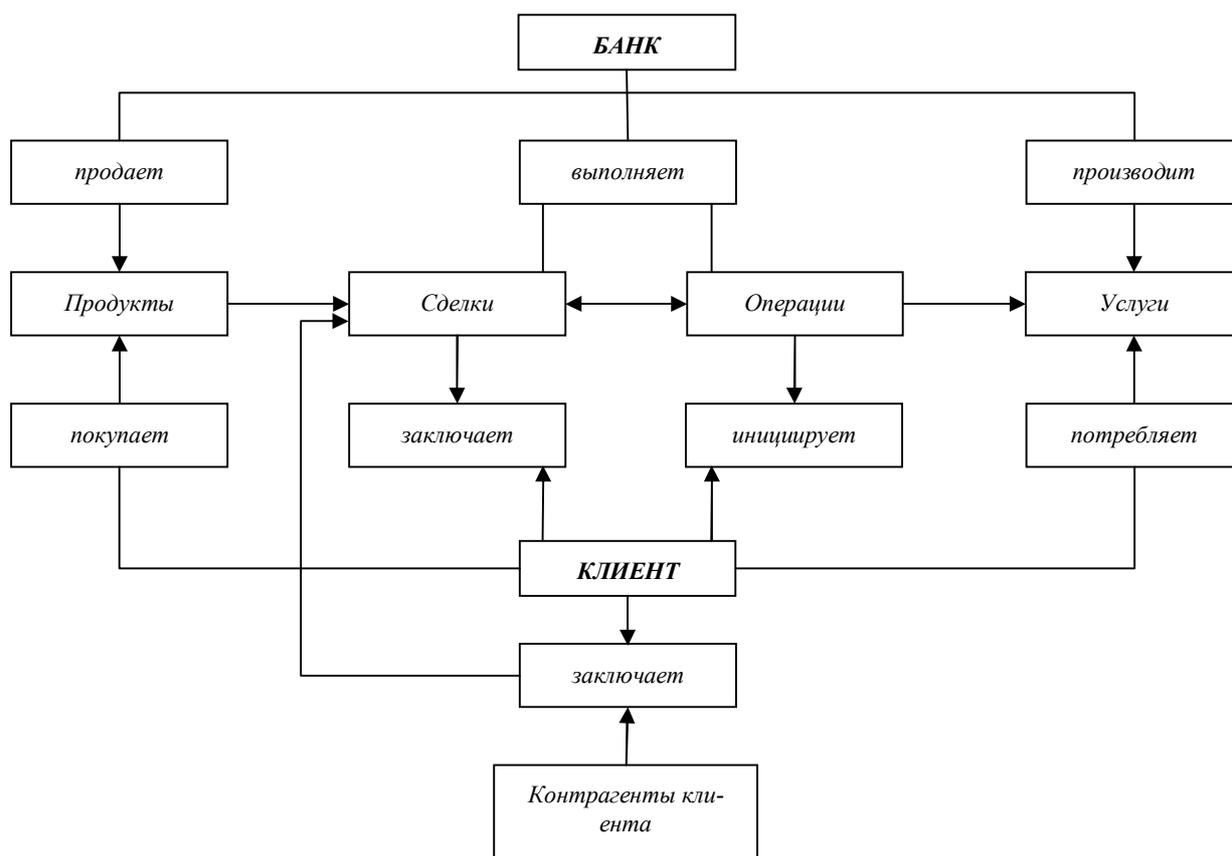


Рис. 1. Предметная область взаимоотношений банка и клиента

На основе структурирования видов банковских услуг по бизнес-направлениям можно определить уровень, на котором формируются банковские продукты.

1. Базовыми услугами можно назвать потомственные признаки банковской деятельности, которые являются исторически незыблемыми и практически не подвержены изменениям. Такие услуги представлены в любом банке.
2. Бизнес-направлениями, на наш взгляд, можно назвать фундаментальные незыблемые и повсеместные рыночные субъекты, которые формируют спрос на основные банковские услуги. Масштаб дробления бизнес-направления при этом не ограничен, но всегда представляет форму основных рыночных субъектов (например, корпоративные клиенты, малый и средний бизнес, финансовые организации и т.п.).
3. К продуктовой категории относится товарная группа вида услуг, которая объединяет схожие по различным признакам продукты (например, вид залога, тип финансовой потребности, технология и т.п.), при этом перечень товарных групп может быть различным, но на каждом этапе развития рынка финансовых услуг

присутствуют обязательные продуктовые категории услуг, формирующие имидж банка (автокредитование, ипотека и т.п.).

4. Виды услуг – это форма базовой услуги для конкретного бизнес-направления. В зависимости от степени зрелости рынка в целом и финансового рынка в частности зависит подвижность широты набора видов услуг.
5. Продуктовая линейка – это подвиды товарной группы, является необязательным элементом номенклатуры и возникает при большом ассортименте продуктов одной категории (если есть целесообразность их группирования по каким-либо отличительным признакам). Управление продуктовой линейкой является ключевой задачей товарной политики любого коммерческого банка. К элементам этой политики относятся выведение на рынок новых и снятие действующих перспективных продуктов, определенных на основе анализа их жизненного цикла; совершенствование оказываемых банковских услуг.
6. Под продуктовой банковской технологией, на наш взгляд, следует понимать совокупность действий персонала и технологических процессов, сопутствующих

предоставлению услуг при продаже банковских продуктов и постпродажном обслуживании клиентов.

7. Торговой маркой называются маркетинговые наименования банковских продуктов. Но необходимо учитывать, что банковские технологии представления различных видов базовых услуг функционируют вне зависимости от широты товарного ассортимента. Данная зависимость возрастает по мере развития самих видов базовых услуг, т.е. появления многообразия бизнес-направлений и формирования соответствующих продуктовых категорий.
8. Под новым банковским продуктом следует понимать банковский продукт, который формирует собственный рынок не существовавшей ранее банковской услуги или позволяющий выйти на уже существующий рынок с новой для банка услугой. Здесь следует отметить, что в настоящее время для выживания новый банковский продукт должен отнять долю финансового рынка у другого банковского продукта, популярного бренда или создать новую продуктовую категорию, а может быть сделать и то и другое. В последнее время многие современные банковские бренды постепенно становятся схожими в глазах клиентов и поэтому банки переходят от рекламы, создающей бред, на программы продвижения.
9. Усовершенствованный или модернизированный банковский продукт всегда дополняет номенклатуру действующих продуктов банка, усиливая степень охвата какого-либо сегмента рынка или рынка в целом, а также, благодаря большей потребительской ценности предлагаемых услуг, обновляет номенклатуру действующих продуктов банка путем замены устаревших продуктов.

Вымысел о противостоянии банковского маркетинга и банковских технологий

Общеизвестно, что зрелость рынка банковской розницы характеризуется наличием широкого ассортимента и универсальностью предложения. Это может означать только одно – все банки, используя одинаковые каналы продвижения своих услуг и выполняя одни и те же технологически стандартные операции, предлагают разные банковские продукты, уникальность которых находится в их нацеленности на различные рыночные сегменты и прояв-

ляется в различиях по параметрам полезности и ценности для каждого конкретного клиента.

От степени универсализации продуктовых банковских технологий зависит способность банков к осуществлению эффективной продуктовой политики. Однако неправильное понимание смысла этой универсализации часто выражается в стремлении к максимальной технологической стандартизации в ущерб маркетинговой составляющей продуктов. Так, некоторые банковские топ-менеджеры рассуждают, что чем разнообразнее продуктовый ряд, тем больше потребность в новых продуктовых технологиях, тем больше затрат на ИТ, тем сложнее персоналу и клиентам разобраться в предложении. Следовательно, чем меньше перечень предлагаемых банковских продуктов, тем легче обеспечить технологические стандарты. На наш взгляд, это ошибочное мнение, так как развитие рынка банковских продуктов свидетельствует об усилении конкуренции в борьбе за клиентов, и противоречия между требованиями к универсализации продуктовых технологий и к дифференциации банковских продуктов не существует. Для подтверждения этого все составляющие технологической стандартизации необходимо четко разграничить на постоянные и переменные.

К постоянным технологическим составляющим можно отнести: перечень банковских услуг и операций, методы программирования и инструменты выполнения операций по счетам, план счетов, каналы накопления и передачи информации о клиентах и сделках; этапные или модульные элементы продуктовой технологии, т.е. контакт с потенциальным клиентом, прием и экспертиза документов, оценка рисков, принятие решения о проведении сделки, ее документальное сопровождение и т.п. до постпродажного сопровождения сделки.

К переменным параметрам продуктовых технологий, на наш взгляд, относятся: различные варианты набора предлагаемых услуг; каналы продаж; количественные значения параметров сделок; требования к клиенту и к предъявляемым им документам; способы оценки рисков; методы начисления и взимания вознаграждения и т.п.

Таким образом, характеристики продуктовых технологий, относящихся к постоянным параметрам, отличаются своей универсальностью, относительной стабильностью и конечностью элементов, что упрощает их стандартизацию. А переменные технологические составляющие предоставляют неограниченные возможности их изменения и комбинации в разных продуктах.

В такой интерпретации технологическая составляющая продуктообразования выражается в заведении и сопровождении всевозможных продуктовых справочников и их комбинированию переменными модулями и параметрами и основывается она на систематизации уже действующих ключевых стандартных технологий конечного перечня банковских услуг [1].

Из всего этого следует, что универсализация предложения банковских продуктов – это их конструирование из стандартных технологических модулей банковских услуг и параметризации стандартных операций и сделок.

Ценообразование на банковские услуги на основе стоимостного и маркетингового подходов

Существующие в настоящее время системы ценообразования на банковские продукты и услуги сводятся к основным трем системам установления цены [2]: исходя из цен конкурентов; на основе произведенных затрат; на основе величины спроса.

Самым распространенным и одновременно самым простым способом ценообразования в банковском ритейле является определение цены на основе уровня цен конкурентов вследствие того, что ценообразование всегда учитывает действия конкурентов. Сложившаяся ситуация может быть оправдана только тем, что проникновение на банковский рынок новых

участников затруднено, а поддерживаемый лидерами ценовой потолок позволяет большинству банков сохранить приемлемую для них норму прибыли.

Ценообразование, определяемое на основе производственных затрат, складывается из себестоимости и прибыли. В настоящее время имеются различные методы калькулирования себестоимости, но во всех случаях калькулирование производится в два основных этапа: сбор и распределение затрат по подразделениям организации; отнесение этих затрат на конкретные банковские продукты.

Наличие этих двух этапов обусловлено невозможностью получения достоверной информации о себестоимости банковских продуктов, не имея информации о произведенных затратах по местам их возникновения, поэтому все подразделения коммерческого банка должны рассматриваться как центры ответственности, т.е. объекты учета затрат.

Схема формирования себестоимости банковских продуктов представлена на рис. 2.

При сегментации коммерческого банка на центры ответственности, т.е. центры прибыли и центры затрат, решаются два основных вопроса ценообразования. Первый – на ресурсы банка устанавливается механизм внутрибанковских цен путем установления методов распределения и самих инструментов стоимости ресурсов на себестоимость банковских продуктов. Второй – устанавливается механизм

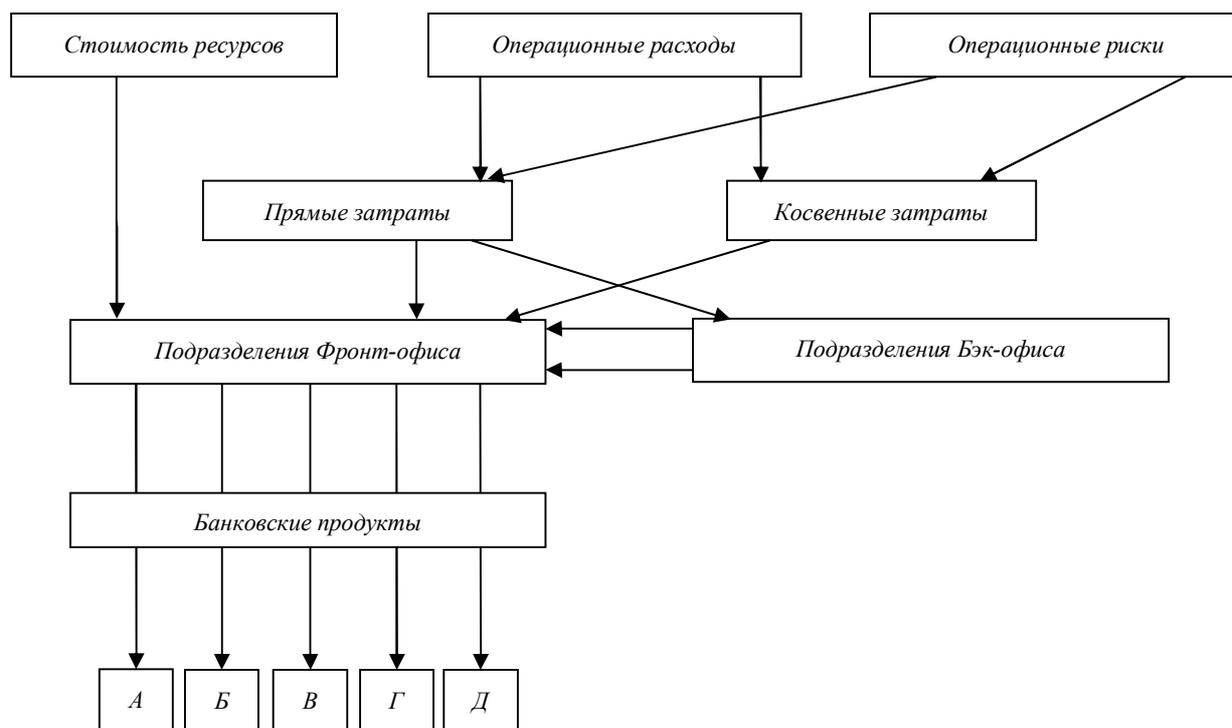


Рис. 2. Механизмы формирования себестоимости банковских продуктов

аллокации расходов, т.е. определяются методы и инструменты распределения операционных расходов на себестоимость банковских продуктов центров прибыли.

Первый этап калькулирования себестоимости переносит затраты на все центры ответственности (подразделения банка), после этого затраты концентрируются на центрах прибыли и лишь затем относятся на их конкретные банковские продукты.

Решение этих двух вопросов позволяет определить детали применения различных методов калькулирования к конкретным банковским продуктам. Но при любом выбранном методе калькулирования должно выполняться основное требование – разработанная методическая система учета затрат должна распределять затраты по продуктам и подразделениям.

Риски, учитываемые в тарифах на банковские услуги

В составе цены любого банковского продукта или услуги находится премия за риск, которую принимает на себя банк.

Схема формирования прибыли и себестоимости банковских продуктов и операций с учетом рисков как ценовых составляющих банковских продуктов представлена на рис. 3.

Обычно безубыточные тарифы за выдачу наличных денежных средств или осуществляемые платежи покрывают накладные и операционные расходы, связанные с предоставлением этих услуг, и стоимость используемых ликвидных активов. Для определения в этих тарифах риска излишней ликвидности и возможного риска потери ликвидности необходи-

мо воспользоваться статистическими данными путем сравнения фактических ежедневных остатков ликвидных средств и нормативных. Полученное отклонение может быть как положительным (означает – избыток ликвидности), так и отрицательным (недостаток).

Операционные риски, такие как риск задержки платежа, риск недостачи в приходной кассе, риск преступных операций по счетам клиентов и т.п., возникающие в работе любого коммерческого банка и входящие в структуру транзакционных тарифов, также можно просчитать, но чаще всего, стоимость мероприятий по их минимизации выражается в выполнении требований безопасности и в расходах, полученных при реализации соответствующих банковских технологий и процедур. Иными словами, эти риски уже находятся в технологии и включаются в операционные и накладные расходы по каждому продукту или услуге.

Риски, входящие в цену банковских депозитных продуктов, выражаются в виде риска невозврата вкладов, в валютном риске, в гарантиях выплат фиксированных процентов, в репутационном риске, в инфляционном риске и т.п. При этом возникает недвусмысленная оценка этих рисков: во-первых, со стороны вкладчиков или клиентов банка обычно происходит переоценка всех видов рисков из-за желания максимального исключения влияния этих рисков, что приводит к росту ставок со стороны спроса на депозитные услуги; во-вторых, со стороны банка – эти же виды рисков, принимающиеся самим банком, стремящимся к минимизации стоимости привлечения клиентов и, как следствие, минимизации риска в самой депозитной ставке, так как уровень

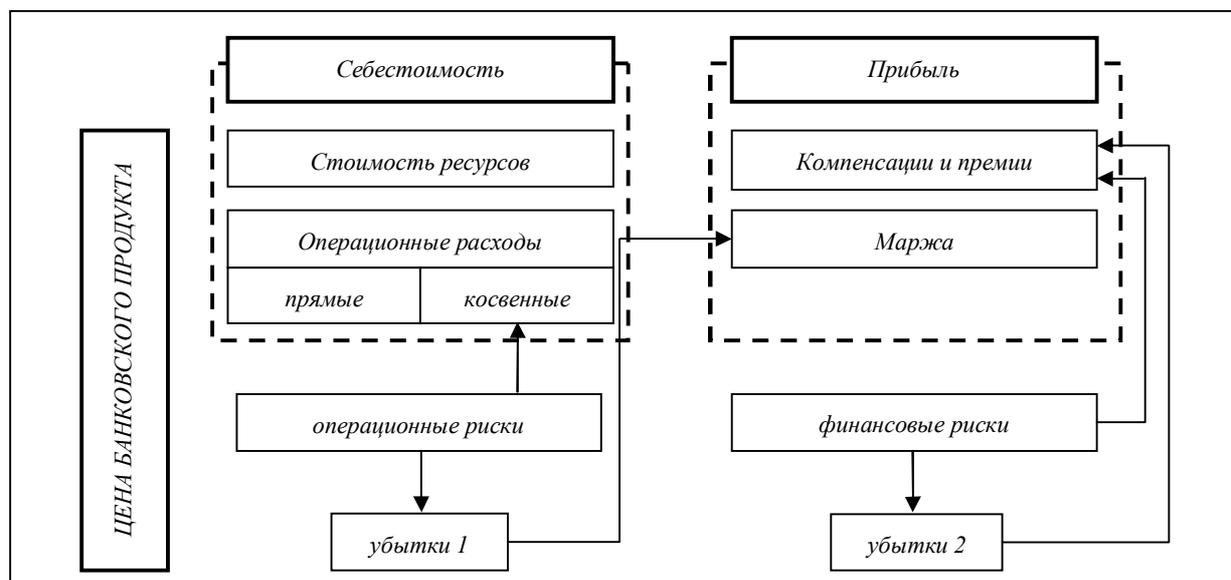


Рис. 3. Схема формирования цен на банковские продукты

процентной маржи в обратной пропорции зависит от степени ставки привлечения.

Снижение коммерческими банками доли компенсации или премии за инфляционный риск в стоимости ресурсов привлечения возникает вследствие низких инфляционных ожиданий, из-за чего они целенаправленно в национальной валюте уменьшают разницу в ставках по долгосрочным и краткосрочным депозитам.

В случае минимизирования коммерческими банками доли компенсации за валютный риск в общей структуре цены привлечения денежных средств путем проведения ими политики выправления процентных ставок по депозитам в иностранной и национальной валютах, то банки основываются на сценарии усиления национальной валюты. Такой риск может быть оценен с помощью анализа курсовых разниц, установленных по депозитным счетам.

Риски, возникающие при ценообразовании на депозитные продукты коммерческих банков, учитываются как в составе операционных и накладных расходов, так в компенсации за собственно сам риск. Вследствие этого оценка рисков с позиции управления продуктовой линейкой оказывает значительную роль на конечную стоимость банковских продуктов и зависит от типа потребительского поведения и ожиданий той категории клиентов, на которую рассчитан тот или иной банковский продукт.

Учет распределения затрат коммерческого банка

Правильная оценка себестоимости предоставляемых банковских услуг и операций дает точное представление об их рентабельности, конкурентоспособности и показывает границу, в рамках которой возможно применение различных способов ценовой конкуренции.

В настоящее время практика расчета калькуляции в банковском секторе показывает, что применение методов производственной калькуляции, используемых на промышленных предприятиях, не является обоснованным в банковской сфере и даже в некоторых случаях может привести к негативным последствиям. Так, например, механическое распределение расходов на конкретные точки продаж или операции на основе площади помещения или численности персонала, на наш взгляд, нелогично, так как данные категории банковской инфраструктуры оказывают многообразные услуги географически распределенным клиентам.

Существующим многосложным калькуляционно-учетным системам доверяют не многие, так как распределение затрат в них происходит по трудноподдающимся логике схемам. Выходные данные таких систем устаревают уже к моменту фиксации их на бумажном носителе и вследствие этого они могут стать предметом «закулисных игр» внутри банка, так как активный оппонент может оспорить метод распределения затрат и добиться для своего подразделения нужных цифр за счет отнесения затрат на подразделение менее активного оппонента.

Из-за стремления сбалансировать результаты бухгалтерского и управленческого учетов у некоторых банковских аналитиков получается стопроцентно распределить все расходы на все банковские продукты, в результате чего получается искаженная картина рентабельности этих продуктов. Значит, правильное распределение косвенных расходов является главной проблемой учета как самих затрат, так и определения себестоимости банковских продуктов и услуг. Неточность распределения затрат может исказить себестоимость банковских услуг, что негативно может отразиться на принятии ценовых решений.

Традиционный метод распределения косвенных расходов пропорционально прямым расходам центров прибыли банка дает искаженную себестоимость услуг этих центров. Даже если подразделение банка предоставляет только один банковский продукт, то этот метод дает корректную информацию только при наличии других баз распределения косвенных расходов. А если исследуемое подразделение производит несколько банковских продуктов или услуг, то никакая база распределения не сможет учесть, сколько и на какую услугу или продукт приходится косвенных расходов.

Учет затрат в коммерческом банке хоть и является важным элементом эффективной системы банковского ценообразования, но его не достаточно для установления оптимальных цен, так как игнорируется фактор эластичности цены, как и в случае установления цены исходя из цен конкурентов.

Цена со стороны предложения банковской услуги должна рассматриваться как основной, но не единственный фактор ценообразования на эти услуги, потому что цена банковской услуги со стороны спроса всегда индивидуальна и имеет вероятностный характер. Поэтому основными методами определения цен для розничного банковского бизнеса являются те, которые ориентированы на потребительский спрос. Одной из разновидностей такого

спроса является методика ценообразования в зависимости от потребительской ценности для клиента банковских услуг.

Перераспределение доходности в группе банковских услуг

При рассмотрении концепции банковского ценообразования, построенной на основе затрат, необходимо выделить две основные группы банковских услуг и продуктов [3]: 1 – любые способы привлечения денежных средств и их размещение на различных финансовых рынках; 2 – любые другие банковские услуги по открытию и обслуживанию транзакционных счетов клиентов.

Первая группа банковских продуктов создает процентную маржу банка, т.е. формирует процентные доходы и расходы. Банковские продукты этой группы имеют общую базу ценообразования – рыночную ставку, определяющую уровень цен, как на депозиты, так и на заемные средства. Операционные расходы незначительно влияют на услуги этой группы.

Во второй группе формируются комиссионные доходы коммерческого банка. Стоимость на данные услуги и продукты формируется в виде тарифов за операции и услуги в разных единицах измерения, уровень которых в некоторой степени зависит от операционных расходов коммерческого банка. Если оставить в стороне финансовые источники, наименее чувствительные к изменению тарифов на банковские услуги, то основным объектом ценовой конкуренции будут являться транзакционные депозиты или текущие счета клиентов.

Можно выделить два подхода к ценообразованию на банковские услуги по открытию и обслуживанию транзакционных счетов:

1. Взымаемые комиссии и установленные тарифы обеспечивают возмещение себестоимости оказываемых услуг и процентные расходы по транзакционным депозитам.
2. Установленные тарифы и взымаемые комиссии возмещают себестоимость оказываемых услуг, а процентные расходы по транзакционным депозитам компенсируются казначейством за счет получения процентных доходов, поступивших от размещения этих средств на внешних финансовых рынках и в кредитных подразделениях банков.

При первом подходе снижается конкурентоспособность транзакционных услуг банка и увеличиваются конкурентные позиции на рынке банковских кредитов. При втором под-

ходе увеличится конкурентный потенциал тарифов банка с одновременным ограничением возможностей по снижению процентных ставок при кредитовании своих клиентов.

В настоящее время на рынке банковских услуг предпочтительнее, на наш взгляд, является второй подход.

Качество продаж

Результаты опроса, проведенного журналом «American Banker», показывают, что потребители банковских услуг поставили уровень цен лишь на седьмое место среди факторов, определяющих их взаимоотношения с коммерческим банком. Явление низкой чувствительности клиентов банка к ценовому фактору и их высокой лояльности к своим банкам объясняется прежде всего тем, что большинство клиентов на первое место ставят репутацию надежности банка и качество его услуг.

Низкая ценовая эластичность спроса на банковские услуги обусловлена значительным воздействием на продажи неценовых факторов, и под влиянием этих факторов классический закон спроса перестает работать. Возникает так называемый парадокс Гиффена, когда при росте цен на услуги клиенты предъявляют больший спрос, и зависимость «цена – объем продаж» становится положительной [4].

Для клиента неценовые факторы становятся преимущественными в следующих случаях:

- когда предпочтительна скорость предоставления услуг (экспресс кредиты, мобильный или Интернет банкинг, «быстрые платежи» и т.д.);
- когда появляется выбор между услугами с гарантированными обязательствами возмещения ущерба и без них (депозиты, подлежащие полной компенсации);
- когда необходимо сохранять конфиденциальность информации о своем имущественном или финансовом состоянии (беззалоговые кредиты, кредиты без подтверждения доходов, обеспеченные твердым залогом);
- когда преследуется цель поддержки собственного имиджа (пользование услугами престижного банка, обладание платиновыми или золотыми платежными картами и т.д.);
- когда предоставляется дополнительный сервис (private banking, обслуживание в VIP залах и др.);
- когда при оценке качества услуг работает принцип – высокая цена обеспечивает вы-

сокое качество (чаще касается сложных и дефицитных банковских продуктов).

Выводы. Развитие мирового финансового рынка, совершенствование качества оказываемых коммерческими банками услуг требуют более детального уточнения понятия «банковский продукт», так как от четкого понимания этой категории зависит результативность всех управленческих решений, принимаемых в каждом коммерческом банке. В условиях интенсивного развития рынка финансовых услуг необходимость правильного ценообразования коммерческими банками приобрела зримые черты. Банкам следует рассматривать цену на свои услуги как важнейшую составляющую категорию их работы в настоящем времени и возможность дальнейшего развития. Для правильного принятия решений при разработке процесса ценообразования необходимо четко понимать механизм и степень воздействия внутренних и внешних факторов на этот процесс, необходимо учесть все возникающие риски, учитываемые в тарифах на банковские услуги, уметь правильно учесть и распределить возникающие затраты по подразделениям банка, а также отнести эти затраты на конкретные банковские продукты. Проведение комплекса таких мероприятий позволит банкам снизить свои затраты, что, несомненно, должно снизить стоимость предлагаемых банковских продуктов и услуг. Коммерческим банкам при реализации программы ценообразования необходимо принимать маркетинговые решения и в отношении предлагаемых продуктов и услуг с учетом пожеланий клиентов, совмещая свои интересы как с интересами

своих клиентов, так и с интересами всего общества. В настоящее время зарубежный опыт развития финансового рынка банковских услуг и операций свидетельствует о некоторой низкой ценовой эластичности спроса на банковские услуги вследствие значительного влияния на продажи неценовых факторов (репутация банка, качество его услуг и т.д.). Поэтому повышение конкурентоспособности, а следовательно, и усиление своих позиций на рынке банковских услуг любого коммерческого банка зависит от реализации им комплекса мероприятий, в число которых входит и ценообразование, и продуктовый маркетинг, и умение правильно продавать свои продукты и услуги.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А р х и п ч е н к о В.В. Проблемы оценки себестоимости банковских продуктов // Управление в кредитной организации. 2009. № 4. С. 61 – 66.
2. Г р я д о в а О.В. Об определении внутренней стоимости банковских операций // Деньги и кредит. 1997. № 11. С. 48 – 53.
3. Л а д ы г и н В. Оптимизация внутренних расходов банка // Управление в кредитной организации. 2010. № 1. С. 28 – 34.
4. В и н е р Дж. Концепция полезности в теории ценности и ее критики // Теория потребительского поведения и спроса. – Спб.: Экономическая школа, 1993. С. 78 – 116.

© 2013 г. А.А. Бодров, В.В. Сенкус
Поступила 20 ноября 2012 г.

В.А. Быстров, П.К. Дьяков, А.Г. Уманец

Сибирский государственный индустриальный университет

УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ – РЕАЛЬНЫЙ ПУТЬ РОСТА ПРИБЫЛИ

В настоящее время существенно возросла проблема учета, анализа и контроля затрат на предприятиях (проблема управления затратами). Эта проблема актуальна потому, что увеличение прибыли и достижение устойчивого преимущества над конкурентами сегодня возможно при высоком качестве и более низкой себестоимости выпускаемой продукции.

Необходимость управления затратами обусловлено их прямым участием в формировании прибыли предприятия. В современных условиях управление затратами становится действенным, а зачастую чуть ли не единственным способом эффективного решения этой задачи. По мнению специалистов, эффективное управление затратами подразумевает [1 – 3]:

- знание того, где, когда и в каких объемах расходуются ресурсы предприятия;
- знание закономерностей поведения различных видов затрат предприятия;
- умение обеспечить максимально высокий уровень отдачи от использования ресурсов предприятия;
- организацию системы управления производством, ориентированной на постоянный контроль затрат и поиск резервов их эффективного снижения;
- сосредоточение на предупреждении повышения затрат, а не на их учете;
- вовлечение в систему управления затратами всех видов затрат;
- оперативность получения информации о затратах и их анализа.

Кроме того, современная экономическая практика требует от предприятия установления четкой взаимосвязи между избранной предприятием стратегией конкуренции и существующей на нем системой управления затратами. Это требование обусловлено тем, что та или иная информация о затратах может по-разному воздействовать на стратегию, которой следует предприятие. Даже поверхностное знакомство с работой предприятия позволяет обнаружить ряд проблем, характерных для большинства предприятий.

Прежде всего специалисты указывают на несовершенство применяемого учета затрат на

предприятиях (см. рисунок), основными недостатками которого часто называют построение учета в соответствии с правилами, предъявляемыми к внешней отчетности предприятия; высокую степень обобщения учетной информации и невозможность ее детализации.

Кроме этого, основным недостатком такого учета является его низкая оперативность (предоставление информации о затратах раз в месяц), что не позволяет обеспечивать предупреждение затрат, вовремя выявлять негативные отклонения от плана и виновников таких отклонений. Такая система учета зачастую не дает возможности четкого представления о том, где и как формируются затраты предприятия. Вследствие этого контроль затрат носит формальный характер, а поиск путей их сокращения значительно усложняется. Управление затратами на многих предприятиях осуществляется бессистемно, не в определенное время. Анализ показателей себестоимости ограничивается сопоставлением плановых и фактических данных по статьям затрат и исчисления возможных отклонений. Что же касается анализа причин этих отклонений, то он, как правило, либо вообще не выполняется, либо сводится к укрупненным расчетам, не дающим возможности с известной степенью точности выявления места, причины и виновников этих отклонений. Существуют и другие проблемы. Стремление к экономии на управлении затратами приводит к тому, что численность работников экономической службы сокращается, а оставшиеся не занимаются решением этих задач. Основной причиной такого положения является недооценка выгод и преимуществ, которые может обеспечить систематический, рационально организованный контроль затрат.

Для решения этих и ряда других проблем, а также для повышения эффективности управления предприятием в целом необходимо создание на предприятии системы управления затратами нового типа. Для этого необходимо обратиться к теоретическим и практическим наработкам отечественных и зарубежных специалистов. Прежде всего нужно сориентировать основные финансово-экономические



Схема учета по элементам затрат на производство продукции

службы на необходимость эффективного контроля затрат и управления ими. Создание эффективной системы управления затратами, соответствующей основным принципам ее построения, а также необходимость поиска и внедрения новых форм и методов управления требуют создания на предприятиях особого отдела по управлению затратами. В зарубежной практике такой отдел носит название отдела (или службы) контроллинга. Его деятельность должна быть направлена на оперативный сбор и анализ всей необходимой для контроля затрат информации, на разработку новых форм сбора информации и документов первичного учета, на экспертизу управленческих решений, а также на решение задач улучшения экономической деятельности на предприятии, т.е. на решение стратегических задач.

Многоканальные механизмы снижения издержек

В автоматизированных системах управления технологическими процессами широко применяются так называемые советчики оператора [2, 3]. По сути дела, это – компьютерная программа, которая моделирует технологический процесс и после определенного периода обучения дает советы оператору по управлению процессом. На практике эффективность таких пассивных советчиков оказалась невысокой. Дело в том, что в период обучения советы компьютерной программы были не всегда такими, на которые нужно было реагировать, и опытный оператор переставал их воспринимать, хотя со временем управление, предлагаемое советчиком в штатных ситуациях, часто было лучше, чем управление опера-

тора. Необходимо было предложить механизм, побуждающий оператора прислушиваться к рекомендациям советчика. Были разработаны так называемые пересчетные модели, которые могли предсказать по результатам выход процесса: что было бы, если бы оператор принял рекомендации советчика. Если рекомендации советчика приводили к лучшему результату, то оператор штрафовался, а если управление оператора было лучше, чем рекомендации советчика, то оператор премировался. Фактически было организовано соревнование между оператором и его советчиком. При внедрении таких активных советчиков оператора ситуация изменилась. Оператор стал во многих случаях следовать рекомендациям модели, особенно в штатных ситуациях. Внедрение таких двухканальных механизмов в черной металлургии дало значительный экономический эффект (эти работы были удостоены Государственной премии).

Описанный двухканальный механизм можно обобщить в различных направлениях. Во-первых, можно использовать не один советующий канал, а несколько (многоканальные механизмы), например, используя различные модели и методы моделирования. Во-вторых, такие активные советчики можно применять не только при управлении технологическими системами, но и в управлении социально-экономическими системами (советчик генерального директора, советчик министра и возможно даже Президента).

Рассмотрим предприятие, состоящее из n подразделений [2, 3]. Поставим задачу разработки плана снижения издержек на определенную величину R . Обозначим через x_i план снижения издержек для i -го подразделения. Снижение издержек требует затрат на проведение соответствующих мероприятий. Обозначим через $Z_i = \varphi_i(x_i)$ затраты i -го подразделения на проведение мероприятий по снижению издержек на величину x_i . Примем, что

$$\varphi_i(x_i) = x_i^2 / (2r_{bi}), \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где r_{bi} – величина снижения издержек элемента b по i -му подразделению.

Рассмотрим следующий механизм стимулирования снижения издержек, который очень похож на механизм распределения заказов в корпорации. Подразделение получает средства h_i из централизованного фонда прямо пропорционально величине издержек x_i , т.е. $h_i = \lambda x_i$, $i = \overline{1, n}$, где λ – норматив, общий для всех подразделений.

Формирование плана снижения издержек происходит на основе сообщаемых подразделениями оценок функций затрат. Примем, что каждое подразделение сообщает оценку s_i коэффициента r_i функции затрат (1). План $x = \{x_i\}$ определяется по формуле

$$x_i = \frac{s_i}{S} R, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где $S = \sum_{i=1}^n s_i$; $\lambda = R/S$.

Проведем исследование описанного механизма. В качестве целевых функций подразделений примем разность средств, полученных из централизованного фонда, и затрат на проведение мероприятий по снижению издержек:

$$f_i = h_i - Z_i = \lambda x_i - x_i^2 / (2r_i), \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Подставляя в выражение (3) соотношение (2), получаем

$$f_i = \lambda^2 s_i \left(1 - \frac{s_i}{2r_i} \right) = \left(\frac{R}{S} \right)^2 s_i \left(1 - \frac{s_i}{2r_i} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Заметим, что при достаточно большом числе подразделений влияние оценки s_i отдельного подразделения на норматив λ сравнительно мало, поэтому достаточно обоснованным представляется предположение о том, что при сообщении оценки s_i предприятие не учитывает этого влияния (так называемая гипотеза слабого влияния). В этом случае максимум целевой функции (4) достигается при сообщении оценки $s_i = r_i$, $i = \overline{1, n}$, т.е. при сообщении достоверной информации о функции производственных издержек.

Если в корпорации имеется предприятие с относительно большой величиной коэффициента r_i , то для этого предприятия гипотеза слабого влияния уже не имеет места. Пусть это предприятие с номером 1, $r_1 > H - r_1$, т.е. $r_1 > H/2$, где H – суммарная величина коэффициента снижения издержек предприятия. Для остальных предприятий гипотеза слабого влияния является достаточно обоснованной, и поэтому $s_i = r_i$, $i \neq 1$. Обозначим $H_1 = H - r_1$.

Для первого предприятия имеем

$$f_1 = \left(\frac{R}{s_1 + H_1} \right)^2 \left(1 - \frac{s_1}{2r_1} \right) s_1.$$

Максимизируя по s_1 , получаем

$$s_1 = \frac{H_1 r_1}{H_1 + r_1}.$$

Если $r_1 \gg H_1$, т.е. первое предприятие является фактически монопольным в области снижения издержек, то $s_1 \approx H_1$, т.е. монопольное предприятие сообщает оценку s_1 , равную сумме коэффициентов r_i остальных предприятий.

Используя предложенный многоканальный механизм снижения издержек, рассмотренный в работе [2], становится очевидным, что управление затратами – это область управленческой деятельности как средство достижения предприятием высокого экономического результата. Специфика этой деятельности в том, что соединяются часто независимые друг от друга знания о работе предприятия, взаимосвязь и влияние на «конечный результат – работа предприятия – прибыль». Управление затратами – это не минимизация затрат, что может привести к сокращению производства, а более эффективное использование ресурсов компании, их экономия и максимизация отдачи от них на всех этапах производственного процесса. Постановка процесса управления затратами в компании заключается в признании затрат, их учете, группировке и разнесении, представления их в виде, удобном для дальнейшего анализа и принятия управленческих решений.

Предметом управления затратами являются затраты предприятия во всем их многообразии. Объектом управления затратами являются собственно затраты организации, процесс их формирования и снижения. Субъектом управления затратами выступают руководители и специалисты организации и производственных подразделений, т.е. управляющая система.

Таким образом, система управления затратами – это целевая, многоуровневая система, где объект управления – затраты организации, а субъект управления затратами – управляющая система. Основные задачи управления затратами следующие:

- выявление роли управления затратами как фактора повышения экономических результатов деятельности;
- определение основных методов управления затратами;
- определение экономических и технических способов и средств измерения, учета и контроля затрат на предприятии;
- повышение эффективности деятельности предприятия;

- определение затрат по основным функциям управления;
- расчет затрат по отдельным структурным подразделениям и предприятию в целом;
- расчет затрат на единицу продукции (работ, услуг) – калькулирование себестоимости продукции;
- подготовка информационной базы, позволяющей оценивать затраты при выборе и принятии хозяйственных решений;
- выявление технических способов и средств контроля и измерения затрат;
- поиск резервов снижения затрат на всех этапах производственного процесса и во всех производственных подразделениях предприятия;
- выбор методов нормирования затрат;
- проведение анализа затрат с целью принятия управленческих решений по совершенствованию производственных процессов, формированию ассортиментной и ценовой политики, оптимизации загрузки производственных мощностей, выбору вариантов инвестирования, прогнозированию объемов производства и сбыта продукции.

Все приведенные задачи управления затратами должны решаться в комплексе – такой подход принесет плоды и будет способствовать резкому росту эффективности работы предприятия. Механизм управления затратами – это построение внутреннего экономического учета доходов и расходов по предприятию и в разрезе подразделений, что позволит выявить реальный финансовый результат работы предприятия, не искаженный бухгалтерскими проводками.

Основными принципами управления затратами на предприятии являются:

- методическое единство на разных уровнях управления затратами; управление затратами на всех стадиях жизненного цикла изделия – от создания до утилизации;
- органичное сочетание снижения затрат с высоким качеством продукции (работ, услуг);
- направленность на недопущение излишних затрат; взаимозаменяемость ресурсов; широкое внедрение эффективных методов снижения затрат;
- совершенствование информационного обеспечения о величине затрат; повышение заинтересованности производственных подразделений предприятия в снижении затрат.

Анализ затрат является элементом функции контроля в системе управления затратами. Он

предшествует хозяйственным управленческим решениям и действиям, обосновывает и подготавливает их. Анализ позволяет оценить эффективность использования всех ресурсов предприятием, выявить резервы снижения затрат на производство, подготовить материалы для принятия рациональных управленческих решений.

Выводы. Показано, что управление затратами – это динамичный процесс, включающий управленческие действия прямой и обратной связи, целью которых является достижение высокого экономического результата деятельности предприятия за счет снижения издержек и роста прибыли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Контроллинг как инструмент управления предприятием / Под ред. Н.Г. Данилочкиной. – М.: Аудит, 2001. – 279 с.
2. Н о в и к о в Д.А. Теория управления организационными системами – М.: Физматлит, 2007. – 234 с.
3. Б у р к о в В.Н., Н о в и к о в Д.А. Как управлять организациями. – М.: Синтег, 2004. – 315 с.

© 2013 г. В.А. Быстров, П.К. Дьяков,
А.Г. Уманец

Поступила 23 ноября 2012 г.

Н.И. Михайленко, Э.Я. Живаго

Сибирский государственный индустриальный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ВОЗМОЖНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ К РЕШЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Принципами механики называются исходные положения, отражающие общие закономерности механических явлений, из которых как следствия можно получить все уравнения, определяющие движение механической системы (или условия ее равновесия). В ходе развития механики установлен ряд таких принципов, каждый из которых может быть положен в основу механики. Эти принципы подразделяют на невариационные и вариационные.

Невариационные принципы механики непосредственно устанавливают закономерности движения, совершаемого системой под действием приложенных к ней сил.

Вариационные принципы механики устанавливают свойства (признаки), позволяющие отличить истинное (то есть фактически происходящее под действием заданных сил) движение механической системы от тех или иных кинематически возможных ее движений (или же состояние равновесия системы от других возможных ее состояний).

По форме вариационные принципы механики разделяют на так называемые дифференциальные, в которых устанавливается, чем истинное движение системы отличается от движений кинематически возможных в каждый данный момент времени, и интегральные, в которых это различие устанавливается для перемещений, совершаемых системой за какой-нибудь конечный промежуток времени [1].

Дифференциальные вариационные принципы в рамках механики являются более общими и практически справедливыми для любых механических систем. К основным дифференциальным вариационным принципам механики (где рассматриваемой физической величиной является работа сил) относятся принцип возможных перемещений и принцип Д'Аламбера-Лагранжа.

Развитие вариационных принципов механики происходило на протяжении трех веков. Закон равновесия, выражаемый принципом возможных перемещений, впервые установлен Гвидо Убальди на рычаге и на движущихся

блоках (или полиспадах). Г. Галилей установил его для наклонных плоскостей и рассматривал этот закон как общее свойство равновесия простых машин. Дж. Валлис положил этот принцип в основу статики и из него вывел теорию равновесия машин. Р. Декарт свел всю статику к единому принципу. И. Бернулли первый понял большую общность принципа возможных перемещений и его полезность при решении задач статики. Ж. Лагранж стремился установить «простые» и «всеобщие» принципы механики; в работе «Аналитическая механика» он полностью отказался от геометрической трактовки в механике, теорию о равновесии и движении он свел к некоторым общим уравнениям.

В основу статики Лагранжем был положен принцип возможных перемещений, а в основу динамики – сочетание принципа возможных перемещений и принципа Д'Аламбера. При этом им были введены обобщенные координаты, а уравнения движения (уравнения Лагранжа) переписаны в новой форме [2].

Строгое доказательство принципа возможных перемещений, а также распространение его на односторонние (неудерживающие) связи было дано М.В. Остроградским [3].

Принцип возможных перемещений (виртуальных скоростей) выражает наиболее общие условия равновесия механических систем, стесненных идеальными связями. Согласно этому принципу механическая система находится в равновесии в некотором положении тогда и только тогда, когда сумма элементарных работ приложенных к системе активных сил на любом возможном перемещении, выводящем систему из рассматриваемого положения, равна нулю или меньше нуля:

$$\sum_{k=1}^n \delta A_k^a \leq 0. \quad (1)$$

При изучении равновесия системы тел методами так называемой геометрической статики приходится рассматривать равновесие каж-

дого из тел в отдельности, заменяя наложенные связи соответствующими наперед неизвестными реакциями. Когда число тел в системе велико, этот путь становится весьма громоздким и связан с необходимостью решать большое число уравнений со многими неизвестными.

Отличительная особенность метода, вытекающего из принципа возможных перемещений, состоит в том, что при его применении эффект действия связей учитывается не путем введения неизвестных наперед реакций, а путем рассмотрения перемещений, которые можно сообщить точкам системы, если вывести систему из занимаемого ею положения. Эти перемещения называют в механике возможными перемещениями. Возможные (виртуальные) перемещения системы – элементарные (бесконечно малые) перемещения $\delta\vec{r}_k$ точек системы, допускаемые в данный момент времени наложенными на систему связями. Если связи являются удерживающими (двусторонними), то возможные перемещения обратимы, и в условии (1) должен быть знак равенства. Если же связи неудерживающие (односторонние), то среди возможных перемещений имеются необратимые, и в условии (1) сумма элементарных работ больше или равна нулю.

Для одной материальной точки возможное перемещение вводится как бесконечно малое воображаемое перемещение, допускаемое связями в данный момент времени; это векторная величина, совпадающая по направлению с возможной скоростью точки.

Рассматривая различные типы материальных систем, можно обнаружить, что элементарная работа реакций многих связей на возможном перемещении окажется равной нулю. Такие связи, сумма возможных работ реакций которых на любом возможном перемещении равна нулю, называются идеальными; к таким связям относятся, например, все связи без трения.

Связи, которые не изменяются со временем, называются стационарными.

У некоторых материальных систем встречаются и довольно сложные связи; связи, налагающие ограничения только на положения (координаты) точек системы, называются голономными (геометрическими, интегрируемыми), а налагающие ограничения еще и на скорости точек (производные от координат по времени), называются неголономными (кинематическими, неинтегрируемыми).

Если система несвободная, то не все возможные перемещения являются независимыми. Число независимых возможных перемещений системы называется числом ее степеней

свободы. Одну степень свободы имеет точка, перемещающаяся по прямой. Для определения числа степеней свободы системы с голономными связями (ниже будут рассматриваться только такие системы) поступают следующим образом: сначала у системы исключают одну степень свободы (для этого закрепляют точку, движущуюся по заданной линии, или закрепляют вращающееся тело); если после этого подвижность системы будет полностью устранена, значит, у системы одна степень свободы. Если подвижность сохранится, то исключают еще одну степень свободы; и так далее до полного устранения подвижности системы (до полной остановки системы). Число таких исключений равно числу степеней свободы системы. Пользуясь этим методом, нетрудно установить, что число степеней свободы лебедки (пример 1) равно единице, а подъемного механизма (пример 2) равно двум.

Следует подчеркнуть, что для системы с одной степенью свободы возможные перемещения всех ее точек могут быть выражены через одно какое-либо независимое возможное перемещение; для системы с двумя (или более) степенями свободы возможные перемещения всех точек можно выразить соответственно через два (или более) независимых друг от друга возможных перемещения. При получении таких зависимостей следует учитывать, что соотношения между возможными перемещениями отдельных точек системы аналогичны соотношениям между скоростями соответствующих точек.

Возможным перемещением всего тела, вращающегося вокруг оси, является бесконечно малый угол поворота $\delta\varphi$, а возможные перемещения точек пропорциональны расстояниям до оси вращения

$$\delta r_A = OA \delta\varphi; \quad \delta r_B = OB \delta\varphi. \quad (2)$$

В случае плоскопараллельного движения возможным перемещением является поворот на бесконечно малый угол $\delta\varphi$ вокруг оси, проходящей через мгновенный центр скоростей (МЦС) (на рисунке обозначен точкой P_V), а возможные перемещения точек пропорциональны расстояниям до МЦС

$$\delta r_A = AP_V \delta\varphi; \quad \delta r_B = BP_V \delta\varphi, \quad (3)$$

где AP_V и BP_V – мгновенные радиусы вращения, причем $\delta\vec{r}_A \perp AP_V$, $\delta\vec{r}_B \perp BP_V$.

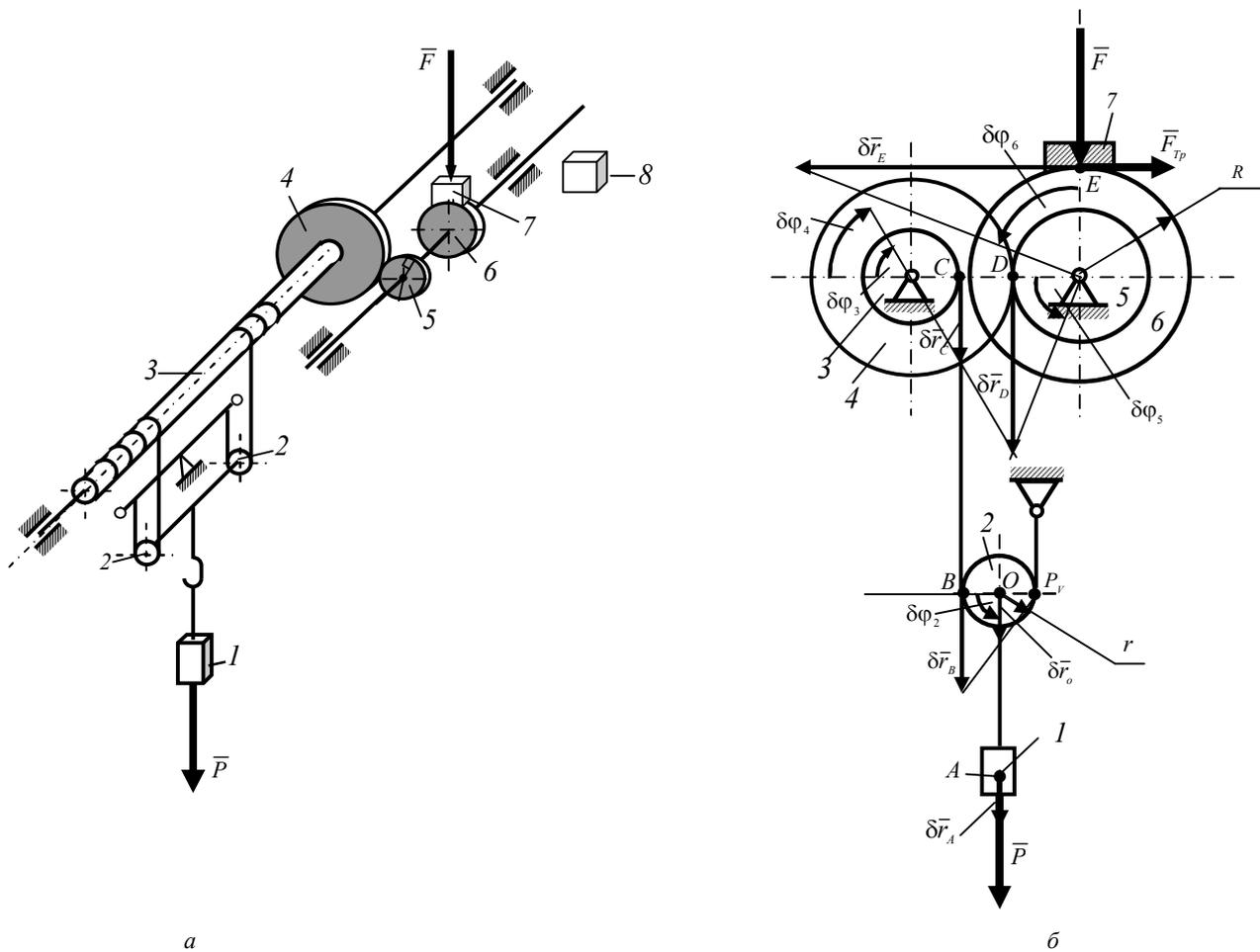


Рис. 1. Кинематическая (а) и расчетная (б) схемы механизма

Кроме этого для определения зависимости между скоростями (перемещениями) точек можно воспользоваться теоремой о проекциях: проекции скоростей двух точек на линию, проходящую через эти точки, равны между собой

$$\text{Pr}_{AB} \vec{V}_A = \text{Pr}_{AB} \vec{V}_B \text{ или } \text{Pr}_{AB} \delta \vec{r}_A = \text{Pr}_{AB} \delta \vec{r}_B. \quad (4)$$

Работа сил, приложенных к материальной системе, на возможном перемещении называется возможной работой; это элементарная работа, которую действующая на материальную точку сила могла бы совершить на перемещении, совпадающем с возможным перемещением этой точки.

Работа силы на возможном перемещении – скалярное произведение

$$\delta A = \vec{F} \cdot \delta \vec{r}; \quad \delta A = F \delta r \cos(\vec{F} \wedge \delta \vec{r}). \quad (5)$$

Работа силы, приложенной к твердому телу, при повороте тела на угол $\delta\varphi$ определяется как произведение модуля момента этой силы

относительно точки поворота тела на угол $\delta\varphi$ поворота тела

$$\delta A = \pm m_0(\vec{F}) \delta\varphi. \quad (6)$$

Работа пары сил определяется зависимостью

$$\delta A = \pm m \delta\varphi. \quad (7)$$

В формулах (6) и (7) ставится знак «плюс», если направление поворота тела совпадает с направлением, в котором сила (пара сил) стремится повернуть тело; если направления противоположны – знак «минус».

Рассмотрим применение принципа возможных перемещений к решению задач на равновесие подъемных механизмов с реальными связями.

В реальных условиях не существует ни абсолютно гладких, ни абсолютно твердых тел, так что работа реакций на любом возможном перемещении во всех возможных случаях отрицательна. В тех практических случаях, когда работа сил реакций связей ничтожно мала по

сравнению с работой других приложенных сил и ею можно пренебречь, то с точностью, достаточной для практики, эти связи можно отнести к категории идеальных связей. Когда же работа сил трения связей не мала и ею нельзя пренебречь, то эти силы условно относят к числу активных сил.

Система с одной степенью свободы

Рассмотрим пример (рис. 1). На барабан 3 лебедки намотан трос, огибающий полиспасть, состоящий из двух блоков 2 с крюковой подвеской, к которой подвешен груз 1. На валу двигателя 8 насажен тормозной шкив 6. Требуется определить, какое усилие F следует приложить к тормозной колодке 7, чтобы удержать груз в равновесии при выключенном двигателе, если f – коэффициент трения скольжения колодки о шкив; r – радиус барабана; R – радиус тормозного шкива; z_4 и z_5 – числа зубцов колес 4 и 5 зубчатой передачи; P – сила тяжести груза (рис. 1, а).

Сообщим телу 1 возможное перемещение $\delta \vec{r}_1$, направленное вертикально вниз. Возможным перемещением блоков 2 будет поворот на угол $\delta \varphi_2$ вокруг мгновенного центра вращения (МЦВ), совпадающего с МЦС. Возможные перемещения тел 3 – 6 – повороты на соответствующие углы $\delta \varphi_3 - \delta \varphi_6$.

На систему действует активная сила тяжести груза (\vec{P}), приложенная в точке A . Связь между шкивом 6 и тормозной колодкой 7 – шероховатая поверхность, реакцию которой представим двумя составляющими: силой трения $\vec{F}_{тр}$ и нормальной реакцией поверхности, равной усилию, передаваемому тормозной колодкой $\vec{N} = \vec{F}$. Таким образом система, состоящая из тел 1 – 6, находится в равновесии под действием трех сил \vec{P} , \vec{F} и $\vec{F}_{тр}$ (рис. 1, б).

С учетом того, что $\delta A(\vec{F}) = 0$ ($\vec{F} \perp \delta \vec{r}_E$), уравнение (1) примет вид

$$P \delta r_A - F_{тр} \delta r_E = 0. \tag{8}$$

Из возможных перемещений $\delta \vec{r}_O$, $\delta \vec{r}_B$, $\delta \vec{r}_C$, $\delta \vec{r}_E$, $\delta \vec{r}_D$, $\delta \varphi_3$, $\delta \varphi_4$, $\delta \varphi_5$, $\delta \varphi_6$ независимым от других может быть только одно (у механизма одна степень свободы). Примем δr_A за независимое возможное перемещение и выразим через него все остальные (2) – (4), учитывая, что угловые перемещения колес, закрепленных на одном валу, равны между собой

$$\delta \varphi_3 = \delta \varphi_4; \quad \delta \varphi_5 = \delta \varphi_6, \tag{9}$$

а линейные перемещения точек зацепления двух колес и точек, соединенных одной нитью, одинаковы:

$$\delta r_A = \delta r_O; \quad \delta r_D = \delta r_B; \quad \delta r_D = r_4 \delta \varphi_4 = r_5 \delta \varphi_5. \tag{10}$$

Связь между угловыми перемещениями тела и линейными перемещениями его точек определяется следующими равенствами:

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta r_O}{OP_V} = \frac{\delta r_B}{DP_V} \quad \text{или} \quad \delta \varphi_3 = \frac{\delta r_O}{r} = \frac{\delta r_B}{2r}; \tag{11}$$

$$\delta r_E = \delta \varphi_5 R. \tag{12}$$

Учтем, что числа зубьев колес передачи пропорциональны их радиусам:

$$\frac{r_4}{r_5} = \frac{z_4}{z_5}. \tag{13}$$

Варьируя соотношения (9) – (13), окончательно получим выражение

$$\delta r_E = \frac{2 \delta r_A z_4 R}{r z_5}. \tag{14}$$

Подставим выражение (14) в уравнение (8) и преобразуем (вынесем δr_A за скобки)

$$(P - F_{тр} \frac{2z_4 R}{rz_5}) \delta r_A = 0.$$

Учтем, что $F_{тр} = fN = fF$, и так как $\delta r_A \neq 0$, получим

$$(P - fF \frac{2z_4 R}{rz_5}) = 0,$$

следовательно

$$F = P \frac{rz_5}{2fz_4 R}.$$

Система с двумя степенями свободы

Для системы с несколькими степенями свободы можно составить столько уравнений, выражающих принцип возможных перемещений, сколько у нее степеней свободы. В этом случае

решение разбивается на несколько последовательно выполняемых этапов. Для систем с двумя степенями свободы на первом этапе оставляют одну (первую) степень свободы, исключая вторую путем закрепления соответствующей точки или тела, и составляют первое уравнение – уравнение равновесия. На втором этапе у системы оставляют только вторую степень свободы, исключая первую, и составляют второе уравнение – уравнение принципа возможных перемещений. Совместное решение полученных уравнений позволяет найти искомые величины.

Рассмотрим пример (рис. 2). При условии равновесия нужно определить величины моментов M_1 и M_2 , приложенных к барабанам 1 и 2 подъемного механизма (рис. 2, а), если P_A – сила тяжести груза A ; P_3 – сила тяжести подвиж-

ного блока 3; f – коэффициент трения между грузом A и наклонной плоскостью, образующей угол α с горизонтом; r_1 и r_2 – радиусы барабанов (трением в осях пренебрегаем).

Активными силами, действующими на систему, являются силы тяжести P_A и P_3 , а также пары сил с моментами M_1 и M_2 . На систему наложена реальная связь – шероховатая поверхность, реакции которой \bar{N} и $\bar{F}_{тр}$.

Рассмотрим два случая.

Первый случай. Предположим, что при отсутствии трения груз A стремится двигаться вверх. При наличии трения сила трения будет направлена вниз вдоль наклонной плоскости (рис. 2, з).

Решение проведем в два этапа.

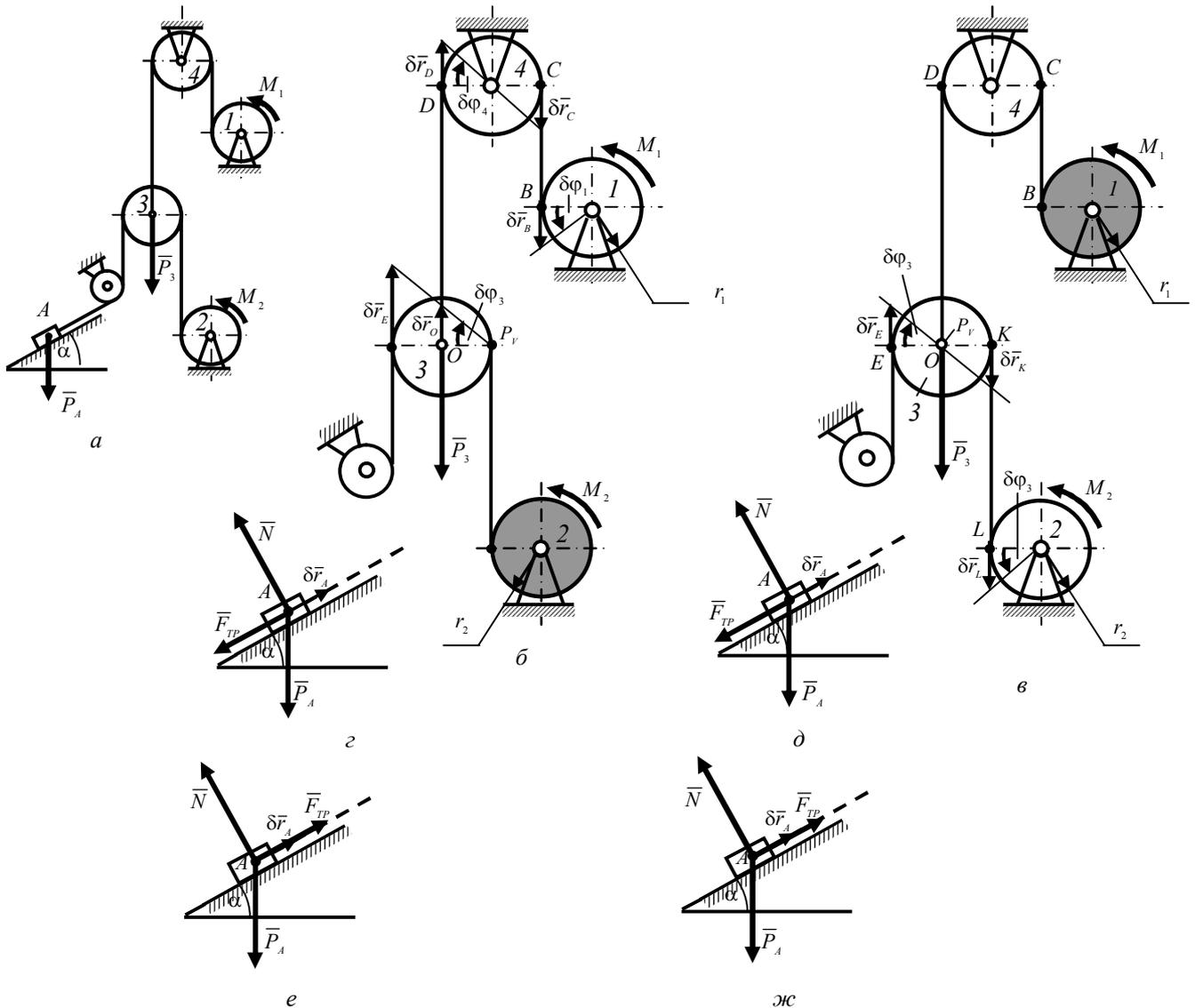


Рис. 2. Кинематическая (а) и расчетные (б – ж) схемы механизма

Этап 1. Закрепим барабан 2 и сообщим барабану 1 возможное перемещение $\delta\varphi_1$ (рис. 2, б), составим уравнение работ, используя формулы (5) и (7):

$$M_1\delta\varphi_1 - P_3\delta r_O - F_{\text{тр}}\delta r_A - P_A \sin \alpha \delta r_A = 0.$$

Связь между перемещениями определим по формулам (2) – (4)

$$\delta r_O = \delta r_D = \delta r_C = r_1\delta\varphi_1; \quad \delta r_A = \delta r_E = 2\delta r_O = 2r_1\delta\varphi_1.$$

Рассмотрев равновесие груза, найдем, что

$$F_{\text{тр}} = fN = fP_A \cos \alpha. \quad (15)$$

Преобразуем выражение (вынесем $\delta\varphi_1$ за скобки)

$$(M_1 - P_3r_1 - fP_A \cos \alpha 2r_1 - P_A \sin \alpha 2r_1)\delta\varphi_1 = 0.$$

Так как $\delta\varphi_1 \neq 0$, то

$$(M_1 - P_3r_1 - fP_A \cos \alpha 2r_1 - P_A \sin \alpha 2r_1) = 0,$$

откуда можно записать

$$M_1 \leq P_3r_1 + P_A 2r_1(f\cos\alpha + \sin\alpha). \quad (16)$$

Этап 2. Закрепим барабан 1 и сообщим барабану 2 возможное перемещение $\delta\varphi_2$ (рис. 2, в, д), составим уравнение работ:

$$M_2\delta\varphi_2 - F_{\text{тр}}\delta r_A - P_A \sin \alpha \delta r_A = 0.$$

Связь между перемещениями $\delta r_A = \delta r_E = \delta r_K = \delta r_L = r_2\delta\varphi_2$.

Преобразуем выражение (вынесем $\delta\varphi_2$ за скобки)

$$(M_2 - F_{\text{тр}}r_2 - P_A \sin \alpha r_2)\delta\varphi_2 = 0.$$

Так как $\delta\varphi_2 \neq 0$, то с учетом равенства (15) получим

$$(M_2 - fP_A \cos \alpha r_2 - P_A \sin \alpha r_2) = 0,$$

откуда

$$M_2 \leq P_A r_2(f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (17)$$

Второй случай. Предположим, что при отсутствии трения груз A стремится двигаться вниз. При наличии трения сила трения будет направлена вверх вдоль наклонной плоскости (рис. 2, е). Элементарная работа силы трения будет в этом случае положительна, а зависимость между перемещениями точек останется прежней.

Этап 1. При закрепленном барабане 2 (рис. 2, б) уравнение работы будет иметь вид

$$M_1\delta\varphi_1 - P_3\delta r_O + F_{\text{тр}}\delta r_A - P_A \sin \alpha \delta r_A = 0; \quad (16^*)$$

$$M_1 \geq P_3r_1 + P_A 2r_1(\sin \alpha - f\cos \alpha).$$

Этап 2. При закрепленном барабане 1 (рис. 2, в, ж) уравнение работы будет иметь вид

$$M_2\delta\varphi_2 + F_{\text{тр}}\delta r_A - P_A \sin \alpha \delta r_A = 0;$$

$$M_2 \geq P_A r_2(\sin \alpha - f\cos \alpha). \quad (17^*)$$

Объединим формулы (16) и (16*), формулы (17) и (17*). Получим, что при равновесии системы

$$P_3r_1 + P_A 2r_1(\sin \alpha - f\cos \alpha) \leq M_1 \leq$$

$$\leq P_3r_1 + P_A 2r_1(f\cos \alpha + \sin \alpha);$$

$$P_A r_2(\sin \alpha - f\cos \alpha) \leq M_2 \leq P_A r_2(f\cos \alpha + \sin \alpha).$$

Из полученных результатов видно, что момент M_2 , приложенный к барабану 2, зависит только от силы тяжести груза A , а момент M_1 , приложенный к барабану 1, зависит не только от силы тяжести груза A , но и от силы тяжести подвижного блока 3.

Выводы. С применением принципа возможных перемещений можно решать любые задачи динамики механической системы. Решение задач динамики может быть осуществлено двумя методами, каждый из которых приводит к одинаковому результату.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курс теоретической механики. Т. 1. / Под ред. К.С. Колесникова. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 735 с.
2. Л а г р а н ж Ж.Л. Аналитическая механика. – М. – Л.: Техиздат, 1950. Т. 1. Статика. Динамика. – 594 с.; Т. 2. Динамика (продолжение). – 440 с.
3. О с т р о г р а д с к и й М.В. Лекции по аналитической механике. Собр. соч. Т. 1. Ч. 2. – М. – Л., 1946. – 285 с.

© 2013 г. Н.И. Михайленко, Э.Я. Живаго
Поступила 31 октября 2012 г.

Е.Б. Каймашникова

Сибирский государственный индустриальный университет

ИСТОРИЯ ЗАСТРОЙКИ ЮЖНО-КУЗБАССКИХ ГОРОДОВ – КУЗНЕЦКА И ПРОКОПЬЕВСКА В КОНТЕКСТЕ ПРИНЦИПОВ ВИТРУВИЯ*

История не учит, но она жестоко наказывает за невыученные уроки
В. Ключевский

Одна из старейших книг по архитектуре принадлежит перу римского архитектора Витрувия, жившего приблизительно в первой половине I века до н. э. Его работа «Десять книг об архитектуре» [1] – это энциклопедия градостроительства и культуры Древнего Рима, в которой автор систематизирует разрозненные сведения об архитектуре, объединяет многочисленные греческие источники.

Сегодня может показаться, что это произведение утратило практическую ценность, однако именно практическая мудрость и культура, которой обладали древние зодчие, позволили создать цивилизацию, до сих пор вызывающую удивление и восхищение.

Основная задача архитектора – строить города, но прежде чем начать строительство города, необходимо выбрать место, которое нужно уметь определить правильно, в соответствии с природными условиями.

Витрувий придавал этой проблеме очень важное, можно сказать, первостепенное значение. В своей работе [1, книга I, глава 4] он писал: «1. При постройке города надо соблюдать следующие правила: Прежде всего, надо выбирать наиболее здоровую местность. Она должна быть возвышенной, не туманной, не морозной и обращенной не к знойным и холодным, а к умеренным странам света, а, кроме того, надо избегать соседства болот... 9. Итак, я полагаю, надо снова припомнить старинное правило. А именно: наши предки, принося в жертву при постройке городов или военных постов пасшихся в этой местности овец, рассматривали их печень... Если же они находили печень больной, то заключали отсюда, что и для людей будут вредоносны и вода, и

пища, происходящие из этой местности, а потому уходили отсюда и переселялись в другие области, ища, прежде всего, здоровых условий жизни».

Цель настоящей работы – выявить, учитывались ли принципы Витрувия при планировании южно-кузбасских городов в результате форсированных темпов индустриализации региона.

Дошедшие до нас планы первых поселений, выросших в крупные сибирские города, были собраны в 1700 г. в «Чертежную книгу» известным исследователем Семеном Ремезовым. Они свидетельствуют о том, что, преследуя в первую очередь оборонительные цели, русские землепроходцы заботились, может быть, на уровне интуиции и о художественном облике города или крепости, о красоте и удобстве поселений, о сохранении духовных и культурных ценностей. Во всех новых городах одновременно со строительством крепостей (острогов), а иногда и опережая их, возводились церкви, которые в ту пору служили центрами духовной жизни и являлись оборонительными сооружениями, а нередко, в первоначальный период становления города, превращались в центр сосредоточения управленческих органов.

С приходом капитализма в Европу и появлением первых промышленных объектов населенные пункты стали располагаться рядом с ними, в пешеходной доступности. Проблемы экологии тогда еще не существовали. Таким же образом стали образовываться и первые советские города.

Выбранная для строительства Кузнецкого металлургического комбината (КМК) площадка была крупнейшей и ближайшей к железорудным месторождениям. Важнейшими элементами территории города являлись долины реки Томь и впадающих в нее рек Кондомы и Абы. В 1929 – 1930 гг. на так называемой Гор-

* В статье использованы архивные материалы: Генпланы городов Новокузнецк (1948 г.) и Прокопьевск (1965 г.).

буновской площадке началось строительство металлургического завода, заложена первая домна [2]. В архивных материалах можно прочесть: «Площадка, выбранная для строительства КМК и города, оставалась ближайшей к железорудным месторождениям после выхода из узких долин Горной Шории на относительно ровную поверхность Кузнецкой котловины. Однако при строительстве Новокузнецка выявились и крупные недостатки этой территории. Значительную часть левобережья занимали заболоченные и затопляемые территории, на правом берегу Томи большая часть района оказалась занятой угленосными территориями, в силу чего строительство Новокузнецка с начала проектных работ и при дальнейшей застройке столкнулось с большими трудностями, которые увеличивались по мере роста города» [см. архивные материалы г. Новокузнецка: НФ ГАКОФ-Р-143, Опись 1. Дело 1. Лист 17].

При подготовке и строительстве металлургического завода, первоначально рассчитанного на небольшую мощность с количеством работающих порядка 5 тысяч человек, заложен был рабочий поселок на 19 тысяч жителей. Но после закладки первой очереди завода стало ясно, что поселок находится на подветренной стороне и в зоне задымления. Тогда и встал вопрос о строительстве не рабочего поселка, а города. К сожалению, для этого имелась только одна площадка – возле когда-то полноводной реки Томь с заболоченными берегами.

В 20-х – начале 30-х гг. XX в. вышел ряд постановлений, касающихся статуса г. Новокузнецка. Постановлением ВЦИК от 7 января 1929 г. Сад-город отнесен к категории рабочего поселка, который постановлением ВЦИК от 20 марта 1931 г. был преобразован в г. Новокузнецк; затем Постановлением ВЦИК от 2 марта 1932 г. город Кузнецк объединен с городом Ново-Кузнецк [см. Генплан г. Новокузнецка, 1948 г., Лист 12 – 13]. «В 1930 – 1936 гг. одновременно, но без взаимной увязки выполнялись генплан Новокузнецка как самостоятельного города и предварительная схема организации территории Кузнецкого промышленного района Западно-Сибирского края. При некотором схематизме генерального плана Новокузнецка в нем предусматривалось функциональное зонирование территорий, среди которых значительную площадь занимали непригодные для застройки участки, предназначенные частично для зеленых зон различного назначения. Так, из общего баланса городской территории в 6400 га 3000 га занимали зеленая зона и неудобные зоны и лишь 945 га – селительная часть. В структуре города были выде-

лены два компактных селительных района, различные по ландшафтным условиям и разделенные железнодорожной веткой. Противоречивость планировки северного района объяснялась тем, что она вобрала в себя элементы радиальной и прямоугольной схем предшествующих проектных решений. При этом в планировке появились две системы лучевых магистралей – первая с центром схода у КМК и вторая, сфокусированная в зоне вокзала, получившая впоследствии основное развитие. Планировка южного нагорного района имела более свободное начертание, продиктованное рельефом. В силу заболоченности прибрежных территорий генпланом не предусматривалась пространственная связь города с Томью, и основным композиционным стержнем являлась одна из лучевых магистралей, связывающая вокзал с предзаводской площадью КМК» [материалы генплана Новокузнецка].

Согласно генплану Новокузнецка 1948 г., схемой районной планировки всего Кузнецкого промышленного района были охвачены левобережные территории в зоне Новокузнецка и на правом берегу – Антоновская площадка, Старокузнецк и район Феськи. Общее проектное население принималось в 637,8 тыс. человек, что примерно соответствовало радиусу и населению современного Новокузнецка. Соцгород – основной массив Новокузнецка – рассматривался как административный и культурный центр всей группы населенных мест. Функционально-планировочная организация района исходила из комплексного развития крупных металлургических и машиностроительных предприятий. Машиностроительный профиль большинства предприятий и ландшафтная ситуация территорий Кузнецкой и Антоновской площадок продиктовали линейно-полосовую форму планировочной структуры вдоль реки Томь. Однако в процессе освоения южного Кузбасса был значительно изменен промышленный профиль района с преимущественным размещением новых металлургических заводов на месте ранее проектируемых машиностроительных предприятий, что нарушило первоначальную концепцию расселения и привело к возникновению чрезвычайно сложной в планировочном и санитарно-гигиеническом отношении промышленной агломерации.

Таким образом, корректировка существующего генплана и разработка новых схем планировки и застройки были необходимы.

Не соблюдение принципов Витрувия просматривается и в истории строительства других кузбасских городов, например г. Прокопьевска.

евска (см. генплан 1965 г.). В 1917 г. в районе Прокопьевска производилась кустарная разработка угля, его добыча началась в 1918 г., когда к городу подошла железнодорожная ветка из Кольчугино. До этого на территории города существовали небольшие села (Прокопьевское и Усяты), возникшие в XVIII в. и впоследствии поглощенные городской застройкой. По данным работы [3] население Прокопьевска, составлявшее около 2,2 тыс. человек в 1920 г., в 1939 г. превысило 107 тыс. человек. До 1928 г. в Прокопьевске не было ни одного каменного дома. Проживало тогда 75 тыс. человек. На руднике работала сотня шахтеров, и двое или трое из них построили халупы, большинство же разместились в крестьянских избах села Прокопьевского [см. Генплан г. Прокопьевска, 1965. Лист 225]. Затем с окрестных мелких приисков и рудников начали перевозить бараки. Несколько домов в разобранном виде были доставлены из Кузнецка и Томска, несколько срубов были изготовлены в тайге и гужевым транспортом переброшены в Прокопьевск. Когда в окрестностях не осталось ни одного пустующего дома и ни одного сруба, которые можно было бы перевезти в Прокопьевск, люди стали строить землянки. Строились землянки «самосильно». Приехавший в Прокопьевск на работу (чаще всего это был крестьянин) выбирал местечко на склоне какого-нибудь оврага и начинал пробивать углубление в пологой стенке. Дерн складывали штабелями, а землей выравнивали площадку будущего дома. Потом начинались заготовки дерева: привозили доски, обрезки бревен, плахи. Вкопав в землю 4 столба, их соединяли перекладинами. На доски складывали дерн. Пустоты между боковыми досками и щеками горы заполняли землей. Через несколько дней можно было переселяться в свой «дом». Так возникли целые улицы землянок, которые назывались именами классиков. Были улицы Пушкина, Лермонтова, Толстого. И были нахаловки (Большая, Малая, Нижняя и Верхняя), которые строили в самых разных местах, без каких-либо согласований; в результате таких застроек Прокопьевск оказался опоясанным земляным кольцом. Западно-краевой отдел коммунального хозяйства сохранил следующие сведения об этом времени: «Старая часть Прокопьевска, бывшее село Прокопьевское, не имеет никаких предприятий и учреждений общественного пользования. В рудничном поселке имеются принадлежащие Рудоуправлению водопровод, баня, электростанция, «дом холостых» (частично выполняющий функцию гостиницы). Улицы во время дождей представляют собой непролазную

грязь, в сухую погоду покрыты слоем пыли, тротуаров нет, ночного освещения тоже. Мусор валяется на улицах». Таким образом, в результате стихийной застройки, если это вообще можно назвать застройкой, рос и развивался новый город. И не о каких принципах градостроительства речь не велась.

С 1924 г. началось усиленное строительство барачных, двух- и четырех квартирных домов, которые и образовали главные улицы сегодняшнего Прокопьевска – Фасадную, Артемовскую, Комсомольскую.

С 1928 г. население начало быстро увеличиваться. В 1931 г. оно выросло до 50 тыс. человек. За три года население утроилось. С 1928 г. Прокопьевск стал строиться усиленными темпами, но никакое строительство не могло угнаться за невероятным ростом населения.

В 1934 г. была сделана попытка освоения для жилищного строительства безугольных территорий плоскогорья Тырган, однако в силу удаленности района от большинства действующих предприятий и при недостаточной развитости городского транспорта, недостаточных темпах жилищного строительства плановая застройка этого участка, намечавшаяся преимущественно капитальными зданиями, вскоре прекратилась. Вокруг проектных границ застройки Тыргана развернулась стихийная застройка поселкового типа».

Нужно заметить, что Прокопьевск страдал не только от дефицита жилплощади, но еще и от дефицита питьевой воды. И здесь не лишне вспомнить слова Витрувия, который особое внимание уделял воде и описывал правила выбора источников: «Предварительные испытания и проверку источников надо производить так: если источники текут открыто, то, прежде чем проводить из них воду, надо посмотреть и исследовать, каково телосложение у населения, живущего в окрестности данных источников. И если оно обладает телесным здоровьем, хорошим цветом лица, неизуродованными голеньями и негноящимися глазами, то источники будут совершенно доброкачественными. Также если будет вырыт новый источник и вода его при ополаскивании ею коринфского или другого сосуда, сделанного из хорошей меди, не оставляет пятен, она будет превосходной. Также если эту воду вскипятить в медном котле, и затем дать ей отстояться и слить ее, и на дне котла не окажется ни песка, ни ила, такая вода тоже будет доброкачественна».

Из архивных материалов: «Для населенного пункта, где промышленность и население растут, а воды не хватает, необходимо было срочно решать эту проблему. Прокопьевск имел

только один естественный водоем – р. Абу, но она была настолько мала и грязна, что говорить о ней как об источнике воды не приходилось. Население получало воду из колодцев. В 1928 г., когда началось строительство шахт-гигантов и уголь стали вырабатывать по вертикали, уровень подземных вод понизился, и колодцы обмелели. Для города с пятидесяти-тысячным населением этого количества воды было недостаточно. Вода стала цениться так же дорого, как она ценится в пустыне. Воду приходилось возить цистернами из Сталинска (ныне Новокузнецк). Распределением ее занималась специальная «водяная тройка». Чем больше разрастался город, тем сильнее чувствовалась нехватка воды. Обследование плоскогорья Тырган и других окрестностей города привело строителей к безотрадному выводу: местные ручейки и речушки не могли обеспечить город питьевой водой. Летом 1930 г. началось строительство водопровода». Трубы нужно было уложить от реки Томь, расположенной в тридцати семи верстах от Прокопьевска. Строительство водопровода велось почти два года. С пуском водопровода горсовет сумел построить 48 водонапорных бudoк, и душевое потребление воды сразу увеличилось. Но проблемы с водой в городе существовали еще долгое время. Все выше сказанное говорит о несоблюдении принципов Витрувия.

Но есть и еще одна проблема, которая остается актуальной и по сегодняшний день. Поскольку Прокопьевск весь «стоит на угле», было необходимо найти новые площадки для будущего роста города. Эти поиски начались, как было уже сказано, еще в 1929 г. Выяснилось [см. Генплан г. Прокопьевска, 1965 г.], что единственной, пригодной для этой цели территорией является плоскогорье Тырган, расположенного в 5 км от теперешнего Прокопьевска. В переводе с шорского Тырган – «Гора ветров». Действительно, ветра в этом месте города дуют всегда, хотя ленинградская архитектурно-

планировочная организация предлагала развивать город в другом климатически более пригодном направлении – районе современной трассы Кемерово – Новокузнецк.

Похожая ситуация обстоит и с Ильинским районом г. Новокузнецка, который находится в 20 км от центра города и также обдуваем всеми ветрами. Люди, получившие жилье в столь неблагоприятных районах, постоянно от этого испытывают дискомфорт.

При всех положительных аспектах следует еще и еще раз задуматься над принципами, которые заложил Витрувий: при постройке города надо соблюдать правила; прежде всего, надо выбирать наиболее здоровую местность; она должна быть возвышенной, не туманной, не морозной и обращенной не к знойным и холодным, а к умеренным странам света, а, кроме того, надо избегать соседства болот.

Выводы. Тысячелетняя история цивилизации свидетельствует и постоянно напоминает о необходимости глубоко изучать природу для того, чтобы понять и определить место человека в ней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В и т р у в и й. Десять книг об архитектуре / Пер. Ф.А. Петровского. – М.: Изд-во Всесоюзной Академии архитектуры, МСМXXXVI. С. 28 – 30.
2. История Кузнецкого металлургического комбината им. В.И. Ленина. – М.: Металлургия, 1973. С. 65.
3. Г л о т о в Г.А., П е р ц и к Е.Н. Будущее городов Кузбасса. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1972. С. 89.
4. Строим Кузбасс. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1984. С. 93.

© 2013 г. Е.Б. Каймашикова
Поступила 9 ноября 2012 г.

РЕФЕРАТЫ

УДК 669.04:53.097:539.376:539.388

Диаграммы структур, формирующихся в рельсовой стали после электронно-пучковой обработки / Гришунин В.А., Юрьев А.Б. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 3.

Методами просвечивающей электронной микроскопии выполнены исследования структуры и фазового состава рельсовой стали, подвергнутой облучению электронными пучками с плотностью энергии 10 – 30 Дж/см². Установлен градиентный характер структур, формирующихся на расстоянии до 100 мкм от поверхности облучения. Ил. 1. Библ. 10.

Ключевые слова: просвечивающая электронная микроскопия, рельсовая сталь, структура.

Diagrams of the structures forming in the rail steel after the electron-beam processing / Grishunin V.A., Yuryev A.B. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 3.

The researches of the structure and phase composition of rail steel, subjected to irradiation by electron beams with the energy density of 10 – 30 j/cm² are executed by the methods of transmission electron microscopy. The gradient nature of the structures was determined, emerging at a distance of up to 100 mm from the surface of the exposure. Fig. 1. Ref. 10.

Keywords: transmission electronic microscopy, rail steel, structure.

УДК 621.791.92.001.4

Методика исследований и образец из наплавленного металла для испытаний на установках тепловой микроскопии / Малущин Н.Н. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 6.

Предложена методика исследований и конструкция сварного образца для изучения свойств наплавленного металла на установках тепловой микроскопии. Ил. 2. Библ. 3.

Ключевые слова: наплавленный металл, свойства, установка тепловой микроскопии.

Research methodology and sample of the deposited metal for testing of the facilities of thermal microscopy / Malushin N.N. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 6.

The research proposes the methods of research and design of a welded sample for the investigation of properties of deposited metal at the facilities of thermal microscopy. Fig. 2. Ref. 3.

Keywords: weld metal, properties, installation of thermal microscopy.

УДК 669.017:539.213

Двухфазная модель течения материалов при пластической деформации / Сарычев В.Д., Невский С.А., Громов В.Е. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 8.

Предложена модель пластической деформации на основе двухфазной модели гетерогенной среды в приближении фильтрационного подхода. Найдены величины скорости движения волны и ширины «ударного перехода». Библ. 7.

Ключевые слова: пластическая микроскопия, гетерогенная среда, скорость движения волны.

The two-phase model of current of the materials in plastic deformation / Sarychev V.D., Nevsky S.A., Gromov V.E. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 8.

It is proposed the model of plastic deformation on the basis of the two-phase model of a heterogeneous environment in the approximation of filtration approach. Found the velocity of the waves and the width of the “shock of transition”. Ref. 7.

Keywords: plastic microscopy, heterogeneous environment, velocity of the wave.

УДК 622.257

Применение станков подземного направленного бурения скважин для извлечений метана и борьбы с самовозгоранием угля при разработке мощных угольных пластов / Коряга М.Г. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 12.

Предлагается схема дегазации и борьбы с самовозгоранием угля при разработке мощных угольных пластов. Схема основывается на применении технологии направленного бурения в шахтных условиях. Основной идеей является расположение многофункциональной скважины, пробуренной по изгибающейся траектории в нижний (второй) слой отработки мощного угольного пласта. Это позволит поэтапно использовать скважину для дегазации и последующей профилактики самовозгорания угля посредством закачки азота в выработанное пространство первого слоя через трещины разгрузки. Ил. 1. Библ. 7.

Ключевые слова: шахта, направленное бурение, многофункциональная скважина, дегазация, профилактика самовозгорания угля.

The use of underground directional drilling wells machines for extracting methane and controlling spontaneous combustion of coal in the development of powerful coalseams / Korayga M.G. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 12.

The author proposes the scheme of degassing and control spontaneous combustion of coal in the development of powerful coal seams. The scheme is based on the use of directional drilling technology in mines. The main idea is the location of multifunctional well drilled to a curving path to the lower (second) layer of the powerful mining coal seam. This will let to use gradually the well for degassing and the subsequent prevention of spontaneous combustion of coal by means of nitrogen injection in waste of first layer through cracks unloading. Fig. 1 Ref. 7.

Keywords: mine, directional drilling, multifunctional well, degassing, prevention of spontaneous combustion of coal.

УДК 551.87.(571.1/5)

Динамика климата и оледенения юга Кузнецкого Алатау в позднем плейстоцене и голоцене по стратиграфическим и радиоуглеродным данным / Адаменко М.М., Гутак Я.М., Евдокимов М.Е. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 14.

Описывается первый разрез голоценовых отложений в границах оледенения Тигертышского горного узла (южная часть Кузнецкого Алатау), содержащий слои торфяника, датированных радиоуглеродным анализом. На основании данных стратиграфического описания и первых абсолютных датировок, а также произведенных ранее геоморфологических исследований производится реконструкция изменения климата и деградации ледников Кузнецкого Алатау в позднем плейстоцене – голоцене. Ил. 3. Библ. 9.

Ключевые слова: климат, оледенение, Кузнецкий Алатау, исследование, слои торфяника.

Dynamics of climate and glaciation of the south of Kuznetsk Alatau in the late Pleistocene and the Holocene according to stratigraphic and radio-carbon data summary / Adamenko M.M., Gutak Ja.M., Evdokimov M.E. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 14.

In the article the first section of the Holocene deposits in borders of glaciation of the Tigertyshsky plexus of mountains (the southern part of Kuznetsk Alatau), containing layers of peat, dated by radio-carbon analysis is described. On the basis of given stratigraphic description and the first absolute dating, and geomorphologic research made earlier, reconstruction of climate change and degradation of Kuznetsk Alatau glaciers in the late Pleistocene - Holocene is made. Fig. 1 Ref. 7.

Keywords: climate, glaciation, Kuznetsk Alatau, study, layers of peat.

УДК 621.01

Основания к изучению плоских шарнирных кинематических цепей / Дворников Л.Т., Гудимова Л.Н. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 20.

Проведен анализ четырех видов плоских шарнирных кинематических цепей, таких как: цепи Грюблера, группы Ассура, «фермы» Баранова и механизмы в их ретроспекции и в современном понимании. Рассмотрен новый метод для поиска любых плоских стержневых кинематических цепей, в основе которого

лежит универсальная структурная система. Приведены примеры синтеза рассмотренных кинематических цепей по предлагаемой методике. Ил. 3. Табл. 1. Библ. 7.

Ключевые слова: плоские шарнирные кинематические цепи, структурная система.

Grounds for the study of the flat hinged kinematic chains / Dvornikov L.T., Gudimova L.N. // The Bulletin of SibSIU . – 2013. – № 1 (3). – P. 20.

The authors describe the results of the analysis of the four types of flat hinged kinematic chains, such as: chain Grübler, a group of Assyrians, «farm» Baranov and mechanisms in their flashbacks and in the modern sense. The new method to search for any flat shank kinematic chains is considered. There is the universal structural system in its core. The synthesis of the considered kinematic chains on the proposed methodology is exemplified. Fig. 3. Table. 1. Ref. 7.

Keywords: flat jointed kinematic chain, structural system.

УДК 620.193.4/5

Газовая коррозия титана в тетрахлориде углерода / Горюшкин В.Ф., Бендре Ю.В., Тонкушин Я.В., Соскова Н.А., Будовских Е.А. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 25.

Изучена газовая коррозия технически чистого титана марки VT1-0 (химически охарактеризованные образцы) в потоке тетрахлорида углерода в интервале температур 573 – 773 К. Ил. 2. Табл. 2. Библ. 5.

Ключевые слова: газовая коррозия, технически чистый титан VT1-0, тетрахлорид углерода, механизм коррозии, массовый показатель коррозии, кажущаяся энергия активации.

Gaseous corrosion of titanium in carbon tetrachloride / Goryushkin V.F., Bendre U.V., Tonkushin I.V., Soskova N.A., Budovsky E.A. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 25.

Gaseous corrosion technically pure titanium VT1-0 (chemical characterized samples) in the flow of CCl₄ in temperature interval 573 – 723 K is studied. Fig. 2. Table 2. Ref. 5.

Keywords: gaseous corrosion, technically pure titanium VT1-0, carbon tetrachloride, mechanism of corrosion, mass index of gaseous corrosion, effective energy of activation.

УДК 72.025.4 (571.17): 504.03

Социально-экологические аспекты формирования архитектурного пространства при реновации урбанизированных территорий (на примере Кемеровской области) / Благиных Е.А., Теньков А.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1(3). – С. 29.

Поднимается и исследуется проблема архитектурной реорганизации заброшенных, деградирующих территорий промышленных площадок городов и сельских поселений, в том числе с учетом экологических и социальных критериев. Ил. 2.

Ключевые слова: архитектурное пространство, реновация, экологические и социальные критерии.

Social and ecological aspects of architectural environment formation in renovation of urban territories (in Kemerovo region) / Blaginykh E.A., Tenkov A.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 29.

The problem of architectural reorganization of degraded industrial territories and country settlements, concerning the ecological and social criteria are studied. Fig. 2.

Keywords: architectural area, renovation, ecological and social criteria.

УДК 669.004.8

Исследование механохимического синтеза как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов / Луханин М.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1(3). – С. 32.

В качестве способа получения однофазного нанодисперсного муллита может быть предложена твердофазная обменная реакция хлорида алюминия с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия,

протекающая при механической активации. Формирование структуры муллита происходит при последующей термической обработке. Проведено сравнение с известным методом получения муллита с применением механической активации смесей гидроксидов (оксидов) алюминия и силикагеля. Ил. 3. Табл. 1. Библ. 18.

Ключевые слова: твердофазная обменная реакция, механохимический синтез, муллит, нанодисперсные частицы.

Study mechanochemical synthesis as a method of obtaining nanodispersed particles of complex oxides / Lukhanin M.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 32.

As a method of obtaining a single-phase nanosized mullite may be offered solid-exchange reaction of aluminum chloride with sodium silicate khat in presence of sodium hydroxide, which runs the mechanical activation. Formation of the structure of mullite occurs during subsequent heat treatment. The comparison with the known method of obtaining a mullite using mechanical activation of mixtures of hydroxides (oxides) of aluminum and silica gel. Table. 1. Fig. 3. Ref. 18.

Keywords: solid-exchange reaction, mechanochemical synthesis, mullite, nanopowder particles.

УДК 504.064.4

Концепция управления системой утилизации отходов и создания рекреационных зон в угледобывающих регионах / Шорохова А.В. // Вестник СибГИУ – 2013. – № 1 (3). – С. 38.

Рассмотрено влияние отходов угольной промышленности на экологическую, экономическую и социальную сферы. Предложена концепция управления системой утилизации отходов и создания рекреационных зон, эксплуатация которых обеспечивает улучшение качества жизни населения. Библ. 4.

Ключевые слова: управление, утилизация, отходы, рекреационная зона.

The concept of management of the system of waste disposal and the establishment of recreation zones in coal mining regions / Shorohova A.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 38.

Influence of the coal industry on ecological, economic and social spheres is considered. The concept of management is offered by system of recycling and creation of the recreational zones which operation provides improvement of quality of life of the population. Ref. 4.

Keywords: management, recycling, waste, recreation zone.

УДК 622.271.3:581.5

Особенности функционирования травяных экосистем в условиях техногенеза (на примере Кузбасса) / Беланов И.П., Шипилова А.М. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 40.

Исследованы особенности функционирования естественных травяных экосистем в условиях техногенеза. Выявлены особенности пространственного распределения экогрупп и эколого-фитоценологических типов растительных сообществ относительно отвалов вскрышных и вмещающих пород. Проведен сравнительный анализ продуктивности и определена закономерность в накоплении подземной и надземной растительной биомассы. Табл. 1. Библ. 13.

Ключевые слова: естественные травяные экосистемы, техногенез, растительность, отвалы пород.

Features functioning of grass ecosystems in technogenesis conditions (on the example of Kuzbass) / Belanov I.P., Shipilova A.M. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 40.

Features functioning of natural grassy ecosystems are investigated in technogenesis conditions. Features spatial distribution of ecogroups and environmental phytocenotic types of vegetative communities are revealed concerning dumps of overburden and host rock. The comparative analysis of productivity is carried out and regularity in accumulation of underground and aboveground vegetable biomass is defined. Table. 1. Ref. 13.

Keywords: natural grassy ecosystem, technogenes, vegetable, dumps.

УДК 338.5:336.71

Ценообразование и продуктовый маркетинг в коммерческих банках / Бодров А.А., Сенкус В.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 45.

Освещаются проблемы определения себестоимости банковских продуктов и услуг коммерческих банков в современных рыночных условиях. Раскрывается сущность и роль стоимостного анализа при определении себестоимости банковских услуг. Проводится анализ учета расходов банка, позволяющий наиболее точно определить себестоимость этих услуг. Ил. 3. Библ. 4.

Ключевые слова: ценообразование, маркетинг, себестоимость банковских продуктов, рыночные условия.

Pricing and grocery marketing in commercial banks / Bodrov A.A., Senkus V.V. // The Bulletin of SibSIU (Siberian state industrial university). – 2013. – № 1 (3). – P. 45.

Problems of determination of prime cost of banking products and services of commercial banks in modern market conditions are covered. The essence and role of the cost analysis reveals at determination of prime cost of banking services. The analysis of the accounting of expenses of the bank, allowing most precisely to define cost of these services is carried out. Illustrations 3. Bibliography 4.

Keywords: pricing, marketing, cost price of banking products, market conditions.

УДК 364 (075.8)

Управление затратами – реальный путь роста прибыли / Быстров В.А., Дьяков П.К., Уманец А.Г. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 53.

Рассмотрены проблемы управления затратами с установлением четкой взаимосвязи между избранной предприятием стратегией конкуренции и влиянием разработанной методики на себестоимость товарной продукции и прибыль предприятия. В области принятия решений используются только те методы управления, которые полнее всех соответствуют данной конкретной ситуации снижения издержек производства и повышения качества продукции, способствующих повышению прибыли предприятия. Ил. 1. Библ. 3.

Ключевые слова: управление затратами, прибыль, снижение издержек производства.

Management of costs – a real way of growth of profit / Bistrov V.A, Dyakov P.K, Umanets A.G. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 53.

Problems of management by costs with an establishment of accurate interrelation between the competitive strategy selected the enterprise and influence of the developed technique on the cost value of a commodity output and enterprise profit are considered. In the field of decision-making those management methods which was most completely correspond to the given concrete situation of decrease in production costs and improvement of quality of goods, promoting increase of profit of the enterprise are used only. Fig. 1. Ref. 3.

Keywords: management of cost, profit, decrease in production costs.

УДК 622.6

Применение принципа возможных перемещений к решению технических задач / Михайленко Н.И., Живаго Э.Я. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 58.

Механическая система с реальной связью исследуется на примере качения абсолютно твердого тела по шероховатой поверхности без скольжения (лебедка грузоподъемного механизма). Решается задача об определении усилия, которое требуется приложить к тормозной колодке, чтобы удержать груз в равновесии при выключенном двигателе, приняв за независимое движение возможное перемещение груза. Для решения системы с несколькими степенями свободы требуется составить столько уравнений, сколько система имеет степеней свободы. Исследование такой системы рассматривается на примере грузоподъемного механизма с двумя степенями свободы (двумя барабанами, приводящимися в движения независимыми двигателями). Приводится решение задачи двумя способами. Моменты сил, действующие на каждый из барабанов грузоподъемного механизма, определенные разными методами, получаются одинаковыми. Ил. 2. Библ. 3.

Ключевые слова: механическая система, усилие, грузоподъемный механизм, движение, двигатель.

Use of the principle of virtual displacements for solving technical problems / Mihailenko N.I., Zhivago E.Ya. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 58.

As an example of a mechanical system with a real tie is investigated an absolute solid body rolling along a rough surface without sliding (crab of a lifting mechanism). Taking a virtual displacement of the load for independent motion solved the task of finding a force applied to a brake block which is needed to balance the load while the motor is switched off. To solve a system with several degrees of freedom it is necessary to make as many equations as many degrees of freedom the system has. A lifting mechanism with two degrees of freedom (two reels driven by two independent motors) is studied as an example of such system. Given two ways of solving the task. Both ways give the same moments of forces affecting the reels. Fig. 2. Ref. 3.

Keywords: mechanical system, force, lifting mechanism, movement, motor

УДК 69.05:624.05

История застройки южно-кузбасских городов – Кузнецка и Прокопьевска в контексте принципов Витрувия / Каймашникова Е.Б. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1 (3). – С. 64.

На примере застройки городов Новокузнецка и Прокопьевска показано, что при строительстве города необходимо учитывать принципы Витрувия: при постройке города надо соблюдать правила; прежде всего, надо выбирать наиболее здоровую местность; она должна быть возвышенной, не туманной, не морозной и обращенной не к знойным и холодным, а к умеренным странам света, а, кроме того, надо избегать соседства болот. Тысячелетняя история цивилизации свидетельствует и постоянно напоминает о необходимости глубоко изучать природу для того, чтобы понять и определить место человека в ней. Библ. 4.

Ключевые слова: застройка городов, местность, природа, принципы Витрувия.

The history of the development of the Southern Kuzbass cities - Kuznetsk and Prokopyevsk in the context of the principles of Vitruvius / Kaymashnikova Ye.B. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 1 (3). – P. 64.

On the example of the development of such cities as Novokuznetsk and Prokopyevsk is shown that during the construction of the city it is important to take into account the principles of Vitruvius: when building a new town it is necessary to observe the rules; first of all, it is necessary to choose the most healthy locality; it should be elevated, not vague, neither cold nor facing to the hot and cold, but moderate parts of the world, and, in addition, we should avoid the neighbourhood of the swamp. The thousand years of the history of civilization shows and constantly reminds the necessity to deeply study the nature in order to understand and define the place of a person in it. Ref. 4.

Keywords: construction of cities, countryside, nature, principles of Vitruvius.

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 несложного рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи направлять главному редактору по адресу: ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, г. Новокузнецк, Кемеровской обл., ул. Кирова, 42.