

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

* 1 (30)
2008

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

Журнал Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген (тіркеу куәлігі № 1351-ж 04.07.2000 ж.)

МЕНШІК ИЕСІ

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті» Республикалық мемлекеттік қазыналық кәсіпорны (Қарағанды қаласы)

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан (регистрационное свидетельство № 1351-ж от 04.07.2000 г.)

СОБСТВЕННИК

Республиканское государственное казенное предприятие «Карагандинский государственный технический университет» Министерства образования и науки Республики Казахстан (г. Караганда)

Главный редактор

А.М. Газалиев

ректор, академик НАН РК, д-р хим. наук, профессор

Редакционный совет

Газалиев А.М.	<i>ректор, академик НАН РК, д-р хим. наук, проф. (председатель)</i>
Низаметдинов Ф.К.	<i>проректор по научной работе и международным связям, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя)</i>
Акимбеков А.К.	<i>профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, д-р техн. наук</i>
Ахметжанов Б.А.	<i>зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.</i>
Байджанов Д.О.	<i>декан инженерно-строительного факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Бакиров Ж.Б.	<i>зав. кафедрой механики, д-р техн. наук, проф.</i>
Брейдо И.В.	<i>зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Ермолов П.В.	<i>зав. лабораторией ИПКОН, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук, проф.</i>
Жумасултанов А.Ж.	<i>профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук</i>
Исагулов А.З.	<i>первый проректор, академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.</i>
Климов Ю.И.	<i>зав. кафедрой горных машин и оборудования, академик МАИН, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Колесникова Л.И.	<i>зав. кафедрой экономической теории, канд. экон. наук, доц.</i>
Малыбаев С.К.	<i>зав. кафедрой промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.</i>
Нургужин М.Р.	<i>зам. председателя правления АО «Национальный научно-технологический холдинг «Самгау»», академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.</i>
Пак Ю.Н.	<i>проректор по учебно-методической работе, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф. (ответственный за выпуск)</i>
Пивень Г.Г.	<i>почетный ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Портнов В.С.	<i>проректор по учебной работе, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Смирнов Ю.М.	<i>зав. кафедрой физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Тутанов С.К.	<i>зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Фешин Б.Н.	<i>декан электромеханического факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)</i>
Хамимолда Б.Ж.	<i>профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, чл.-кор. АМР РК, д-р техн. наук</i>
Швоев В.Ф.	<i>зав. кафедрой технологии машиностроения, канд. техн. наук, доц.</i>
Яворский В.В.	<i>директор Центра электронных технологий обучения, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ВЫСШАЯ ШКОЛА	5
ЛЕОНОВ В.В. Совершенствование автоматизированных систем тестирования	5
БРЕЙДО И.В., ФЕДОРАШКО И.Н., ДАЙЧ Л.И., ФЕДОРАШКО Ю.И. Тестовый контроль знаний обучающихся на основе кроссворда	8
ИЛЬКУН В.И., СИТКИН М.И. Анализ и оптимизация внутрипредметных связей в курсе «Детали машин» («Основы конструирования деталей машин»)	11
РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	15
ДЮСЕМБАЕВА С.Е., АШИХМИНА Т.П., АБДЫГАЛИМОВА С.Ш., СУЛЕЙМЕНОВА А.С., ДЮСЕМБАЕВА Л.Ф. Перспектива внедрения ионообменных процессов. Катионообменная экстракция. Сообщение I	15
ИСАГУЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ТОЛЕУБЕКОВА Ж.М., ПУШНИНА А.Е. Технология ввода дисперсных инокуляторов	17
НУРУМГАЛИЕВ А.Х., КИЕКБАЕВ Е.Е. Исследование кинетики совместного восстановления железа, марганца и хрома из концентратов	20
ФИГУРИНЕНЕ И.В. Влияние материала электрода на электрохимическое поведение хрома (VI)	23
ДОСПАЕВ М.М. Получение медного порошка из солянокислых растворов	25
АДЫЛХАНОВ Ж.С., ТОЛЫМБЕКОВ М.Ж., БАЙСАНОВ С.О., ЧЕКИМБАЕВ А.Ф. Совершенствование технологии выплавки ферросиликоалюминия	28
БОЯРСКИЙ В.Г., МАКЕЕВ В.Ф. Штамп для раздачи муфт рукавов высокого давления	31
АЛИКУЛОВ Д.Е., ШЕРОВ К.Т. Управление значениями припусков, снимаемых с поверхностей направляющих суппорта токарного станка HT-250И	33
КЫЗЫРОВ К.Б., ЯРЛОВ В.А. Уточнение методики расчета бесклапанных гидроударников	35
РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	37
ПУЗЕЕВА М.П., ЮРОВ В.М., ПОРТНОВ В.С. Влияние температуры и давления на теплопроводность минералов	37
ВАРЕХА Ж.П., ДЕМИН В.Ф., САРАНЧУКОВ А.В., ДЕМИН В.В. Исследования по определению несущей способности полимерно-стальной анкерной крепи	40
ИСАБЕКОВ Е.Т. О проблеме внезапных выбросов угля и газа на угольных шахтах	41
ЖАМАНБАЕВ Б.С. Мелиоративті қауіпсіз, экологиялық суару жүйесі	44
АКИМБЕКОВ А.К., ИСКАКОВ К.З. К оценке риска самовозгорания углей Карагандинского бассейна	48
БОКАРЕВ Д. Преимущества нового способа подготовки выбросоопасных пластов	50
ЧЕРНЫШЕВА А.А. Огнетушащий состав на основе некондиционного порошка П-2АП и отсева доломитовой пыли	52
ЕФИМЕНКО С.А. Многофункциональная рентгенорадиометрическая система рудоподготовки для шахт ПО «Жезказганцветмет»	54
РАЗДЕЛ 4. ТРАНСПОРТ. СТРОИТЕЛЬСТВО	60
ЯВОРСКИЙ В.В., ВЕРХОВСКАЯ Е.П., ЮРОВ В.М. Некоторые модели транспортных потоков	60
ТАЗАБЕКОВ И.И., БАЛАБАЕВ О.Т., КОСБАРМАКОВ С.Ж. Установившийся процесс при функционировании пластинчатых конвейеров	63
БАЛҒАБЕКОВ Т.К. Қатпарлы конвейерге электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықталған тартым қондырғысын енгізгендегі есептер үшін эксперименталдық пішім құрастыру	65
СУЛЕЙМЕНОВ Т.Б. Теория и практика логистических цепей обслуживания грузов	67
ШАЙКЕЖАН А.Ш., САРСЕМБАЕВА А.О. О комплексном использовании сырьевых материалов для синтеза клинкеров белитового состава	71
ЖАНГЕЛЬДИНА П.М. Устойчивость кольцевых пластин при чистом сдвиге	73
РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭКОНОМИКА	75
КАРАСЕВ Н.И., ТОМИЛОВА Н.И. Математическая модель узловых напоров для задач поточного распределения в теплоснабжающих системах мегаполисов	75

ТЕН Т.Л. Физические измерения и их термодинамические модели	77
ХАРЬКОВСКИЙ Ю.П., ХАРЬКОВСКАЯ В.М. Экономическая эффективность использования газа метана в промышленных и бытовых целях	80
МУЛДАГАЛИЕВ З.А., КАДЫРОВ А.С., КУРМАСHEBA Б.К. Экономико-математическое моделирование установления оптимальных показателей назначения землеройных машин для строительства способом «стена в грунте»	82
НҮРҒАЛИЕВ Ө. Өнімнің бәсекелік қабілеттілігін қамтамасыз ету	84
ХРОНИКА. Личность и Время (к 80-летию Владимира Филипповича Бырьки).....	87
РЕЗЮМЕ	91
Правила оформления и представления статей	96

УДК 681.324

В.В. ЛЕОНОВ

Совершенствование автоматизированных систем тестирования

По мере информатизации общества в целом информационные технологии будут все интенсивней использоваться для контроля уровня знаний обучающихся и проникать в учебный процесс. Эта тенденция необратима по целому ряду причин, наиболее важными из которых являются:

- востребованность и необходимость интенсификации и индивидуализации процесса обучения при одновременном увеличении объема учебного материала;
- все более возрастающая важность непрерывного мониторинга учебного процесса, в том числе и той его части, которая связана с самостоятельной работой обучающихся и контролем качества их знаний;
- необходимость накопления, систематизации и постоянного совершенствования контрольного материала, позволяющего проводить качественную, адекватную и в то же время наиболее эффективную оценку текущих знаний обучающихся;
- необходимость накопления информации об индивидуальных успехах каждого обучающегося и анализа этой информации с целью корректировки «индивидуальной образовательной траектории» обучающегося.

В соответствии с этим особую актуальность приобретают научные исследования, связанные с разработкой и совершенствованием именно автоматизированных систем тестирования, способных выполнять объективный и адекватный мониторинг процесса обучения студента. Современные требования к тестам и самому тестированию регламентированы государством [1]. Вполне конкретные рекомендации, связанные с методикой составления тестовых заданий, отражены в работах [2], [3], [5], подходы к автоматизации процедуры тестирования отражены в исследованиях [4], [6], [7]. Опираясь на эту научно-методическую базу, мы попытаемся предложить свое видение проблемы создания автоматизированных систем мониторинга знаний.

Основная масса автоматизированных систем тестирования в подавляющем большинстве использует тестовые задания с закрытой формой тестового вопроса. Это связано с тем, что данная форма тестирования наиболее проста для ее компьютерной реализации, так как компьютеру можно однозначно «обозначить» правильный или правильные ответы и ограничить выбор испытуемого набором возможных альтернативных вариантов.

Таким образом, данная форма тестовых заданий никаких проблем не вызывает ни с точки зрения идентификации правильного ответа, ни с точки зрения детерминированности его выбора. Это системы с полной **определенностью** возможных действий испытуемого.

Однако несмотря на наличие достаточно эффективных и хорошо изученных методов формализации данной формы тестовых заданий с закрытыми ключами, они не в состоянии охватить всего многообразия контрольного материала, который необходим для адекватной и объективной оценки уровня знаний обучающихся.

Основная сложность и одновременно противоречивость всех задач, связанных с созданием автоматизированных систем тестирования, заключается в том, что, с одной стороны, для корректной работы таких систем необходима детерминированная (максимально определенная) постановка тестового задания, а с другой стороны — для более или менее адекватной оценки уровня знаний обучающихся необходим не столько **ассоциативный выбор** одного из предложенных альтернативных вариантов ответа, сколько умение **отвечать** на поставленный вопрос *без подсказки* в виде этих самых альтернативных вариантов. Другими словами, в процессе оценки уровня знаний важно умение **давать** определения (а не **выбирать** правильные), умение **писать** формулы (а не **выбирать** наиболее правильную из списка), умение **решать** задачи (а не

создателями таких автоматизированных систем тестирования всегда стоит дилемма, суть которой заключается в том, что для **автоматизации** процедуры тестирования нужна **определенность**, а для **корректной и объективной оценки** необходима максимальная свобода испытуемого в части формирования своих решений, не зажатая рамками альтернативных ответов тестового задания, которые в принципе могут рассматриваться как подсказка системе испытуемому.

Остановимся более подробно на некоторых формах тестовых заданий. Например, можно начать с вполне конкретной задачи — проверки формальных зависимостей (рисунок 1).

Идея данной системы тестирования заключается в предоставлении обучающемуся максимально возможной свободы выбора. На рисунке 1 показан пример записи тестируемым закона Кулона. В качестве входной информации пользователю предложен вопрос и возможные переменные, которые пользователь видит в «списке переменных». Встроенная логика данной системы позволяет пользователю не **выбирать** правильную формулу из списка альтернативных вариантов, а именно **писать** ее в соответствующих полях формы системы тестирования (поля для ввода переменных). Запись в форму той или иной переменной осуществляется абсолютно просто — путем указания — «клика», по «элементу выбора переменной». После чего соответствующая переменная отображается в «полях

Список переменных

Проверка знаний формальных зависимостей

пишите формулу расчета Закон Кулона Код формулы: 1

Группа85 Группа86 Группа86 Группа86 Группа86 Группа86 Группа86 Группа86 Группа86

Элемент выбора переменной

Поле для ввода арифм. действий и коэффициентов

Формальное описание зависимости (процесса, закона) и т.д.

Наименования переменных

Выбор смыслового значения

Выбор размерности

Вычисленное значение

Рисунок 1 — Автоматизированная система проверки знания формальных зависимостей

расположены «поля для ввода арифметических действий и коэффициентов» — в этих полях тестируемый указывает арифметические действия и, если есть необходимость, вводит коэффициенты в формулу. Таким образом *записывается* формальная зависимость, которую должен знать испытуемый. Кроме этого, из предложенного ниже списка испытуемый должен выбрать смысловое значение каждой из использованных им в формуле переменных. Отметим, что именно после выбора смыслового значения каждой из выбранных переменных системой проводится их идентификация и значение переменной, заложенное в базе переменных, вносится в соответствующее технологическое поле — поля 59, 60, 61 и т.д. Под технологическими полями в контексте данной статьи понимаются те поля, которые в реальном тестировании не видны пользователю, но «открыты» на рисунке для иллюстрации логики работы программы.

Кроме этого, испытуемому предлагается выбрать размерность переменных, участвующих в написании формальной зависимости. Следует отметить, что все ответы пользователя фиксируются в соответствующих технологических полях. Например, размерность переменных фиксируется в технологических полях 80, 81, 82 . . . , а наименования переменных хранятся в технологических полях 100, 101, 102 Контрольные значения, по которым проводится проверка правильности формальной зависимости, также хранятся в соответствующих технологических полях (90, 91, 92 . . . ; 70, 71, 72 . . .).

После того как тестируемый определился с формальной зависимостью, он фиксирует ее командой «внести формулу на проверку». После получения этой команды система «вычисляет» формальную зависимость (в рамках предлагаемой вашему вниманию автоматизированной системы реализован примитивный транслятор, который вычисляет значения формулы) и заносит результат вычисления в технологическое поле «вычисляемое значение». Именно это значение сравнивается с контрольным и определяется правильность формальной зависимости.

Таким образом, данная автоматизированная система тестирования позволяет достаточно адекватно оценить знание тестируемого по нескольким «контрольным точкам».

1. Значение вычисленной формальной зависимости — позволяет системе однозначно определить ее правильность.

2. Значение наименований переменных — позволяет системе однозначно определить знание тестируемым смысловой нагрузки на каждую переменную, т.е. тестируемый не может просто заучить формулу, для ее правильного воспроизведения он должен понимать «физический смысл» каждой переменной.

3. Значение размерности переменных — позволяет системе однозначно определить знание размерности используемых в формуле переменных.

Все изложенное выше свидетельствует о достаточно надежной системе оценок, по которым определяется уровень знаний тестируемого, кроме того, три уровня индикации контроля формальных зависимостей позволяют говорить об адекватности тестовой оценки.

Наиболее важным недостатком фрагмента проверки знаний формальных зависимостей представленной к рассмотрению автоматизированной системы тестирования является «*строковое*» представление формальной зависимости в разделе «Формальное описание зависимости (процесса, закона и т.д.)». Такое представление является несколько непривычным с математической точки зрения. В настоящее время разрабатывается встроенный в систему тестирования редактор формул, наподобие MS EQUATION, который позволит представлять зависимость в привычном математическом виде.

В ракурсе рассматриваемых в данной статье вопросов автоматизированного тестового контроля знаний хотелось бы коротко остановиться на проверке определений. Определения, безусловно, занимают особую по своей значимости область знаний обучающихся. Именно определения формируют тот специфический категориальный аппарат любой области знаний, на котором в дальнейшем выстраивается вся логика изложения изучаемой дисциплины. Существующая практика программной реализации подобного тестового контроля уровня знаний обучающихся в большинстве случаев базируется на выборе одного или нескольких правильных вариантов определений, предлагаемых к рассмотрению в процессе тестирования. Это не позволяет в полной мере дать объективную оценку знания обучающихся. Дело в том, что испытуемый зачастую просто ассоциативно запоминает правильный вариант ответа.

Попытаемся предложить один из вариантов реализации данного фрагмента автоматизированной системы тестирования, в какой-то мере устраняющий приведенный выше недостаток за счет применения некоторой модификации фасетной формы тестового задания. Основная идея такого подхода заключается в том, что определение (или определения) разбивается на несколько частей (рисунок 2), каждая из которых представлена к рассмотрению в качестве возможного выбора *части* правильного определения. В приведенном для иллюстрации примере определение разбито на семь частей и для формирования всего определения в целом необходимо обозначить (указать) системе тестирования правильные фрагменты — на рисунке 2 они выделены. После их указания пользователь активизирует команду сборки определения и оно проверяется на соответствие эталонному, заложенному в тестовую систему для идентификации правильного ответа. Таким образом,

данное решение в какой-то мере устраняет недостаток, связанный с ассоциативным указанием правильного ответа. Предложенный фрагмент системы позволяет говорить о более качественной и адекватной проверке знаний обучающихся за счет того, что тестируемый фактически *дает определение* системе тестирования. Для усиления защищенности

тестового материала и улучшения качества контроля возможно *случайное расположение* альтернативных фрагментов ответа в соответствующих полях.

Основным недостатком такого подхода является сложность формирования качественного тестового материала.

Рисунок 2 — Автоматизированная система проверки знания определений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Контроль и оценка знаний в высших учебных заведениях. Основные положения. ГОСО РК 5.03.006-2006. Астана: Министерство образования и науки РК, 2006.
2. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий: Учебная книга. 3 изд., доп. М.: Центр тестирования, 2002.
3. Нургузин М.Р., Портнов В.С., Смолькин А.А., Исагулов А.З. Методические рекомендации по разработке тестовых заданий и проведению тестирования. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2002. 29 с.
4. Клайн П. Справочное руководство по конструированию тестов. Киев, 1994.
5. Куклин В.Ж., Мешалкин В.И., Наводнов В.Г., Савельев Б.А. О компьютерной технологии оценки качества знаний // Высшее образование в России. М.: Изд-во МПГУ, 1993. №3.
6. Куклин В.Ж., Наводнов В.Г., Петропавловский М.В. Камертон. Технология проведения тестирования и анализа результатов. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 1995.
7. Наводнов В.Г., Петропавловский М.В., Ельцын А.В. Автоматизированное проектирование педагогических измерительных материалов. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 1997.

УДК 621.39:622.81.001.2

И.В. БРЕЙДО
И.Н. ФЕДОРАШКО
Л.И. ДАЙЧ
Ю.И. ФЕДОРАШКО

Тестовый контроль знаний обучающихся на основе кроссворда

Переход на новую систему образования привел к широкому применению тестирования для оценки уровня знаний студентов. Из всего многообразия вариантов тестов наибольшее распространение получили тесты по открытой форме, когда на один

вопрос предлагается определенное количество ответов, среди которых есть правильные. Методика составления такого рода тестов и ответов на них широко известна, поэтому они и рекомендованы стандартом менеджмента качества КарГТУ [1] как

основа для управления учебным процессом. Однако тот же стандарт упоминает как разновидность тестов и кроссворд [1, С. 19].

К сожалению кроссворды не получили применения в существующем процессе обучения из-за их репутации как средства развлечения и отсутствия соответствующих методических разработок в этой области. Между тем они обладают несомненными преимуществами перед другими видами тестов, главным из которых является возможность связать вместе несколько поставленных вопросов и возможность самопроверки ответа за счет этого. Появляется несколько уровней (ступеней) работы по изучаемой теме из-за необходимости логической связи ответов, увеличивается уверенность тестируемого в правильности сформированных решений. Необходимо также отметить, что кроссворд учит правильно писать, а значит, и запоминать технические термины, порой достаточно сложные, чем выгодно отличается от большинства тестов, где все решается «крестиком» или «галочкой».

Совершенно новое использование кроссвордов в учебном процессе возможно в новой системе образования в связи с появлением и активным использованием такого вида обучения, как самостоятельная работа студентов с преподавателем (СРСР). Он позволяет получить интерактивное свойство этих занятий путем выдачи индивидуальных заданий по составлению кроссвордов на определенные темы и подтемы, с последующим перекрестным отгадыванием студентами составленных кроссвордов. Например, при изучении темы «Транзистор» по предмету «Электроника» студентам на СРСР могут быть выданы задания на составление кроссвордов по подтемам «Биполярный транзистор», «Полевой транзистор», «IGBT — транзистор», «Однопереходный транзистор» и т.д. При этом студенту придется активно и самостоятельно работать с литературными источниками, Internet для формулировки каждого понятия и определения, а не зачитывать взятый там же готовый реферат.

Накопленная база кроссвордов позволит использовать их и для оперативной проверки знаний при текущей аттестации и при достаточном их количестве полностью исключить взаимное «списывание», что пока еще наблюдается. Незаменимыми могут стать кроссворды и для заочного, и для дистанционного обучения.

Недостатками кроссвордов являются достаточно большая трудоемкость по их составлению по типовым правилам, а также то, что понятия кодируются, как правило, только одним словом (результат ответа), что все равно лучше, чем «крестик» или «галочка».

В настоящее время существуют общепринятые правила составления развлекательных кроссвордов, широко используемые в газетных публикациях [2]. Суть этих правил в следующем:

1. Оптимальное количество слов в кроссворде — 30-40.

2. Приступая к созданию кроссворда, необходимо определиться, какого он будет характера: общего, для

которого можно подбирать самые разнообразные слова, или строго тематического.

При создании кроссворда общего типа лучше сначала придумать хороший рисунок, а затем подобрать к нему слова.

При составлении же кроссвордов по тематическому признаку лучше сначала подобрать слова, а затем, исходя из них, придумать рисунок.

3. Образцовым считается тот рисунок любого кроссворда, у которого все стороны симметричны, каждое слово имеет, как минимум, два пересечения (а вообще, чем больше, тем лучше), кроссворд не распадается на части, не связанные между собой. Для плотности кроссвордной фигуры есть определенная мерка — отношение количества пересеченных к общему количеству клеток в фигуре. Обычно это соотношение колеблется в пределах от 1:3 до 1:5.

4. При оформлении текста задания кроссворда для единообразия желательно начинать со слов по горизонтали, хотя для разгадывания кроссворда это никакого значения не имеет.

5. В кроссвордах допустимы к употреблению только имена существительные единственного числа в именительном падеже, а также те, которые имеют лишь множественное число. Никакие эмоционально окрашенные слова: уменьшительные, ласкательные, пренебрежительные и прочие — в кроссвордах неупотребимы. Не включаются в кроссворд и названия, пишущиеся через дефис.

6. Клетки кроссворда, куда должны вписываться первые буквы слов, последовательно нумеруются. Некоторые слова по горизонтали и вертикали могут идти под одним номером, если они образуют прямой угол, то есть начинаются с общей буквы.

7. Значения слов желательно давать по словарям.

Практика составления кроссвордов по указанным правилам для обеспечения учебного процесса показала, что пунктуальное выполнение указанных правил приводит к большим затратам времени у людей, не имеющих навыков составления кроссвордов, и делает эту деятельность неэффективной.

Учитывая это, на кафедре АПП КарГТУ на основе приведенных выше правил и опыта предварительной работы по данной теме разработаны и апробированы правила составления кроссвордов для учебных целей. Эти правила легли в основу следующего алгоритма составления кроссвордов, выполнение которого позволяет достаточно быстро получить нужный результат.

Алгоритм составления учебного кроссворда

1. Определить тему кроссворда.

2. Сформировать банк данных слов по теме в виде таблицы или перечня. Желательно, чтобы автор кроссворда уже на этой стадии четко представлял техническое значение каждого слова и его правописание. Количество слов должно быть в пределах 20-40. При этом непосредственно в кроссворде они будут использованы не все, так как требуется определенное сочетание букв в словах, и не каждое слово может подойти в конкретной ситуации.

3. Основная идея кроссворда заключается в том, что он составляется в виде «дерева» из слов в базе

данных, состоящего из «ствола», «основания (корня)» и «веток» и «игрушек». Причем сначала по вертикали ставится «ствол» дерева из банка слов по теме, высота которого должна быть не менее 9-12 букв.

4. Затем по нижней букве «ствола», горизонтально, записывается «основание» «дерева», которое должно быть расположено достаточно симметрично относительно ствола.

5. Затем к буквам ствола, используя общие буквы, прикрепляются горизонтально, отдельно справа и отдельно слева, «ветки», через одну букву (через строку).

6. На ветки вертикально вешаются слова-«игрушки», причем следует стремиться обеспечить максимальное «зацепление» букв всех элементов дерева.

7. Закончив с одним «деревом», рядом ставим другое, по тем же принципам, но обязательно должно быть зацепление «ствола», «основания» или «ветки» с соседним «деревом», в чем, собственно, и состоит искусство составления красивых кроссвордов.

8. Анализируется получившееся графическое изображение кроссворда и, по возможности, дополняются словами имеющиеся незанятые строки и столбцы, при условии, что это не нарушает ранее принятых правил.

9. Нумеруются по-порядку первые клетки получившихся строк по горизонтали и отдельно — первые клетки получившихся столбцов по вертикали, начиная с левого верхнего угла кроссворда.

10. Каким-либо удобным способом очерчивается граница кроссворда, хотя, для экономии времени на учебном занятии, можно обойтись и без этого.

11. Оставшееся пустое «межклеточное» пространство может быть заполнено какими-либо нейтральными значками. Для учебных кроссвордов рекомендуются так называемые «смайлики», повышающие психологический тонус у студентов. Впрочем, можно обойтись и без этого, для экономии времени.

12. Составляется вопросник отдельно для слов по горизонтали, отдельно для слов по вертикали.

13. При необходимости составляется примечание, в котором упоминаются особенности данного кроссворда.

14. Приводятся полные координаты автора кроссворда и другая необходимая для преподавателя информация (дата составления; время, затраченное на составление кроссворда; источники информации; соавторы и т.п.).

Для более полного представления о процессе составления учебного кроссворда и подтверждения высказанных положений приведем пример его составления по изложенному алгоритму для предмета «Электроника».

1. Тема кроссворда — «Электроника».

2. Составляем перечень слов по теме кроссворда (20-40 слов), активно используя справочную литературу по теме [3].

3. Перечень слов по теме кроссворда.

Элемент, диностор, **рекомбинация**, **тиристор**, **акцептор**, донор, **германий**, коэффициент, **резистор**, допуск, пробой, **диод**, ключ, транзистор, усилитель, светодиод, конденсатор,

лазер, подложка, диффузия, диэлектрик, **канал**, варикап, **стабилитрон**, стабистор, анод, катод, база, **исток**, биполярный, полевой, **экран**, электролит, крутизна, **коллектор**, эмиттер, **кремний**, **автоматизация**, **термистор**, **инжекция**, **электрон**, **оптрон**.

Примечание: черным цветом выделены слова, которые реально были использованы позже в кроссворде.

4. Для организации ствола «дерева» с демонстрационными целями выберем слово, обозначающее название изучаемого предмета, то есть слово «Электроника».

5. В «основании» «дерева» расположим слово «автоматизация» таким образом, чтобы его начало и конец были, по возможности, равноудалены от ствола дерева, насколько это позволяет расположение букв в этом слове. Вид кроссворда на этой стадии его составления приведен на рисунке 1.

6. В соответствии с алгоритмом (пункт 5) к «стволу» прикрепляем по горизонтали слова — «ветки», выбирая их из базы данных и записывая их через строку отдельно для левой и правой частей. Вид кроссворда на этой стадии его составления приведен на рисунке 2.

7. В соответствии с алгоритмом (пункт 6) к «веткам» прикрепляем по вертикали слова-«игрушки», выбирая их из базы данных. Вид кроссворда на этой стадии его составления приведен на рисунке 3.

8. Закончив с первым «деревом», в соответствии с пунктом 7 алгоритма, ставим рядом второй «ствол», для второго дерева, выбрав для «ствола» слово «рекомбинация» из банка данных. При этом опираемся на последнюю букву основания первого «дерева» для связи элементов кроссворда в единое целое. В дальнейшем, произведя необходимые действия в соответствии с алгоритмом, получим графическое изображение кроссворда, приведенное на рисунке 4.

						Э								
						Л								
						Е								
						К								
						Т								
						Р								
						О								
						Н								
						И								
						К								
А	В	Т	О	М	А	Т	И	З	А	Ц	И	Я		

Рисунок 1 — Вид кроссворда после выполнения пунктов 1-4 алгоритма

							Э	К	Р	А	Н			
							Л							
				И	Н	Ж	Е	К	Ц	И	Я			
							К							
			Э	Л	Е	К	Т	Р	О	Н				
							Р							
К	О	Л	Л	Е	К	Т	О	Р						
							Н							
		К	Р	Е	М	Н	И	И						
							К							
		А	В	Т	О	М	А	Т	И	З	А	Ц	И	Я

Рисунок 2 — Вид кроссворда после выполнения пунктов 1-5 алгоритма

Рисунок 3 — Вид кроссворда после выполнения пунктов 1-6 алгоритма

Рисунок 4 — Вид кроссворда после выполнения пунктов 1-7 алгоритма

Рисунок 5 — Вид кроссворда после выполнения пунктов 1-10 алгоритма

Рисунок 6 — Вид кроссворда после выполнения пунктов 1-11 алгоритма

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ★ 2008

Рисунок 7 — Вид кроссворда в состоянии выдачи для ответа

- ПО ГОРИЗОНТАЛИ:

10. Элемент полевого транзистора, на который воздействует затвор.

11. Название материала полупроводника, широко использовавшегося на начальном этапе развития электроники.

12. Примесный атом в полупроводнике, способный захватывать электрон из валентной зоны, что эквивалентно появлению в ней «дырки».

- ### 13. Самый простой элемент электроники.

14. Управляемый элемент электроники.

ПО ВЕРТИКАЛИ:

1. Элемент электроники с односторонней проводимостью и используемый на обоих ветвях вольт-амперной характеристики р-п перехода.

2. Автор одного из самых известных законов электротехники.

3. Явление в полупроводниках, возникающее в результате столкновения электронов проводимости и дырок.

4. Прибор, состоящий из излучателя света и фотоприемника, взаимодействующих друг с другом и помещенных в общий корпус.

6. Техническая наука, изучающая использование физических взаимодействий на атомном уровне для прикладных целей.

- Студенту для ответа предъявляется пустая таблица рисунка 7 и вопросник.

- Кроме достоинств кроссвордов, указанных ранее, одним из положительных свойств кроссвордов является наличие игрового элемента процесса работы над ними, что положительно сказывается на учебном процессе.

2. Правила составления кроссвордов. www.Scanwords.narod.ru

3. Электроника: Энциклопедический словарь / Гл. ред. В.Г. Колесников. М.: Сов. Энциклопедия, 1991. 688 с.

УДК 5(07):515

**В.И. ИЛЬКОВ
М.И. СЕННИН**

Анализ и оптимизация внутрипредметных связей в курсе «Детали машин» («Основы конструирования деталей машин»)

Известно, что структурно все учебные планы по специальностям состоят из трех блоков: гуманитарного, общеобразовательного (общетехнического) и профессионального. В каждый из этих блоков входит до 7-10 учебных дисциплин, связанных между собой межпредметными связями для обеспечения непрерывности обучения за время пребывания студентов в вузе. Такая задача предполагает выстраивание цепочки учебных дисциплин таким образом, чтобы каждая из них, с одной стороны, опиралась на предметы-предшественники (пререквизиты), а с другой — являлась бы составным звеном в ряде дисциплин, читаемых либо параллельно с рассматриваемой (в одном семестре), либо в последующих (постреквизитах).

Для более глубокого изучения межпредметных связей авторами данной работы были проанализированы учебные планы (далее УП) за 1976, 1983, 2000 годы по специальности «Металлургические машины и оборудование», а также межпредметные и внутрипредметные связи [1]. Анализ вышеуказанных УП показывает, что с точки зрения межпредметных связей УП за 1983 г. (рис. 1) является лучшим, поскольку в нем предметы, содержащие большую графическую составляющую: «Начертательная геометрия», «Машиностроительное черчение», «Теория механизмов и машин», «Детали машин» (далее ДМ) или «Основы конструирования деталей машин» (далее ОКДМ) и другие перекрывают друг друга, способствуя закреплению у студентов навыков графической и профессиональной подготовок (т.е. построены с учетом принципа концентризма [5]).

В свою очередь любая учебная дисциплина включает несколько разделов, связанных между собой внутрипредметными логическими связями (далее ВЛС). Это усиливает эффект восприятия учебной информации и облегчает выполнение расчетно-графических заданий, курсовых работ, курсовых проектов в дисциплинах ДМ (ОКДМ), «Подъемно-транспортные машины», «Машины и оборудование металлургических предприятий» с большим объемом расчетно-графической части. Поэтому существенное значение имеет наличие у студентов расчетных навыков, что наиболее полно проявляется в курсе ДМ (ОКДМ).

Сложность курса ДМ заключается, с одной стороны, в большом количестве пререквизитов, а с другой — в выработке у студентов инженерного мышления, т.е. умения пользоваться технической литературой (учебной, специальной), соответствующими стандартами и нормативными

документами (как при изучении курса ДМ, так и при выполнении курсового проекта (далее КП).

При этом распределение часов по курсу ДМ (ОКДМ) выполнено в УП двояко:

1. Лекционные курсы, практические, лабораторные занятия проводят в течение одного семестра с выполнением в этом же семестре КП (практикуется для студентов заочной и дневной форм обучения).

2. Все аудиторные занятия проводят в двух семестрах, причем на разных курсах (6 и 7 семестры) с выполнением КП в 7-м семестре.

Недостатком такого распределения учебного материала является то, что:

- в первом случае студент не в состоянии качественно и в срок выполнить КП из-за недостатка времени;

- во втором случае за летний каникулярный период студент забывает большую часть приобретенных знаний по предмету и результат при выполнении КП практически тот же.

Внутрипредметная логическая связь — это использование информации, изложенной в одном разделе курса, в другом, например, в курсе ДМ прочностные расчеты болтовых соединений применяют при расчетах заклепочных и некоторых шпоночных соединений.

Учебные дисциплины по учебному плану	8	6	5	4	10	7	15	21	12	13	14	11	19	20	22	23	24	25	17	Дипломное проектирование

		3								
	1	2								
1с	2с	3с	4с	5с	6с	7с	8с	9с	10с	

Семестры

1 — высшая математика; 2 — физика; 3 — теоретическая механика; 4 — сопротивление материалов; 5 — технология конструкционных материалов; 6 — начертательная геометрия и черчение; 7 — теория механизмов и машин; 8 — введение в специальность; 9 — детали машин; 10 — взаимозаменяемость, технические измерения и стандартизация; 11 — металлообрабатывающие станки; 12 — технология машиностроения; 13 — экономика металлургических предприятий; 14 — материаловедение; 15 — гидравлика, гидро- и пневмопривод; 16 — автоматизация металлургических машин и агрегатов; 17 — организация и планирование производства; 18 — динамика металлургических машин; 19 — подъемно-транспортные машины, манипуляторы и роботы; 20 — технологические линии и комплексы металлургических цехов; 21 — основы научных исследований и техника эксперимента; 22 — конструирование и автоматизированное проектирование машин и агрегатов; 23 — научно-исследовательская работа студентов; 24 — надежность, ремонт и монтаж металлургического оборудования; 25 — машины и оборудование металлургических заводов

Рисунок 1 — Профессиональная подготовка по УПЗа 1983 год

Полнота охвата предмета определяется содержанием типовой учебной программы по курсу (далее УПР), являющейся одним из основных образовательных стандартов. При этом следует различать типовые программы, разработанные в советский и постсоветский периоды. По типовым УПР, разработанным в советское время, был написан целый ряд учебников по курсу ДМ. Ознакомление с содержанием этих книг показывает, что не все они равноценны как по содержанию, так и по полноте охвата учебного материала, входящего в курс ДМ [6]. Для оценки уровня учебного материала нами проведен по аналогии с [7] анализ внутрипредметных связей курса ДМ (рис. 2, 3), а также анализ структуры изложения материала в курсе ДМ для машиностроительных специальностей [2,3] и типовой учебной программы [4] с целью изучения полноты охвата предмета.

Анализ матриц ВЛС [2-4] показывает, что наиболее неинформативной следует признать матрицу (рис. 2), а матрицу (рис. 3) [3] хотя и более информативной, но, тем не менее, не обладающей единой логической структурой.

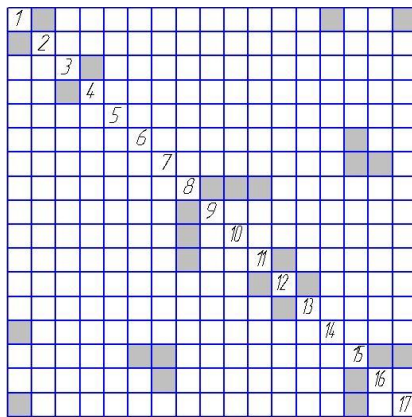
1																			
	2																		
		3																	
			4																
				5															
					6														
						7													
							8												
								9											
									10										
										11									
											12								
												13							
													14						
														15					
															16				
																17			
																	18		
																		19	
																			20

1 — основные требования к ДМ, понятия работоспособности, технологичности, экономичности; 2 — понятия надежности, основные показатели ДМ, методы их оценки; 3 — прочность, жесткость, конструктивные технологические способы повышения прочности ДМ; 4 — теплоустойчивость и виброустойчивость ДМ; 5 — триботехника ДМ; 6 — изнашивание ДМ; 7 — принципы, стадии и формы проектирования ДМ и сборочных единиц (узлов); 8 — сварные, паяные и клеевые соединения (далее С); 9 — С с натягом; 10 — резьбовые С; 11 — шпоночные, шлицевые и штифтовые С; 12 — передачи, классификация; 13 — прямозубые цилиндрические передачи (далее П); 14 — косозубые зубчатые П; 15 — конические зубчатые П; 16 — червячные П; 17 — опоры; 18 — подшипники качения; 19 — валы и оси; 20 — муфты приводов.

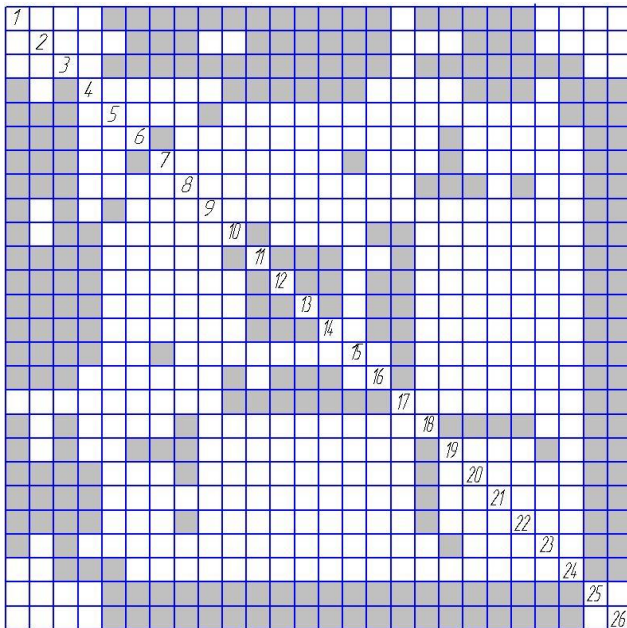
Рисунок 2 — Матрица внутрипредметных связей согласно [4]

Нами предлагается последовательность расположения разделов курса «Детали машин» (ОКДМ), с учетом [6], представленная на рис. 4. Новым в содержании предложенного курса являются разделы «Детали машин» и «Элементы деталей машин».

В разделе 1 (рис. 4) излагаются основные требования к общей надежности деталей и сборочных единиц и трибологической надежности, долговечности деталей машин, основные зависимости, обеспечивающие рациональное конструирование сопряжений при передаче вращающего момента, прочность и жесткость деталей машин при нагружении, вычисление коэффициента запаса прочности по пределу текучести и выносливости. В этом разделе даны характеристики конструкционных материалов для деталей машин.



А)



Б)

А) матрица внутрипредметных связей [2]; 1 — резьбовые С; 2 — заклепочные С; 3 — сварные С; 4 — С пайкой и склеиванием; 5 — клеммовые С; 6 — шпоночные и шлицевые С; 7 — С деталей натягом; 8 — зубчатые П; 9 — червячные П; 10 — волновые П; 11 — фрикционные П; 12 — ременные П; 13 — цепные П; 14 — П винт-гайка; 15 — валы и оси; 16 — подшипники (скольжения и качения); 17 — муфты.

Б) матрица внутрипредметных связей [3]; 1 — основные требования и надежность ДМ; 2 — основы механики сопряжений ДМ; 3 — прочность и жесткость ДМ; 4 — основы триботехники ДМ и узлов машин; 5 — сварные, паяные и клеевые С;

6 — заклепочные С; 7 — резьбовые С; 8 — С типа вал-ступица; 9 — клеммовые С; 10 — ременные П; 11 — фрикционные П; 12 — зубчатые П; 13 — гиперболические П; 14 — волновые зубчатые П; 15 — П винт гайка; 16 — цепные П; 17 — образование механического привода; 18 — валы и оси; 19 — муфты; 20 — подшипники качения; 21 — подшипники скольжения; 22 — пружины и другие упругие элементы;

23 — детали корпусов и устройства смазывания; 24 — конструирование, оптимизация параметров деталей и сборочных единиц; 25 — автоматизация проектирования.

Рисунок 3 — Матрицы в внутрипредметных связях согласно [2, 3]

В разделе 2 рассмотрено функциональное назначение деталей машин (стандартных и нестандартных) и приводятся основные расчетные зависимости для расчета напряжений.

В разделе 3 указано влияние элементов деталей машин на прочность и выносливость стандартных и

нестандартных деталей при типовых режимах нагружения.

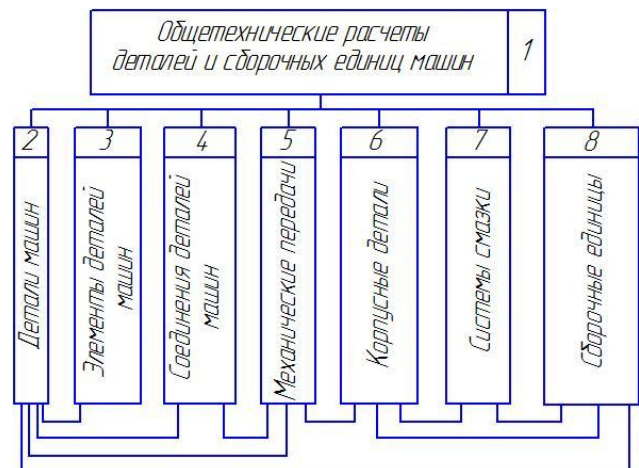


Рисунок 4 — Последовательность изложения разделов курса «Детали машин» (ОКДМ)

В разделе 4 изложены основные требования к соединениям деталей машин, при подборе двух и более взаимодействующих в процессе работы деталей, выбранных с учетом силовых и кинематических факторов и влияния концентраторов напряжений в элементах деталей машин при их сборке и эксплуатации.

В разделе 5 приводятся расчеты механических передач всех типов (зубчатых, фрикционных, цепных и комбинированных) с учетом рекомендаций, изложенных в разделе 1.

В разделе 6 излагается последовательность конструирования корпусных деталей редукторов, коробок передач и опор подшипников (качения, скольжения) с учетом конструктивных размеров механических передач.

В разделе 8 рассмотрены стандартные, нормализованные сборочные единицы (мотор, редукторы, муфты приводов), сборочные единицы, состоящие из закрытых фрикционных передач и вариаторов, редукторы (мультипликаторы) различного назначения и конструкций, подшипники качения, скольжения), рессоры, торсионы и др.

Содержание перечисленных разделов целесообразно использовать при составлении сиλλαбусов (рабочих программ курса).

Выводы:

1. Целесообразно ставить дисциплину ДМ (ОКДМ) в 5-6 семестрах (КП в 6-м семестре), как в УП за 1983 год (рис. 1), чтобы получить максимальный эффект от преподавания этого учебного курса.

2. Структуру распределения и последовательность изложения учебного материала дисциплины ДМ (ОКДМ) при составлении сиλλαбусов (рабочих программ) целесообразно выполнять с учетом наших предложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илькун В.И., Ситкин М.И. Исследование межпредметных связей учебных дисциплин специальности 1403 «Металлургические машины и оборудование» // Труды Междунар. практ. конф. «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». Караганда: КарГТУ, 2003. С. 20-22.
2. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 1984. 383 с.
3. Иосилевич Г.Б. Детали машин. М.: Машиностроение, 1988. 368 с.
4. Типовая учебная программа «Детали машин» по специальности МАХП, разработанная ЮКГУ им. Ауэзова. Шымкент. 2003. 11 с.
5. Педагогический словарь. В 2-х т. Т.1 / Под ред. И.А. Каирова. М.: Изд-во АПН СССР, 1960. 775 с.
6. Илькун В.И., Ситкин М.И. Анализ структуры, содержания учебников и учебных пособий по курсу «Детали машин» с точки зрения полноты охвата предмета // Труды X Юбилейной междунар. науч. конф. «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан — 2030» (26-27 июня 2007 г.). Выпуск 1. Караганда: КарГТУ, 2007. С. 92-94.
7. Козловский Ю.Г. Методика курса «Начертательная геометрия». Мн: Выш. шк., 1971. 256 с.

УДК 665.52.061.5

*С.Е. ДЮСЕМБАЕВА
Т.П. АШИХМИНА
С.Ш. АБДЫГАЛИМОВА
А.С. СУЛЕЙМЕНОВА
Л.Ф. ДЮСЕМБАЕВА*

Перспектива внедрения ионообменных процессов. Катионообменная экстракция. Сообщение I

Сфера применения экстракционных процессов в металлургических производствах зарубежных стран настолько широка и разнообразна, что, в качестве примера, приведем только некоторые из них (таблица 1).

Первая промышленная экстракционная установка пущена в эксплуатацию в 1940 году для извлечения и очистки урана из азотнокислых растворов с использованием эфира в качестве экстрагента. Этим методом осуществляли экстракцию и на следующих двух установках, а в 1950-х годах для очистки урана начали использовать трибутилфосфат. Экстракцией и ионным обменом был заменен также и неселективный осадительный метод извлечения урана из сернокислых рудных растворов. Первая промышленная установка по экстракции урана из рудных растворов была пущена в 1956 году и к концу 1960 года в мире работало около 20 подобных установок; к 1980 году их количество превысило 200 и к этому времени экстракционными методами стали извлекать и другие металлы.

Применение экстракции при извлечении меди быстро развивалось особенно в 1980 (9 заводов) - 1990-е (26 заводов) годы, а в 2001 году производство высокочистой (экстракционной) меди (99,999) достигло 2,75 миллионов тонн в год, что составляло 20% мирового производства первичной меди (таблица 2) [2].

Так почему же бурный рост теории и практики ионообменных процессов, достижения и перспективы по их широкому промышленному использованию так и остались разработками прошлого века для нашей республики? Хотя и сегодня ученые-гидрометаллурги,

химики-органики, занимающиеся исследованиями в этой области, достоверно знают, что ионообменными процессами тонкой очистки, извлечения, разделения и концентрирования из жидких сред можно:

- получать чистые и особо чистые вещества в виде металлов, оксидов, солей, обеспечивая диверсификацию в ассортименте промышленной продукции;

- говорить о создании завершающих переделов.

Наряду с возможностью комплексного использования сырья, полной замкнутости технологического процесса и предотвращения вредного воздействия на окружающую среду, создаваемого промышленными отработанными отходами, ионообменная технология — одна из немногих, поддающаяся массовому тиражированию результатов разработок, благодаря простоте аппаратного оформления, легкости автоматизации, ведения процесса при нормальных давлении и температуре.

Вопрос об управлении избирательностью (один из центральных и одновременно самых трудных) в экстракции может решаться двумя способами:

- синтезом органических соединений с заданной экстракционной способностью: важнейшие свойства экстрагентов, такие как селективность, химическая устойчивость и другие, определяются прежде всего типом функционально-активных групп атомов. Обзор литературы [3] показал, что, несмотря на значительное количество новых экстрагентов, предложенных в 1980-е годы, большинство их имеют препаративное или аналитическое значение, так как уступают по комплексу свойств окси-оксима и β -

кетонам — основным промышленным реагентам для извлечения меди из сернокислых и аммиачных сред.

Однако и последние имеют недостатки, что стимулирует поиск новых экстрагентов;

Таблица 1

ЗАВОДЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕ ЭКСТРАКЦИЮ [1] (ДАННЫЕ ДО 1975 Г.)

Извлекаемый металл	Фирма, завод, месторождение	Среда	Экстрагент
Золото	«Inco», Великобритания	HCl-HNO ₃	Дибутилкарбитол
Кобальт, никель	«Gullspand Electrochemical Co», Швеция	HCl	Третичный амин
	«Inco», Канада, «Nippon Mining», Япония	H ₂ SO ₄	Д2ЭГФК
	Завод в Рюстенбурге, ЮАР	-	Versatic 911
Медь	9 заводов		
	«Ranchers Bluebird», США	H ₂ SO ₄ с окислителем	LIX64N
	«Bagdad Copper», США	H ₂ SO ₄ с окислителем	LIX64N
	«Nchanga Consolidated», Замбия	H ₂ SO ₄	LIX64N
Ванадий	11 заводов в США	Из карнотитовых уран-ванадиевых руд	Третичный амин, четвертичные аммониевые соединения, алкилфосфаты
Вольфрам	3 завода в США	-	Третичные амины
Уран	Более 200 заводов		
	Аффинажные заводы в США, Великобритании, Швеции, Франции, Японии, ФРГ	HNO ₃	ТБФ
	Заводы в США, ЮАР, Франции, Швеции, Австралии	H ₂ SO ₄	Амины, Д2ЭГФК
	Заводы по переработке ядерного горючего в США, Франции, Великобритании, Бельгии, ФРГ, Японии, Италии, Индии, Испании, Норвегии, Швеции	-	ТБФ, третичные амины
Редкоземельные элементы	«Thorium Ltd.», Великобритания	Нитраты	Versatic 911
	«Rare Earth Products Ltd.», Великобритания	-	-
	«Denison Mines», Канада	Сульфатные растворы после извлечения урана	Д2ЭГФК
	«Megon», Норвегия	Сульфаты	Д2ЭГФК
	«Molybcorp, Mountain Pass», США	HCl из бастнезита	Д2ЭГФК
	«Yttrium Ltd.», «Japan Yttrium Co»	-	-

- высокая эффективность и селективность извлечения металлов может быть обеспечена знаниями химической природы извлекаемого элемента, то есть формой нахождения его в искомым растворах, правильный расчет которых позволит сознательно управлять ионообменными реакциями и создавать необходимые условия для количественного их выделения, разделения от примесей или маскировки последних. Однако следует учитывать, что количественная информация, полученная на основе расчета, справедлива только в условиях достигнутого равновесия.

Известно, что при растворении соли в воде в растворе образуются гидратированные ионы, т.е. взаимодействие воды с ионами металлов приводит во всех случаях к образованию гидратов, а для многовалентных ионов, в большей или меньшей степени — к образованию гидроксокомплексов.

Решение уравнений материального баланса по возможным формам нахождения меди и железа в растворе позволило количественно оценить представительство гекса-акваионов: [Cu(H₂O)₆]²⁺ и [Fe(H₂O)₆]³⁺. Показано, что медь в сульфатном растворе вплоть до pH 4,0÷4,1 практически вся находится в форме своего аквакомплекса. Заметные количества гидроксокомплексов начинают появляться в растворе лишь с pH>4,1. Начиная с pH 5,4 концентрационные доли всех положительно заряженных форм иона меди резко снижаются к нулю (рисунок, а). Железо(III) в форме гекса-аквакомплекса в растворе находится при pH 0÷1,5 (рисунок, б).

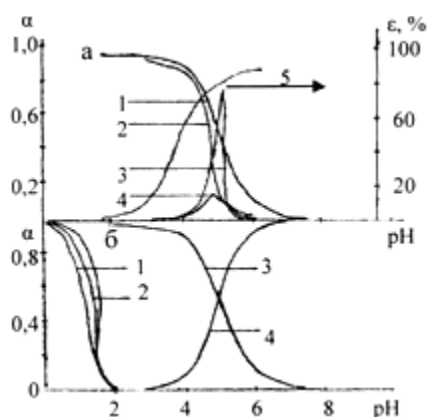
Одной из характерных особенностей иона железа(III) в водном растворе является его способность к гидролизу: даже в кислых растворах при pH 2-3 степень гидролиза Fe³⁺ довольно велика.

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ
ЭКСТРАКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ
ПО РЕГИОНАМ МИРА ЗА 2001 Г.

Континент	Количество экстракционных заводов	Суммарное ежегодное производство меди, т
Европа	1	10 000
Азия (без Китая)*	2	30 000
Африка	3	70 000
Австралия	6	100 000
Северная Америка	15	660 000
Южная Америка	26	1 500 000
Итого:	53	

*Китай не учтен в связи с тем, что там работает огромное количество мелких предприятий.



а) « $\text{Cu}^{2+} - \text{H}_2\text{O} - \text{HR}$ »: 1 — HR; 2 — $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$; 3 — $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$; 4 — $\Sigma\text{Cu}(\text{OH})_2$; 5 — CuR
 б) « $\text{Fe}^{3+} - \text{H}_2\text{O} - \text{HR}$ »: 1 — $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$; 2 — $\Sigma\text{Fe}(\text{OH})_2$; 3 — HR; 4 — R^-

pH-зависимость распределения ионов в системах

Проведенные расчеты позволили не только качественно осветить вопрос о состоянии Me^{n+} в растворе в широком интервале концентраций водородных ионов, но и дать количественную характеристику процесса гидролиза. Количество гидроксильных радикалов при Me^{n+} непрерывно увеличивается по мере роста pH до образования соответствующей гидроокиси.

В области pH 3,5÷6,5 нафтенная кислота диссоциирована, и экстракционные свойства ее обусловлены способностью подвижного протона к замещению.

Рассмотрены системы «медь(II) — нафтенат-ион — протон», «железо(III) — нафтенат-ион — протон», показано (см. рис.), что катионная природа меди в области даже умеренных концентраций кислот (в т.ч. присутствие катионных форм в водных растворах нормального сульфата) обеспечивает нарастающую динамику ее извлечения. Проблема извлечения железа (III) органическими кислотами не может быть решена как по причине существования негидролизованного

катиона только в сильноокислых средах, так и слабой диссоциации органической кислоты в них.

Поэтому попытки извлечь, разделяя Fe(III) и Cu(II) реагентами с карбоксильной группой, не просто малоперспективны, а практически невозможны (только многократный избыток экстрагента может «прихватить» следовые концентрации Fe(III): в любом другом случае выпадает осадок гидроокиси железа, мешая экстракции меди). Современный уровень знаний и практика показали, что катионные формы металлов экстрагируются карбоновыми кислотами при pH, близких к их pH гидратообразования [4], а это значит, что химия водных растворов Fe(II) отлична от таковой для Fe(III); pH осаждения гидроокиси Fe(III)~2,2, а Fe(II)~7,4. В этой связи, для таких объектов, как ливневые, шахтные и рудничные воды с pH 1-3, растворы кучного выщелачивания с содержанием меди 0,1-1 г/л на фоне 5-30 г/л железа, необходимо восстановить Fe^{3+} до Fe^{2+} -иона, который не будет мешать извлечению многих цветных металлов. Таким образом, информация о формах нахождения металлов в водных растворах может быть полезна для прогнозирования проведения селективной экстракции.

Исследования ионообменных процессов в Казахстане не прекращаются, и только единицы от лабораторных и пилотных установок дошли до опытно-промышленных и промышленных испытаний [5-9].

В ближайшие десятилетия решение ряда актуальных задач эффективного использования техногенных отходов, некондиционных и забалансовых руд позволит вовлечь в производство нетрадиционные виды сырья; обеспечить внедрение новых технологий; значительно улучшить экологию индустриальных регионов [10]. Это значит, что должна возрасти перспектива внедрения ионообменных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ритчи Г.М., Эшбрук А.В. Экстракция. Принципы и применение в металлургии. М.: Металлургия, 1983. 408 с.
2. Крэйн Ф. Экстракция в гидрометаллургии меди: развитие и современное состояние // КИМС. 2004. №2. С. 36-55.
3. Радусев А.В., Гусев В.Ю., Набойченко С.С. Органические экстрагенты для меди // Цветные металлы. 2002. №3. С. 18-27.
4. Флетчер А., Флетт Д. Экстракция металлов карбоновыми кислотами // Сб. докл. «Химия экстракции металлов органическими растворителями». М.: Атомиздат, 1969. С. 263-276.
5. Ушаков Н. и др. Международный японско-казахстанский проект в области переработки лежалых хвостов забалансовых руд // Промышленность Казахстана. 2003. №4(19). С. 74-75.
6. Саргаскаев Ж. Разработка «бедных» золотосодержащих руд на примере месторождения «Жанан» // Там же. 2002. №6(15). С. 40-42.
7. Любман Н. и др. Синтез новых полимерных материалов // Там же. 2004. №6(27). С. 66-69.
8. Козлов В. и др. Угlistые уран-ванадиевые сланцы Каратау и их переработка // Там же. 2005. №1(28). С. 73-75.
9. Дюсембаева С. и др. Оптимизация процесса экстракционного извлечения рения // Там же. 2004. №4(25). С. 74-75.
10. Жарменов А. В будущее с оптимизмом // Там же. 2003. №4(19). С. 30-32.

УДК 621.7÷669.14

А.З. ИСАГУЛОВ
В.Ю. КУЛИКОВ
Ж.М. ТОЛЕУБЕКОВА
А.Е. ПУШНИНА

Технология ввода дисперсных инокуляторов

Совершенствование литейного производства как основной базы машиностроения предопределяет точность и высокое качество его продукции. Качество литья во многом зависит от способа и условий заливки.

Одной из важных задач, стоящих в настоящее время в литейном производстве машиностроения, является повышение качества структуры отливок. Этого можно достичь, оперативно управляя кристаллизацией и модифицированием, что позволяет получать равномерный состав как химический, так и фазовый. При этом происходит дополнительная очистка стали от растворенных газов, неметаллических примесей, в результате чего обеспечивается получение качественной и экономически выгодной, конкурентоспособной продукции.

Известно, что в литейном производстве, в частности, при суспензионном литье, в объеме жидкого металла, залитого в форму, создаются дополнительные центры кристаллизации путем ввода порошкообразных материалов с размером частиц 0,5...3 мм, так называемых дисперсных индукторов (металлических или неметаллических) для регулирования структуры и свойств получаемых отливок, в т.ч. мелющих шаров различных диаметров. Основным недостатком производства мелющих шаров в кокиль является наличие значительной усадочной раковины, снижающей срок службы шаров из-за их преждевременного раскалывания вследствие концентрации напряжений. Изобретение способствует уменьшению размеров сосредоточенной усадочной раковины и одновременно уменьшению ее влияния на величину и концентрацию остаточных напряжений в мелющих шарах и других отливках [1].

Известен способ ввода дисперсных индукторов в жидкую фазу в процессе заполнения литейной формы самотеком, т.е. под действием сил гравитации. Устройство для реализации способа представляет собой бункер, снабженный полым стопором, т.е. коротким патрубком с заглушенным концом и отверстиями в боковых стенках, через который высыпается дисперсный материал, или же желобом [1], по которому дисперсные индукторы высыпаются в струю жидкого металла под действием сил гравитации.

Недостатками данного способа являются:

1. Вероятность захвата и замешивания воздуха в жидкий металл частицами индуктора, свободно высыпавшегося из бункера.

2. Вследствие сильного теплоотвода невозможность или неэффективность предварительного подогрева находящихся в бункере частиц индуктора перед их вводом в жидкий металл для уменьшения термических ударов, ведущих к преждевременной деструкции частиц индуктора.

3. Не регулируется скорость и равномерность подачи частиц в форму.

4. Не регулируется количество частиц индуктора, попадающих в форму.

Недостатками устройства для ввода являются:

1. Наличие специального устройства — бункера, увеличивающего габариты и стоимость заливочного устройства.

2. Не обеспечивается равномерность подачи дисперсного индуктора в форму.

Равномерность подачи индуктора можно увеличить, если использовать способ тангенциального подвода, когда частицы подаются по касательной к струе металла в стояке.

Устройство для ввода представляет собой конусовидную литниковую надставку, выполняемую из формовочной смеси в опоках по моделям. Вероятность захвата воздуха и невозможность предварительного обогрева остаются, так же, как и наличие специального устройства.

В литературе также описывается способ ввода дисперсных индукторов посредством растворимой вставки, устанавливаемой в литниковой системе, а именно в зумпфе — нижней части стояка [2]. При заполнении формы жидким металлом вставка постепенно растворяется, и индукторы переходят в жидкую фазу, изменяя ее структуру при затвердевании.

Известным устройством ввода можно считать устройство для введения добавок в виде смесительной камеры, расположенной на одной оси с литниковым ходом [3]. При изготовлении формы смесительная камера заполняется дисперсным индуктором. При заливке формы жидкий металл течет по литниковому ходу, попадает в смесительную камеру и вымывает частицы индуктора, взаимодействуя с ним. Это обеспечивает самое равномерное усвоение индуктора. Применение расплавляемой вставки исключает возможность захвата воздуха.

Недостатки описанного способа:

1. Он применим только для легкоплавких индукторов, чтобы они успели раствориться.

2. По этой же причине количество индукторов не может быть более 0,5%, т.к. в противном случае они не успеют раствориться, температура жидкого металла слишком быстро снизится.

3. При расположении индукторов в зумпфе площадь контакта жидкой фазы с частицами индуктора очень мала (равна площади поперечного сечения стояка или зумпфа), что ограничивает количество реагирующих добавок — индукторов и увеличивает время реагирования жидкой фазы с ними.

4. Не регулируются скорость подачи и количество индукторов.

Достоинством данного устройства является то, что не надо специального устройства для ввода, т.е. габариты формы не увеличиваются.

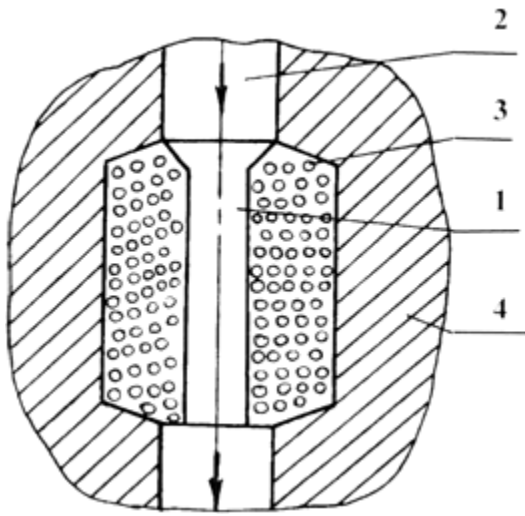
Недостатки устройства ввода:

1. Невозможность регулировать скорость и равномерность поступления дисперсных индукторов в форму.

2. Невозможность дозировать подачу индуктора в жидкую фазу, т.е. изменять количество частиц в зависимости от изменения металлоемкости формы.

С целью обеспечения регулирования скорости поступления и количества дисперсного индуктора, поступающего в форму, а также подачи в форму индукторов любого типа, как холодильников, так и

модификаторов, как металлических, так и неметаллических, тугоплавких и легкоплавких, в любых количествах, любом сочетании и любой последовательности, возможно использовать ввод инокулятора за счет применения связующего с последующей его деструкцией (рисунок).



Вставка с дисперсными инокуляторами

По результатам проведенных экспериментальных исследований [4] разработана технология ввода дисперсных инокуляторов, которая заключается в том, что в литниковую систему формы для изготовления мелющих шаров, а именно в литниковый ход, устанавливается вставка 2, состоящая из частиц инокулятора и связующего с низкой (по сравнению с температурой жидкого металла) температурой деструкции и большим коэффициентом линейного расширения (по сравнению с материалом частиц инокулятора).

Устройство для ввода дисперсных инокуляторов при изготовлении мелющих шаров представляет собой смесительную камеру 1, расположенную по одной оси с литниковым ходом 2. В смесительную камеру вставляется вставка 3 в виде стержня, выполненного из частиц дисперсного инокулятора со связующим. Позицией 4 обозначена литейная форма (кокиль). При заливке жидкого металла поверхность вставки контактирует с жидким металлом и разрушается за счет теплового и гидродинамического воздействия. Частицы инокулятора уносятся потоком металла в полость формы, где происходит взаимодействие их с жидкой фазой. Процесс деструкции связующего идет равномерно, что обеспечивает равномерность поступления частиц и стабильность скорости поступления, а также точность дозирования частиц. Регулирование количества и последовательности поступления дисперсных инокуляторов обеспечивается путем их заформовки во вставку-стержень в нужных количествах, в нужной последовательности. Например, для

последовательного ввода двух видов инокуляторов типа модификаторы + легирующие добавки нужно применять двухслойную вставку-стержень, внутренний слой которой состоит из смеси связующего с модификатором для регулирования

структуры, а наружный слой — из смеси связующего с легирующими добавками для поверхностного легирования.

Регулирование скорости поступления обеспечивается за счет соотношения количества инокуляторов и связующего, а также выбора типа связующего.

Например, чем выше скорость поступления, тем меньше должно быть связующего и тем меньше его прочность и температура деструкции.

Разработанная технология ввода дисперсных инокуляторов позволяет не только изменять условия кристаллизации и модифицирования, что особенно важно для кокильного литья, где скорость кристаллизации велика, но и дает возможность получать композиционные материалы типа твердых сплавов путем ввода больших количеств неметаллических частиц (например, керамических) в жидкий расплав.

Преимуществом такого способа ввода дисперсных инокуляторов является то, что для ввода дисперсного инокулятора не требуется дополнительных устройств, габариты кокиля или иной литейной формы не увеличиваются.

Для проведения исследований по внепечному раскислению использовался ферромарганец марки ФМ75 и ферросилиций ФС75. Исследования по зависимости повышения содержания компонента от его фракции показали, что наиболее оптимальной фракцией для внепечного легирования и раскисления стали 80ГСЛ кремнием и марганцем является ~2-3 мм (таблицы 1, 2), т.к. меньший размер вызывает повышенный угар, а значительное увеличение фракции вводимых ферросплавов не позволяет им полностью раствориться в ковше. Время, прошедшее между взятием базовой пробы и окончательной, — 5 минут.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ СТАЛИ 80ГСЛ

Характеристика	№1		№2		№3	
Марка стали	80ГСЛ					
Масса: FeMn	400 г		400 г		400 г	
FeSi	400 г		400 г		400 г	
Объём металла	750 кг		750 кг		750 кг	
Фракция: FeMn	FeSi	FeMn	FeSi	FeMn	FeMn	FeSi
FeSi	пылевидная	2 см	2 см	пылевидная	1 см	1 см
Температура металла	1560 °C					
Приращение	ΔSi	ΔMn	ΔSi	ΔMn	ΔSi	ΔMn
	0,04%	0,33%	0,33%	0,03%	0,27%	0,15%
Ферросплавы вводятся на дно ковша						

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ СТАЛИ 35Л

Характеристика	№1		№2		№3	
Марка стали	35Л					
Масса: <i>FeMn</i>	400 г		400 г		400 г	
<i>FeSi</i>	400 г		400 г		400 г	
Объем металла	750 кг		750 кг		750 кг	
Фракция: <i>FeMn</i>	<i>FeSi</i>	<i>FeMn</i>	<i>FeSi</i>	<i>FeMn</i>	<i>FeMn</i>	<i>FeSi</i>
<i>FeSi</i>	пылевидная	пылевидная	1 см	1 см	3 см	3 см
Температура металла	1560 °C					

Приращение	ΔSi	ΔMn	ΔSi	ΔMn	ΔSi	ΔMn
	0,02%	0,04%	0,33%	0,21%	0,46%	0,29%
Ферросплавы вводятся на дно ковша						

Определено, что содержание газовой фазы, вносимой с металлом в форму, будет

$$\tilde{A} = \tilde{E} \cdot \int_0^t \int_0^{\rho_s} h_{\tilde{\rho}} \cdot F_{\tilde{\rho}} \cdot d\rho - \int_0^F \rho_{i\tilde{\rho}} \cdot h_{\tilde{\rho}} \cdot dF_{i\tilde{\rho}} \cdot dt,$$

где K — температурный коэффициент,
 $F_{ст}$ — полная площадь сечения струи,
 h — высота струи,
 $\rho_{мет}$ — плотность металла.

Использование дисперсных инокуляторов в жидкий металл позволит обеспечить потребителя качественной продукцией и положительно скажется на экономике машиностроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Специальные способы литья: Справочник / Под ред. Е. А. Ефимова. М.: Машиностроение, 1991.
2. А. с. 1066738 СССР. Вставка для модифицирования чугуна в литейной форме / С.Н. Лекаш и др.; Бюллетень изобретений. 1984. №2.
3. А. с. 1544523 СССР. Литниковая система / С.Г. Богатырев и др.; Бюллетень изобретений. 1989. №12.
4. Предпатент 43818 РК. Способ ввода дисперсных инокуляторов при литье преимущественно в кокиль при изготовлении мелющих шаров / А.З. Исагулов, С.Б. Кузембаев, Л.С. Кипнис и др.; Бюллетень изобретений. 2005. №5.

УДК 669.15-194; 669.15-198

А.Х. НУРУМГАЛИЕВ
 Е.Е. КИЕКБАЕВ

Исследование кинетики совместного восстановления железа, марганца и хрома из концентратов

В настоящее время около 2% выплавляемой в мире стали производится с использованием материалов, полученных на установках прямого восстановления. Агрегаты известных конструкций (доменные печи вместимостью 4-5 тыс. м³, конвертеры вместимостью 300-350 т, дуговые электропечи вместимостью 200-300 т) имеют настолько высокую производительность, что другие агрегаты и способы сталеплавления процесса не могут с ними конкурировать [1].

При этом легирование стали в основном производят с добавлением ферросплавов, в ходе чего происходит угар дорогостоящих легирующих металлов, что снижает технико-экономические показатели. Альтернативными способами в направлении получения легированной стали является получение непосредственно из сырьевых материалов восстановительной плавкой природнолегированной конструкционной стали, состоящей из таких металлов, как железо, хром, марганец, частично кремний и др., что снижает энергетические затраты производства ферросплавов и трудоемкую процедуру легирования стали.

Цель данных экспериментов: выявить возможность совместного восстановления железа, марганца и хрома из смеси концентратов; установить степень восстановления данных металлов и других элементов, выявить кинетические особенности восстановления.

По марочнику сталей и сплавов [2] выбраны марки стали, предназначенные для конструкционных назначений с химическими составами, представленными ниже:

а) сортовой прокат (ШХ15СГ), %: [C]=(0,95-1,05), [Si]=(0,40-0,65), [Mn]=(0,90-1,20), [Cr]=(1,30-1,65);

б) лист (14Х2ГМР), %: [C]=(0,10-0,16), [Si]=(0,17-0,37), [Mn]=(0,90-1,20), [Cr]=(1,30-1,70);

в) прутки и полосы (7ХГ2ВМФ), %: [C]=(0,68-0,76), [Si]=(0,20-0,40), [Mn]=(1,80-2,30), [Cr]=(1,50-1,80);

г) поковки (22Х3М), %: [C]=(0,20-0,25), [Si]=(0,20-0,40), [Mn]=(0,50-0,80), [Cr]=(3,00-3,50).

Расчет шихты произведен на марки стали с принятыми содержаниями [Mn]:[Cr], соответственно, %: 1) [1,2]:[1,6] (навеска №1); 2) [2,3]:[1,8] (навеска №2); 3) [0,8]:[3,5] (навеска №3). Химический состав используемых концентратов приведен в таблице 1.

Расчет навесок концентратов произведен на 20 г сплава железа с марганцем и хромом с коэффициентами извлечения металлов $\eta_{Mn} = 0,8$, $\eta_{Cr} = 0,9$, $\eta_{Fe} = 0,95$, но без учета восстановления и перехода в металл Si, S, P и др. Оптимальное количество восстановителя для восстановления железа, марганца и хрома рассчитывали по методу последовательных фазовых превращений [3]. Добавку углерода провели только на восстановление Fe, Mn, Cr.

Расчетные массы шихтовых материалов в навесках представлены в таблице 2. Смеси концентратов с древесным углем были тщательно перемешаны на лабораторном смесителе.

Методика экспериментальных исследований и расчеты заимствованы [4]. Восстановительный обжиг проводили на лабораторной установке для металлизации дисперсных материалов углеродом — трубчатой электропечи СУОЛ — 044 12-М2 (рисунок 1). Смесь концентратов вместе с древесным углем поместили в фарфоровую реакционную трубку, диаметром 21 мм. Выступающие из печи торцы реакционной трубки плотно соединены со стороны входа разъемными фланцами, а со стороны выхода — крышкой, изготовленной из нержавеющей стали. Герметизацию соединений торцов трубки с фланцем и крышкой осуществляли эпоксидным клеем, а между разъемными фланцами — прокладкой из вакуумной резины и затяжкой болтов. Съёмная и несъёмная крышки имели патрубки. Патрубок на несъёмной крышке через систему тройников соединен с газовым счетчиком ГСБ-400, газовой камерой для накопления

и отбора проб газа и газоанализатором. Патрубок на съемной крышке соединен с аргоном.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОНЦЕНТРАТОВ И ВОССТАНОВИТЕЛЯ, %

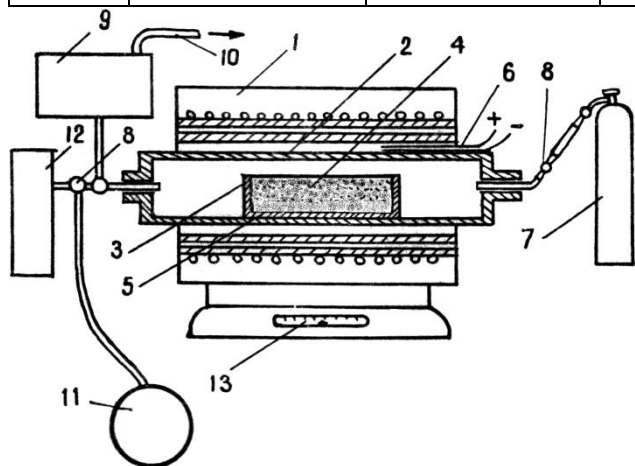
Компонент	Cr ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	BaO	P	S	C
Хромитовый концентрат	52,36	18,35	7,86	0,64	5,72	13,24	-	-	-	0,002	0,013	-
Марганцевый концентрат	-	0,55	12,28	1,78	39,27	-	10,51	31,28	0,5	0,21	0,9	-
Железородный концентрат (ССГПО)	-	0,86	1,56	1,07	4,03	29,12	62,06	0,445	0,24	0,014	0,5	-
Древесный уголь*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	98,0

Примечание: * — остальное зола A^c = 1,63

Таблица 2

МАССЫ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В НАВЕСКАХ

№ навески	Железородный концентрат, г (%)	Марганцевый концентрат, г (%)	Хромитовый концентрат, г (%)	Древесный уголь, г (%)	Сумма, г (%)
1	30,67 (80,87)	1,184 (3,12)	0,9925 (2,62)	5,08 (13,39)	37,93 (100,00)
2	30,0991 (77,60)	2,4506 (6,32)	1,1165 (2,88)	5,116 (13,2)	38,78 (100,00)
3	30,0633 (79,16)	0,7286 (1,92)	2,171 (5,72)	5,022 (13,2)	37,98 (100,00)



1 — электропечь сопротивления; 2 — реакционная трубка; 3 — желоб для загрузки шихты; 4 — смесь концентратов с восстановителем; 5 — реакционный тигель; 6 — термопара; 7 — баллон с аргоном; 8 — краники-тройники; 9 — газовый счетчик; 10 — выброс газов; 11 — газовая камера; 12 — газоанализатор; 13 — прибор для измерения температуры

Рисунок 1 — Лабораторная установка для металлизации дисперсных материалов углеродом

Печь нагревали до 400°C, рабочее пространство реакционной трубки в течение 4-5 минут продували чистым аргоном. Температура 400°C и продувка аргоном обеспечивают практически полное удаление адсорбированных на поверхности шихты кислородсодержащих газов CO₂ и H₂O. Продолжая нагрев печи, ждали наступления реакций восстановления оксидов железа, марганца и хрома углеродом, фиксировали температуру и время начала выделения газа. Выделяющийся газ накапливали в газовой камере, откуда отбирали пробы на анализ. После этого газ из камеры выпускали через газовый счетчик. Такая последовательность накопления и выпуска газа позволяла контролировать состав периодически выпускаемого из камеры газа, фиксировать его количество между замерами. По количеству и составу выделяющегося газа определяли количество (г) газифицированного кислорода шихты в виде CO₂ и CO по формулам:

$$\Delta \hat{I}_{(N\hat{I}_2)} = 1,4285 \cdot 10^{-2} \cdot V \cdot CO_2,$$

$$\Delta \hat{I}_{(N\hat{I})} = 1,7142 \cdot 10^{-2} \cdot V \cdot CO,$$

их сумму

$$\Delta \hat{I} = \Delta \hat{I}_{(N\hat{I}_2)} + \Delta \hat{I}_{(N\hat{I})},$$

где V — объем газа за определенный интервал времени, л;

CO₂, CO — содержание в выделяющемся газе, %.

Опыты продолжали до прекращения выделения газа или достижения температуры в электропечи 1250-1300°C, что означало практически полное или предельное восстановление железа, марганца и хрома при данной температуре. По прекращении выделения газа в систему обратно давали чистый аргон, освобождали патрубок на несъемной крышке от измерительной системы. Через патрубок аргон выходил в атмосферу. После чего определяли степень и скорость восстановления. В результате обжига получили пористый (губчатый) спек серого цвета.

Скорость восстановления шихты определяли по формуле:

$$R = \Sigma O / \Delta O_{III},$$

где ΣO — суммарное количество газифицируемого кислорода в виде CO и CO₂;

ΔO_{III} — суммарное количество газифицируемого кислорода шихты.

Количество кислорода, связанного с железом, марганцем и хромом в виде оксидов (ΔO_{III}) в навесках 1, 2 и 3, соответственно, составляет, г: 8,08; 8,12; 8,1.

Скорость восстановления определяется по выражению:

$$W = \Delta R / \Delta \tau,$$

где $\Delta \tau$ — приращение времени (мин), соответствующее изменению степени восстановления

$$\Delta R = R_{i+1} - R_i.$$

Результаты восстановления железа, марганца и хрома из смеси концентратов представлены в таблицах 3, 4, 5.

Материальный баланс восстановительного обжига представлен в таблице 6.

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И ХРОМА ИЗ СМЕСИ КОНЦЕНТРАТОВ (НАВЕСКА №1)

№ п/п	Время, мин	T, °C	V _{газа} , л	Состав газа, %		ΔO _(CO) , г	Δf̂ _(Ni₂) , г	ΔO, г	ΣO, г	R	W·10 ⁻³ , мин ⁻¹
				CO	CO ₂						
1	0	500	Начало выделения газа								
2	10	600	0,12	73,3	26,7	0,0628	0,0458	0,1087	0,1087	0,0135	1,35
3	15	645	0,19	68,0	32,0	0,0340	0,0320	0,0660	0,1747	0,0216	1,62
4	20	730	0,28	66,8	33,2	0,0430	0,0427	0,0857	0,2604	0,0322	2,12
5	25	800	0,54	73,4	26,6	0,1363	0,0988	0,2351	0,4955	0,0613	5,82
6	30	855	1,0	70,8	29,2	0,2326	0,1919	0,4245	0,9200	0,1139	10,52
7	35	920	1,54	63,0	37,0	0,2430	0,2854	0,5284	1,4484	0,1793	13,08
8	40	970	2,18	63,8	36,2	0,2916	0,3310	0,6226	2,0710	0,2563	15,40
9	44	1020	2,96	70,6	29,4	0,3933	0,3276	0,7209	2,7919	0,3456	22,33
10	48	1060	4,33	76,4	23,6	0,7475	0,4619	1,2094	4,0013	0,4952	37,40
11	52	1105	5,76	77,2	22,8	0,7884	0,4658	1,2542	5,2555	0,6505	38,83
12	56	1140	7,19	78,4	21,6	0,8007	0,4412	1,2419	6,4974	0,8042	38,43
13	60	1165	8,37	80,8	19,2	0,6810	0,3236	1,0046	7,5020	0,9285	31,08
14	64	1195	8,92	86,0	14,0	0,3378	0,1100	0,4478	7,9498	0,9840	13,88
15	68	1225	9,13	90,8	9,2	0,1362	0,0276	0,1638	8,1136	1,0042	5,05
16	72	1240	9,25	93,3	6,7	0,0800	0,0115	0,0915	8,2051	1,0155	2,83
17	76	1255	9,34	95,0	5,0	0,0611	0,0064	0,0675	8,2726	1,0239	2,10
18	81	1280	9,46	95,7	4,3	0,0820	0,0074	0,0894	8,3620	1,0350	2,22
19	86	1300	9,58	96,7	3,3	0,0829	0,0057	0,0886	8,4506	1,0459	2,18

Таблица 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И ХРОМА ИЗ СМЕСИ КОНЦЕНТРАТОВ (НАВЕСКА №2)

№ п/п	Время, мин	T, °C	V _{газа} , л	Состав газа, %		ΔO _(CO) , г	Δf̂ _(Ni₂) , г	ΔO, г	ΣO, г	R	W·10 ⁻³ , мин ⁻¹
				CO	CO ₂						
1	0	450	Начало выделения газа								
2	10	500	0,1	95,0	5,0	0,0679	0,0071	0,0750	0,0750	0,0092	0,92
3	20	645	0,23	79,6	20,4	0,0739	0,0379	0,1118	0,1868	0,0230	1,38
4	30	755	0,52	73,8	26,2	0,1529	0,1085	0,2614	0,4482	0,0552	3,22
5	35	815	0,73	75,5	24,5	0,1133	0,0735	0,1868	0,6350	0,0782	4,60
6	40	880	1,11	68,0	32,0	0,1845	0,1737	0,3582	0,9932	0,1223	8,82
7	44	925	1,54	60,4	39,6	0,1855	0,2432	0,4287	1,4219	0,1751	13,20
8	48	965	2,02	64,0	36,0	0,2194	0,2468	0,4662	1,8881	0,2325	14,35
9	52	1005	2,78	73,8	26,2	0,4006	0,2844	0,6850	2,5731	0,3169	21,10
10	56	1030	3,88	75,6	24,4	0,5939	0,3834	0,9773	3,5504	0,4373	30,10
11	60	1065	5,18	76,0	24,0	0,7056	0,4457	1,1513	4,7017	0,5791	35,45
12	64	1115	6,64	76,8	23,2	0,8008	0,4839	1,2847	5,9864	0,7373	39,55
13	68	1145	8,07	78,6	21,4	0,8028	0,4372	1,2400	7,2264	0,8900	38,18
14	72	1180	9,00	81,4	18,6	0,5407	0,2471	0,7878	8,0142	0,9870	24,25
15	76	1210	9,44	85,0	15,0	0,2671	0,0943	0,3614	8,3756	1,0315	11,13
16	80	1240	9,63	89,0	11,0	0,1208	0,0299	0,1507	8,5263	1,0500	4,63
17	84	1260	9,73	92,2	7,8	0,0659	0,0111	0,0770	8,6033	1,0596	2,40
18	94	1290	9,95	95,0	5,0	0,1493	0,0157	0,1650	8,7683	1,0799	2,03
19	104	1290	10,08	96,0	4,0	0,0891	0,0074	0,0965	8,8648	1,0918	1,19

Таблица 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И ХРОМА ИЗ СМЕСИ КОНЦЕНТРАТОВ (НАВЕСКА №3)

№ п/п	Время, мин	T, °C	V _{газа} , л	Состав газа, %		ΔO _(CO) , г	Δf̂ _(Ni₂) , г	ΔO, г	ΣO, г	R	W·10 ⁻³ , мин ⁻¹
				CO	CO ₂						
1	0	470	Начало выделения газа								
2	8	590	0,14	77,6	22,4	0,0776	0,0448	0,1224	0,1224	0,0151	1,89
3	18	690	0,29	66,8	33,2	0,0716	0,0711	0,1427	0,2651	0,0327	1,76
4	23	740	0,42	66,8	33,2	0,0620	0,0617	0,1237	0,3888	0,0480	3,06
5	28	790	0,61	74,8	25,2	0,1015	0,0684	0,1699	0,5587	0,0690	4,20
6	33	890	0,98	71,2	28,8	0,1882	0,1522	0,3404	0,8991	0,1110	8,40
7	38	960	1,68	64,2	35,8	0,3210	0,3580	0,6790	1,5781	0,1949	16,78
8	42	1020	2,51	67,0	33,0	0,3972	0,3913	0,7885	2,3666	0,2922	24,33
9	46	1060	3,97	74,4	25,6	0,7758	0,5339	1,3097	3,6763	0,4539	40,43
10	50	1100	5,48	76,0	24,0	0,8196	0,5177	1,3373	5,0136	0,6191	41,30
11	54	1130	7,14	77,2	22,8	0,9153	0,5407	1,4560	6,4696	0,7989	44,95
12	58	1170	8,46	79,5	20,5	0,7495	0,3866	1,1361	7,6057	0,9391	35,05
13	62	1190	9,22	82,2	17,8	0,4462	0,1933	0,6395	8,2452	1,0181	19,75
14	66	1225	9,60	84,4	15,6	0,2291	0,0847	0,3138	8,559	1,0569	9,70
15	70	1250	9,74	88,2	11,8	0,0882	0,0236	0,1118	8,6708	1,0707	3,45

16	74	1255	9,85	91,4	8,6	0,0718	0,0135	0,0853	8,7561	1,0812	2,63
17	78	1255	9,92	93,8	6,2	0,0469	0,0062	0,0531	8,8092	1,0878	1,65

По полученным данным были построены кривые зависимости степени восстановления, скорости восстановления и количества CO_2 в выделяющемся газе от температуры (рисунки 2, 3, 4).

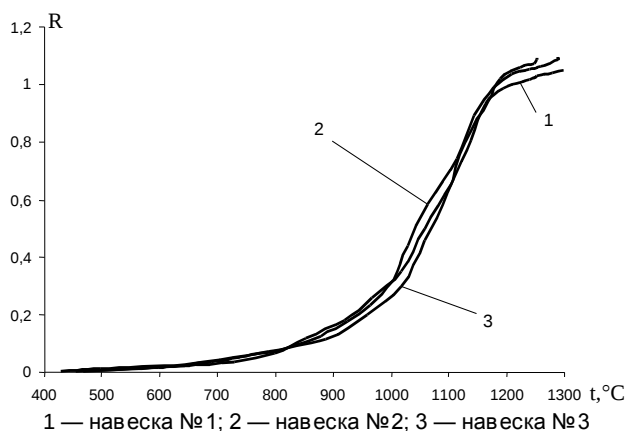


Рисунок 2 — Зависимость степени восстановления от температуры

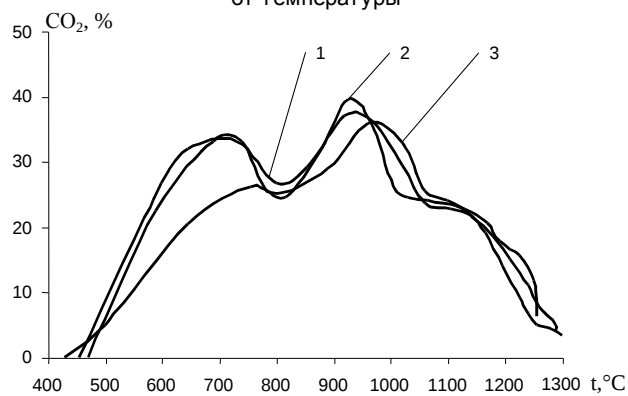


Рисунок 3 — Зависимость скорости восстановления от температуры

Анализ данных кривых приводит к следующим выводам:

1) приблизительно при температуре 1200°C количество газифицированного кислорода в виде CO и CO_2 равно всему количеству кислорода, связанного с Fe , Mn и Cr , в виде оксидов;

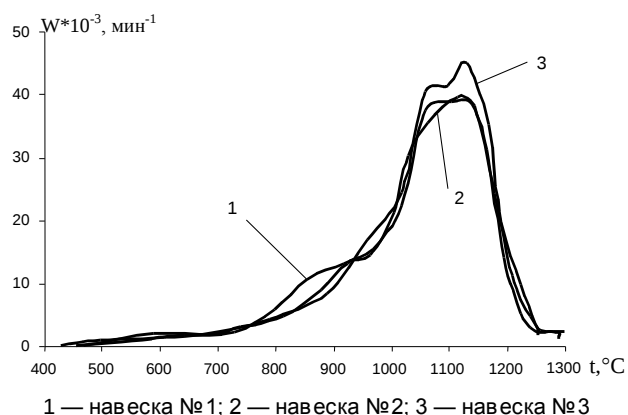


Рисунок 4 — Зависимость содержания CO_2 в выделяющемся газе от температуры

2) количество газифицированного кислорода в виде CO и CO_2 по каждой навеске больше, чем расчетное количество кислорода, связанного с оксидами Fe , Mn и Cr , что свидетельствует о предельном восстановлении Fe , Mn и Cr , а также о параллельном восстановлении Si , P и др. Это также подтверждается результатами химического анализа сплавов (переплавы восстановленных навесок);

3) интенсивное восстановление протекает при температурах 1000-1200°C;

4) суммарная скорость восстановления железа, марганца и хрома из оксидов ступенчато возрастает при 1000°C, достигает своего оптимума при 1100°C, далее монотонно снижается до 1200°C.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют об интенсивном восстановлении железа в присутствии марганца и хрома. При этом наблюдается начало восстановления кремния и фосфора. Данное утверждение подтверждается выходом количества газифицированного кислорода в виде газов CO и CO_2 .

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ОБЖИГА

№ навески	Масса шихтовой навески до восстановительного обжига, г	Масса шихтовой навески после восстановительного обжига, г	Потеря массы шихтовой навески, г (%)
1	37,93	24,37	13,56 (35,75)
2	38,782	25,01	13,772 (35,51)
3	37,985	25,05	12,935 (34,05)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин В.А. Металлургия стали: Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Металлургия, 1989. 560 с.
2. Марочник сталей и сплавов / М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общ. ред. А.С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2001. 672 с.
3. Тлеугабулов С. М. Теоретические основы получения металлов, сплавов и перспективных материалов. Алматы, 2001. 332 с.
4. Тлеугабулов С. М. Теория и технология твердофазного восстановления железа углеродом. Алма-Ата: Гылым, 1991. 312 с.

УДК 541.138.3

И.В. ФИГУРИНЕНЕ

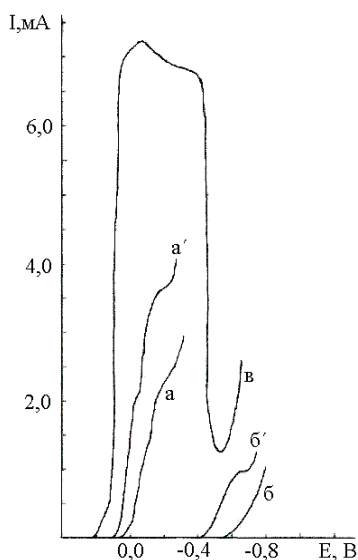
Влияние материала электрода на электрохимическое поведение хрома (VI)

Электролитическое осаждение хрома в практических целях осуществляется исключительно из растворов H_2CrO_4 , то есть из растворов, в которых хром шестивалентен. Электрохимическое восстановление ионов Cr^{6+} до металлического хрома является сложным процессом. Несмотря на большое количество работ, посвященных изучению восстановления $Cr(VI)$, механизм этого процесса остается спорным. В этой связи нами изучено электрохимическое поведение ионов Cr^{6+} на различных твердых электродах. Исследования проводили путем снятия потенциодинамических поляризационных кривых на потенциостате П-5827М при различных скоростях развертки потенциала (2-80 мВ/с) в термостатированной ячейке ЯСЭ-2, а запись осуществляли при помощи планшетного двухкоординатного потенциометра ПДП-4-002. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод ($E^0=+0,203В$). При обсуждении результатов и на рисунках использованы потенциалы, приведенные относительно потенциала нормального водородного электрода. В качестве материала электрода использовали такие металлы, как платина, свинец и сталь 45Х. Выбор материала электрода основан на следующих соображениях. Платина, как известно, обладает высокой химической стойкостью во многих агрессивных средах. Сталь 45Х обычно подвергается хромированию на машиностроительных предприятиях. Также известен ряд работ [1-3] по катодному восстановлению «трудновосстанавливающихся» анионов (т.е. анионов элементов, находящихся в высшей степени окисления) на свинцовом электроде. В анионе CrO_4^{2-} хром находится в высшей степени окисления, поэтому в качестве одного из материалов электрода выбран именно свинец.

В растворе, содержащем 250г/л хромовой кислоты, волна восстановления CrO_4^{2-} обнаружена на катодных поляризационных кривых платины и свинца (рисунок 1). На катодной кривой платины (рисунок 1 а) в области потенциалов +0,2В визуально наблюдается

образование черной коллоидной пленки на поверхности платины. На свинцовом электроде в растворе чистой хромовой кислоты волна восстановления ионов CrO_4^{2-} наблюдается при потенциале $\sim -0,6В$. Картина резко меняется даже при добавлении небольшого количества (5г/л) серной кислоты. В растворе чистой хромовой кислоты волна восстановления на стальном электроде не обнаружена. Однако в присутствии ионов SO_4^{2-} появляется волна при $E = -0,4В$ (рисунок 1 б), высота которой возрастает с увеличением концентрации H_2SO_4 . Кроме того, следует отметить и увеличение ширины пика. Равновесный потенциал стального электрода сильно разнится в сернокислом растворе и в растворе хромовой кислоты, он меняется от +0,4 до +1,0В.

Высота волны восстановления хрома (VI) на платиновом электроде также растет с увеличением концентрации сульфат-ионов, причем волна приобретает форму пика, за которым следует резкое падение тока. Потенциал начала волны практически не зависит от концентрации H_2SO_4 . Как уже отмечалось выше, при появлении волны платиновый катод обволакивается черной коллоидной пленкой, тогда как при снятии циклической анодной кривой волн окисления не обнаружено. Это свидетельствует о том, что вещества, образующие коллоидную пленку, на поверхности платины не адсорбируются. Потенциал восстановления аниона CrO_4^{2-} на платиновом электроде совпадает с потенциалом нулевого заряда платины $E_{н.з.} = +0,235В$ [4]. В этой области наблюдается также спад тока. Согласно работе [5], подобный спад объясняется уменьшением скорости электродного процесса вследствие падения приэлектродной концентрации анионов с увеличением (вблизи точки нулевого заряда) отрицательного заряда поверхности электрода. Далее увеличение скорости переноса электронов начинает преобладать над эффектом отталкивания, и ток опять возрастает.



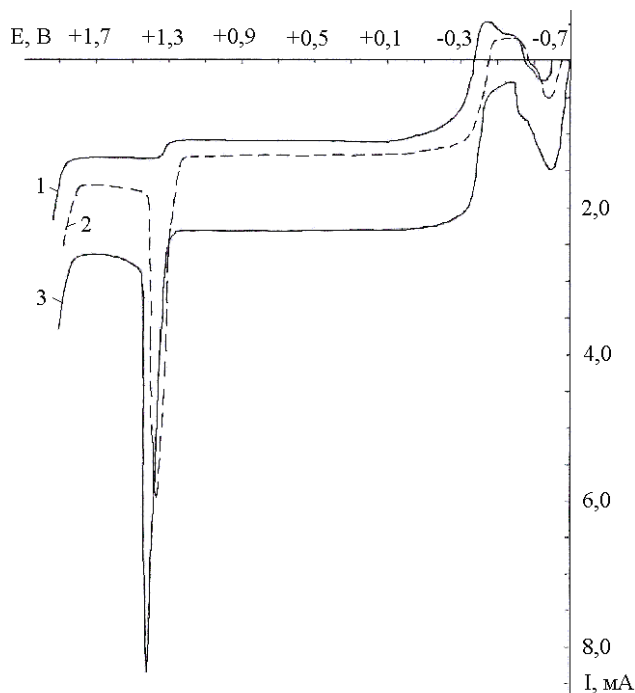
Кривые а, б — в растворе 250 г/л H_2CrO_4 .
Кривые а', б' — в растворе 250 г/л H_2CrO_4 + 5 г/л H_2SO_4 .

Рисунок 1 — Катодные потенциодинамические поляризационные кривые $Cr(VI)$ на различных электродах: Pt(a), сталь 45X(б), Pb(в)

В присутствии сульфат-ионов на катодной кривой свинца (рисунок 1 в) также наблюдается резкое увеличение высоты волны при потенциале +0,2В. На поляризационной кривой в растворе серной кислоты при данном потенциале происходит восстановление сульфата свинца, образующегося при погружении электрода в раствор по реакции: $Pb^{2+} + 2e \rightarrow Pb^0$. Поверхность электрода при этом представляет свежесформированный элементный свинец, который оказывает каталитическое действие на восстановление анионов CrO_4^{2-} . Сформировавшаяся коллоидная пленка очень плотная и экранирует поверхность электрода, при более отрицательных потенциалах выделения водорода пленка отрывается, что проявляется в резком падении тока на кривой.

Дальнейшие исследования проводили на стальном электроде, так как это представляет большой технологический интерес. При снятии катодных поляризационных кривых в электролите, состоящем из ионов CrO_4^{2-} и SO_4^{2-} , было замечено образование черной коллоидной пленки уже при потенциале начала волны $\sim -0,1 \div -0,5В$, что предполагает протекание реакции восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} . Вопрос о трактовке механизма восстановления $Cr(VI)$ заключается в одном — является ли процесс образования хрома электрохимическим или он химически восстанавливается выделяющимся водородом. Для выяснения этого вопроса были проведены следующие опыты. Стальной электрод подвергали микроэлектролизу при различных потенциалах — от потенциала начала волны или формирования коллоидной пленки ($-0,5В$) до потенциалов выделения водорода на катодной кривой ($-0,9В$). После проведения микроэлектролиза снимали анодные кривые (рисунок 2), необходимо отметить, что волна окисления катодного осадка (или элементного хрома) появляется после микроэлектролиза при потенциалах $-0,85 \div -0,9В$ и

высота данной волны зависит от времени выдержки (рисунок 2).



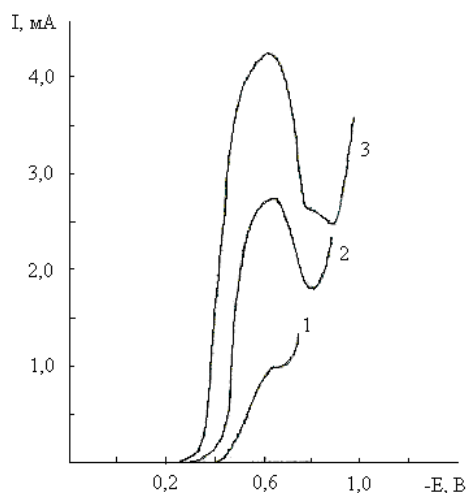
1 — $\tau = 1$ мин при $E = -0,85 В$; 2 — $\tau = 3$ мин при $E = -0,85 В$;
3 — $\tau = 1$ мин при $E = -0,90 В$

Рисунок 2 — Анодные поляризационные кривые стального электрода, снятые после микроэлектролиза в сернокислом растворе $Cr(VI)$ ($C_{Cr(VI)} = 250 г/л$) при различных потенциалах E и времени выдержки τ

В работах [6-8] также отмечается, что электролитическое осаждение хрома происходит при высоких плотностях тока ($1000-5000 А/м^2$) наряду с выделением водорода.

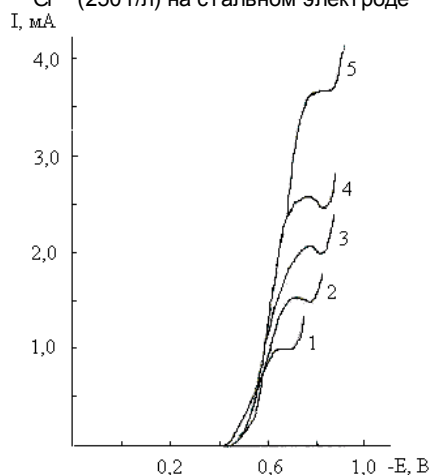
Было изучено влияние концентрации SO_4^{2-} (рисунок 3), волна восстановления анионов шестивалентного хрома наблюдается в области потенциала нулевого заряда железа $E_{н.з.} = -0,325В$ [4]. С повышением концентрации SO_4^{2-} потенциал пика становится положительнее.

Увеличение скорости развертки потенциала проявляется в росте высоты волны при потенциале $-0,4В$ и в смещении потенциала пика в отрицательную сторону (рисунок 4).



1 — 5 г/л H_2SO_4 ; 2 — 20 г/л H_2SO_4 ; 3 — 40 г/л H_2SO_4

Рисунок 3 — Влияние концентрации серной кислоты на высоту волны восстановления ионов Cr^{6+} (250 г/л) на стальном электроде



1 — 4 мВ/с; 2 — 10 мВ/с; 3 — 20 мВ/с; 4 — 40 мВ/с; 5 — 80 мВ/с

Рисунок 4 — Влияние скорости развертки потенциала на высоту волны восстановления шестивалентного хрома

По мнению авторов [9], это наблюдается в случае электродных процессов, в которых после обратимого переноса электронов происходит химическая дезактивация электродных продуктов.

Таким образом, изучено влияние материала электрода на электрохимическое восстановление хромат-ионов. Подтверждено каталитическое действие сульфат-ионов на процесс восстановления хрома (VI). Установлено, что ионы хрома химически восстанавливаются при потенциале выделения водорода. Полученные данные хорошо согласуются с предположением о восстановлении анионов в области потенциалов нулевого заряда, когда поверхность катода заряда не имеет и отрицательные анионы могут подходить к поверхности катода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

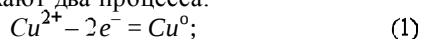
1. Басов А., Кожиков Б.Е., Букетов Е.А., Журинов М.Ж. Кинетическая волна «трудновосстанавливающегося» селенат-иона на свинцовом электроде в сернокислом растворе // Электрохимия. 1985. №4. С. 550-551.
2. Басов А., Бейбитова А.Д., Фигурина И.В., Журинов М.Ж. Катодное поведение шестивалентного теллура в сернокислом растворе // Известия вузов. Цветная металлургия. 1986. №4. С. 117-119.
3. Кожиков Б.Е. Электрохимическое восстановление «трудновосстанавливающихся» анионов мышьяка (V) и селена (VI) на твердых электродах: Дис. ... канд. хим. наук. Караганда, 1984. 141 с. (для служебного пользования).
4. Справочник по электрохимии / Под ред. А.М. Сухотина. Л.: Химия, 1981. 488 с.
5. Майрановский С.Г. Каталитические и кинетические волны в полярографии. М.: Наука, 1986. 237 с.
6. Прикладная электрохимия / Под ред. А.П. Томилова. М.: Химия, 1984. 520 с.
7. Ваграмян А.Т., Жамагорцяц М.А. Электроосаждение металлов и ингибирующая адсорбция. М.: Наука, 1969.
8. Ефимов Е.А., Ток Л.Д., Твердынина Т.Б. Механизм восстановления аниона хромовой кислоты до трехвалентных ионов хрома // Электрохимия. 1989. Т. 25. Вып. 10. С. 1398-1401.
9. Saveant J.-M., Vianello E. Comp. rend. 1963. 256. 2597.

УДК 541.13:546.19

М.М. ДОСПАЕВ

Получение медного порошка из солянокислых растворов

На сегодняшний день среди направлений цветной металлургии особое место занимает порошковая металлургия [1]. Порошок меди используется в качестве цементатора при изготовлении пористых бронзовых вкладышей как основной компонент при приготовлении противоизносных присадок, создающих эффект безыносности при трении. Порошок меди получают механическими и физико-химическими методами [1, 2]. Среди физико-химических методов особое место занимает электрохимический [1, 3]. Электролитическим путем получают порошок, обладающий различными ценными свойствами [2, 3-5]. При этом неизбежным явлением становится реакция выделения водорода [6] и на катоде протекают два процесса:



Вследствие протекания побочной реакции (2) выход по току основного процесса всегда ниже 100% [1]. Невысокий выход по току катодного процесса обусловлен самим принципом получения порошка электролизом из сернокислых растворов. В данной работе впервые показана возможность получения

порошка меди из солянокислых растворов, целью которого является повышение катодного выхода по току. Электролиз проводили в растворе солянокислой меди, в качестве электродов использовали стержневой титановый катод и пластинчатый медный анод. В отличие от сернокислых растворов анодный процесс растворения меди в солянокислых растворах протекает преимущественно с образованием одновалентных ионов меди по реакции [7]:



В ходе электролиза та часть тока, которая в сернокислых растворах меди расходуется на катодное восстановление одного иона двухвалентной меди (Cu^{2+}), в данном случае катодно восстанавливает одновременно два иона одновалентной меди (Cu^+), поэтому выход по току превышает 100%. Для определения оптимальных условий электролиза использовали метод многофакторного планирования эксперимента [8]. Используемые факторы (см. табл.): температура, t , °C; катодная плотность тока D_k , а/м²; концентрация соляной кислоты $C_{\text{НСл}}$, г/л; концентрация меди C_{Cu} , г/л; время электролиза τ , мин. В результате проведения эксперимента получены

частные функции выхода по току BT_1 - BT_5 . После выборки на уровне по пяти частным функциям были построены точечные графики, которые приведены на рисунке 1. Подбор аппроксимирующей функции проведен с учетом физического смысла изучаемой зависимости. При анализе зависимостей выхода по току (BT) незначимой оказалась функция BT_3 (C_{HCl}). По-видимому, в выбранном интервале концентрации кислоты обеспечивается максимальная электропроводность электролита. Функция BT_1 (t , °C) имеет значимую линейную зависимость, для ее обработки наиболее подходит уравнение прямой по методу наименьших квадратов. Повышение выхода по току с ростом температуры обусловлено улучшением продвижения разряжающихся ионов меди к катоду в результате увеличения скорости диффузии.

Зависимость *плотность тока — выход по току* BT_2 (D_k) описали уравнением прямой с тенденцией к убыванию. Это вполне закономерно, так как с повышением плотности тока возрастает скорость побочной реакции (2). Частную зависимость выхода по току от концентрации меди BT_4 (C_{Cu}) описали уравнением прямой, которая была получена также обработкой экспериментальных точек по методу наименьших квадратов. С ростом концентрации ионов меди в растворе облегчается доставка их к поверхности катода, что приводит к снижению поляризации и перераспределению тока в пользу процесса разряда меди.

Для временного фактора аппроксимирующей функцией выбрали уравнение обращенной параболы. Чтобы точнее описать разброс экспериментальных точек, кривую провели из начала координат через дополнительную шестую точку. На наш взгляд, такому поведению зависимости можно дать следующее объяснение. При образовании рыхлого осадка на катоде величина его поверхности увеличивается, а реальная плотность тока падает. Это влечет за собой изменение поляризации и, как следствие, перераспределение тока между совместно протекающими процессами (1) и (3). Микродендриты рыхлого осадка растут в глубь раствора, навстречу поступающим из глубинных слоев ионам, следовательно, их питание разряжающимися ионами со временем улучшается. Все это обуславливает повышение выхода по току с течением электролиза. На основании экспериментальных данных с участием значимых частных функций получили многофакторное обобщающее уравнение выхода по току медного порошка из солянокислых растворов:

$$\hat{A}\hat{O} = 2,064 \cdot 10^{-6} \cdot (2,1063 \cdot t - 24,669) \cdot (-0,0249 \cdot D_e + 118,36) \cdot (4,3088 \cdot \tilde{N}_{Cu} + 46,134) \cdot (26,0027 \cdot \sqrt[4]{\tau}). \quad (4)$$

МАТРИЦА ПЯТИФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

№	t°	D_k (а/м ²)	C_{HCl} (г/л)	C_{Cu} (г/л)	τ (мин)	$BT\%$ Эксп	$BT\%$ Расч
1	25	500	50	2,5	30	11,137	21,1877
2	25	1500	250	7,5	90	28,001	29,4000
3	25	1000	150	5	60	19,269	26,4434
4	25	3000	450	12,5	180	40,600	24,0200
5	25	2000	350	10	120	33,66	30,4120
6	50	500	250	5	180	112,61	113,635
7	50	1500	150	12,5	120	71,27	116,042
8	50	1000	450	10	30	48,19	84,467
9	50	3000	350	2,5	90	23,27	33,1217
10	50	2000	50	7,5	60	61,42	64,7907
11	40	500	150	10	90	159,14	93,0720
12	40	1500	450	2,5	60	75,89	41,0280
13	40	1000	350	7,5	180	74,51	85,8790
14	40	3000	50	5	120	16,52	31,2735
15	40	2000	250	12,5	30	43,81	51,3068
16	70	500	450	7,5	120	188,7	181,197
17	70	1500	350	5	30	71,214	84,5461
18	70	1000	50	12,5	90	176,89	189,665
19	70	3000	250	10	60	90,75	71,4366
20	70	2000	150	2,5	180	118,38	94,1617
21	60	500	350	12,5	60	156,61	160,893
22	60	1500	50	10	180	113,29	144,516
23	60	1000	250	2,5	120	75,41	96,0870
24	60	3000	150	7,5	30	101,15	43,7566
25	60	2000	450	5	90	51,84	78,0129

Адекватность полученной математической модели подтверждается значением коэффициента корреляции $R = 0,85$ и его значимостью $t_R = 14,92$. Ошибка уравнения составила: $\sigma = 5,59\%$ абс., доверительный интервал $\delta = 11,9\%$. Уравнение (4) можно использовать для кинетического анализа. Скорость процесса есть частная производная по времени (τ), т.е. остальные переменные являются постоянными. Преобразуем уравнение (4) приняв, что

$$\hat{A} = 2,064 \cdot 10^{-6} \cdot (2,1063 \cdot t - 24,669) \times (-0,0249 \cdot D_e + 118,36) \cdot (4,3088 \cdot \tilde{N}_{Cu} + 46,134),$$

получим: $\hat{A}\hat{O} = \hat{A}\tau^{1/4}, \quad (5)$

отсюда скорость процесса равна: $\frac{d\hat{A}\hat{O}}{d\tau} = \frac{\hat{A}}{4} \cdot \tau^{-3/4}. \quad (6)$

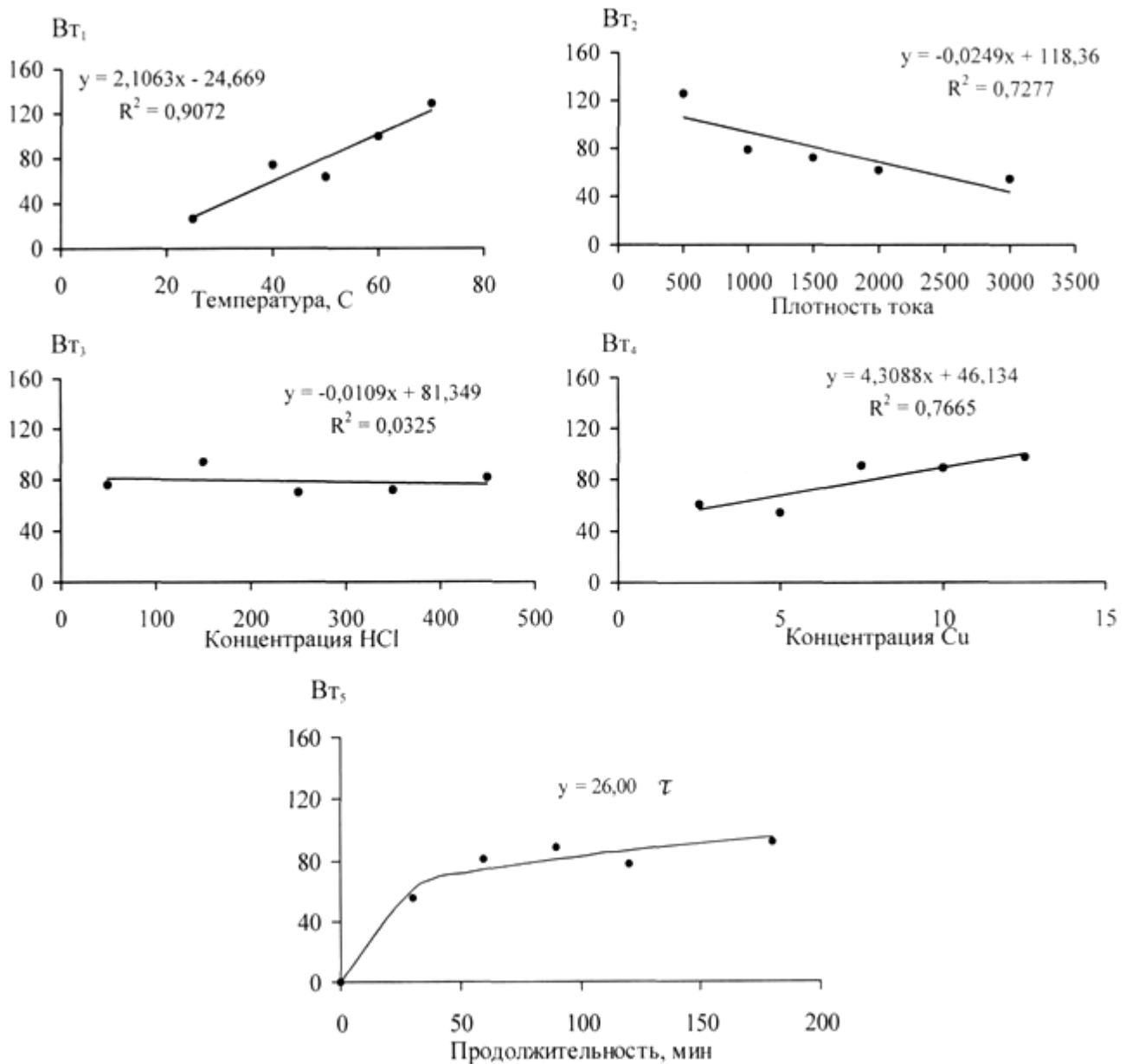


Рисунок 1 — Частные зависимости выхода по току меди

Для обеспечения постоянства площади поверхности при обработке всех изотерм достаточно обеспечить постоянство BT . Этого можно достичь чисто аналитически, заменяя в исходном уравнении (5) τ на BT , так как, задавая в уравнении скорости (6) одно и то же значение τ для разных изотерм, невозможно обеспечить постоянство BT , а значит, и площади поверхности:

$$\tau = \left(\frac{\hat{A}\dot{O}}{\hat{A}} \right)^4 \quad (7)$$

и, подставляя это выражение в уравнение скорости:

$$\frac{d\hat{A}\dot{O}}{d\tau} = \frac{K}{4} \left[\left(\frac{\hat{A}\dot{O}}{\hat{A}} \right)^4 \right]^{-\frac{3}{4}} = \frac{\hat{A}}{4} \hat{A}\dot{O}^{-3}, \quad (8)$$

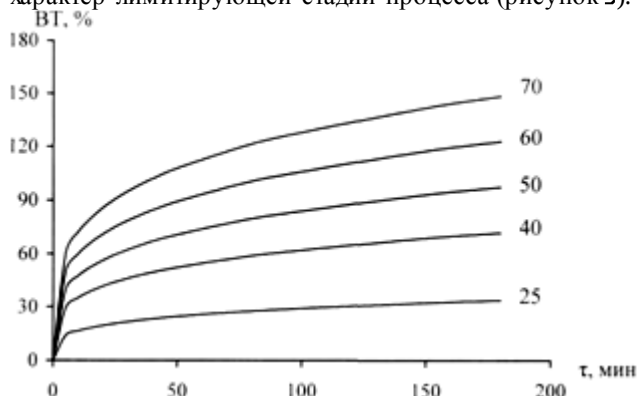
получим уравнение скорости в развернутом виде:

$$\frac{d\hat{A}\dot{O}}{d\tau} = \frac{\hat{A}\dot{O}^{-3}}{4} \left[2,064 \cdot 10^{-6} \cdot (2,1063 \cdot t - 24,669) \cdot (-0,0249 \cdot D_{\kappa} + 118,36) \cdot (4,3088 \cdot \tilde{N}_{Cu} + 46,134) \right]^4, \quad (9)$$

которое можно обрабатывать в координатах $\ln \frac{d\hat{A}\dot{O}}{d\tau} - 1/T$ при любой комбинации, фиксируя все изотермы при определенном значении BT . Ограничимся для наших целей характерной степенью реагирования $BT = 12$ и условиями $D_{\kappa} = 1600$; $C_{Cu} = 7,5$. Подобные преобразования можно выполнить и графически (рисунок 2), проведя расчетные изотермические зависимости по уравнению (4) с пересечением их горизонталью при $BT = 12$ и определением углов наклона, но это будет намного менее строго, чем при аналитическом расчете.

Полученные значения скорости для пяти температур (298, 313, 323, 333, 343 К) из уравнения (7) переводим в аррениусовые координаты с построением прямолинейной зависимости, из которой была

найденa величина кажущейся энергии активации, составившая для выхода по току, равному 12%, 111,016 кДж/моль, что указывает на кинетический характер лимитирующей стадии процесса (рисунок 3).



Линии по обобщающей зависимости (4) для температур: 1 — 25, 2 — 40, 3 — 50, 4 — 60, 5 — 70 °C.

Рисунок 2 — Зависимость выхода по току меди от продолжительности электролиза

Таким образом, методом математического планирования проведено исследование влияния концентра-

ции ионов меди и соляной кислоты в электролите, плотности тока, температуры и продолжительности процесса на выход по току порошкообразной меди. Показано, что выход по току существенно возрастает с повышением содержания ионов меди, температуры электролита и увеличения продолжительности электролиза. Повышение кислотности электролита и плотности тока приводит к снижению выхода по току.

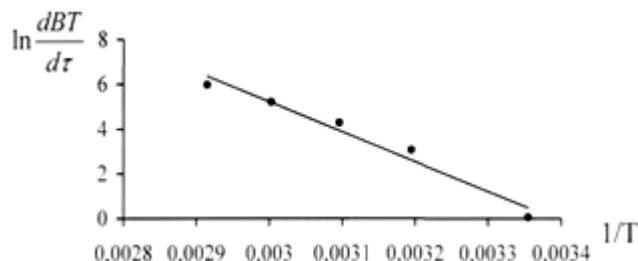


Рисунок 3 — Зависимость скорости от температуры в аррениусовых координатах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Либенсон Г.А. Основы порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1975. 200 с.
2. Соболев С.И., Виноградов Г.А., Кононов А.В., Оганян Р.Л. Производство медных порошков и проката. М.: Цветметинформация, 1976. 83 с.
3. Номберг М.И. Производство медного порошка электролитическим способом. М.: Металлургия, 1971. 134 с.
4. Цейдлер А.А. О некоторых возможностях организации производства медного порошка // Цветные металлы. 1974. №1. С. 31-32.
5. Шмидт В.В. Новый цех по электролитическому производству медного порошка // Там же. 1981. №3. С. 39-40.
6. Левин А.И. Электрохимия цветных металлов. М.: Металлургия, 1982. 256 с.
7. Баймаков Ю.В., Журин А.И. Электролиз в гидрометаллургии. М.: Металлургиздат, 1963. С. 215-216.
8. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента. Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. 116 с.

УДК 669.168

Ж.С. АДЫЛХАНОВ
М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ
С.О. БАЙСАНОВ
А.Ф. ЧЕКИМБАЕВ

Совершенствование технологии выплавки ферросиликоалюминия

Развитие металлургической отрасли, в частности кремнистых ферросплавов, основано на использовании сырья, соответствующего по качеству применяемым технологиям, и снижении потребляемой электроэнергии. Истощение запасов высококачественного первичного рудного сырья (кварцитов, бокситов), тенденция роста стоимости кокса и т.д. предполагают комплексный подход в использовании минерального сырья и продуктов угледобычи. Вовлечение в металлургический передел отходов угледобычи является одним из перспективных направлений по организации производства комплексных кремниевых и кремнеалюминиевых сплавов, основанных на электротермии высокзолных углистых пород. Технология выплавки ферросиликоалюминия (ФСА) предполагает использование высокзолных углеотходов и добавок кварцита без применения

кокса. Процесс восстановления кремнезема и глинозема обеспечивается углеродом углистой породы. Отвальные углистые породы зольностью 50-65% являются уникальным материалом и представляют собой природную смесь оксидов кремния, алюминия и углерода. Минеральная составляющая пород на 92-96% состоит из оксидов кремния, алюминия и железа, причем сумма оксидов кремния и алюминия не менее 89-90%. Содержание SiO_2 и Al_2O_3 в зольной части находится в пределах 55-60% и 30-35%, соответственно. Угольная масса в породах, в зависимости от зольности, составляет 20-34% при содержании до 15-18% летучих соединений. Данный состав углистых пород гарантирует получение кремнеалюминиевого сплава с содержанием кремния 50-65%, алюминия 10-30%, остальное — железо [1].

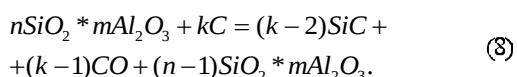
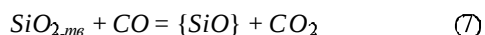
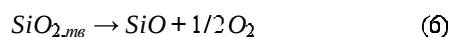
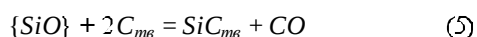
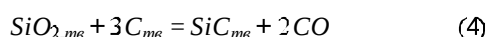
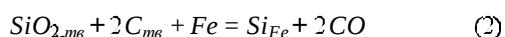
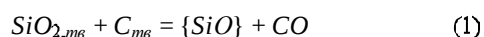
Выплавка сплава производится в электропечах руднотермического типа мощностью трансформатора 5-16 МВА с постоянной загрузкой шихтовых материалов и периодическим выпуском продуктов плавки — сплава и шлака, причем количество шлака не превышает 3-5% от веса сплава.

При высокотемпературном восстановлении шихты, состоящей из углистой породы и кварцита, необходимого для нейтрализации излишков углерода, в печи происходят одновременно многочисленные реакции восстановления, окисления, удаления газообразных продуктов.

В зависимости от физического состояния шихтовых материалов, их температуры и степени восстановленности, условно ванну печи можно разделить на ряд зон:

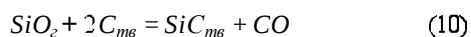
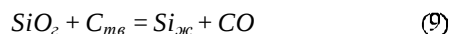
- зона твердых шихтовых материалов (500-1400 °C);
- зона размягченных материалов (1400-1800°C);
- зона шлакового расплава (1800-2200°C);
- зона металлического расплава.

Ниже поверхностного слоя при температурах 1200-1700°C возможно протекание следующих реакций [1]:



Установлено преимущественное протекание реакции (4)-(8) в диапазоне температур 1500-1600°C. При температуре 1550°C происходит образование SiC по реакциям (4), (5) и параллельно идет образование сплава FeSi по реакции (2). Выплавка ферросиликоалюминия, аналогично выплавке кремнистых сплавов, характеризуется образованием газообразных субоксидов кремния и алюминия и в какой-то степени процессы восстановления происходят через газовую фазу.

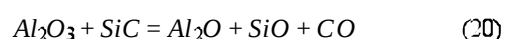
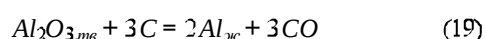
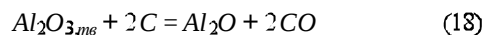
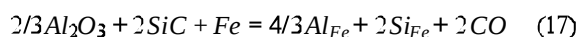
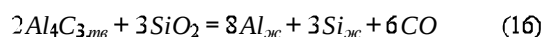
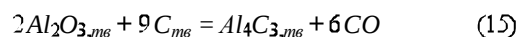
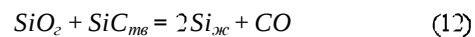
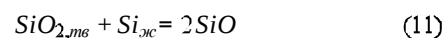
Субоксид кремния образуется преимущественно в результате взаимодействия высшего оксида с кремнием при температуре выше 1710°C с началом плавления кремнезема. Образование субоксида кремния возможно при восстановлении кремнезема окисью углерода и при диссоциации кремнезема. Газообразный SiO в верхних горизонтах печи вступает в реакцию с углеродом с образованием карбида кремния и в меньшей степени металлического кремния:



Кроме того, карбид кремния образуется и непосредственно при восстановлении кремнезема

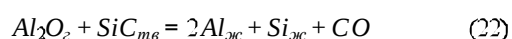
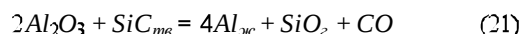
углеродом. При температуре 1600°C возможно восстановление кремнезема муллита. Повышенное содержание кремнезема препятствует образованию оксикаридов алюминия и карбида алюминия.

В приэлектродных зонах с повышением температуры до 2000°C сохраняется продолжение реакции (1)-(8) и обуславливается появление новых:



Силикаты алюминия при высоких температурах начинают разлагаться на Al_2O_3 и SiO_2 или реагируют с углеродом. Такое же превращение будет претерпевать и минеральная часть углей, в которой содержится значительное количество каолинита. При температуре 1800°C происходит распад муллита $3\text{Al}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$. Карбид алюминия неустойчив при повышенном содержании кремнезема в шихте и сразу взаимодействует с кремнеземом по реакции (16) с образованием кремнеалюминиевого сплава.

В подэлектродной области, где температура выше 2200°C, происходит расхождение карбида кремния на взаимодействие с глиноземом, субоксидами кремния и алюминия с образованием кремнеалюминиевого сплава и повышение концентрации кремния и алюминия в металле по реакциям:



В верхних горизонтах слоя шихтовых материалов возможно протекание реакций взаимодействия газообразных субоксидов с углеродом и карбидами с образованием сплава. Учитывая специфику процессов восстановления с большим выбросом металла в виде субоксидов SiO, Al_2O в газовую фазу, необходимо поддерживать достаточную высоту колошника для возврата элементов и снижения потерь основных элементов.

Результаты опытных плавов сплава ФСА показывают тенденцию роста извлечения ведущих элементов в сплав при недостатке восстановителя на 3-5% от стехиометрии.

Промышленное освоение выплавки ферросиликоалюминия было проведено при использовании экибастузских углистых пород. Эти породы зольностью 50-60% показывают, на примере ферросплавного мини-завода в г. Экибастуз, возможность получения ФСА марок ФС50А15-20 и ФС55А15-20.

Узким местом при использовании для плавки экибастузских углистых пород является их сравнительно высокая электропроводность, что ограничивает использование повышенных значений ступеней напряжения на низкой стороне трансформатора. Процессы спекания шихты на колошнике, зависящие от легкоплавких включений в золе углистых пород, также затрудняют отвод технологических газов, обработку колошника, повышают потери кремния и алюминия через локальные газовые прорывы, снижают производительность печи.

С целью расширения сырьевой базы и улучшения технологических показателей процесса выплавки был проведен анализ химических и минералогических составов углистых пород экибастузского и карагандинского угольных месторождений на предмет использования их для выплавки ферросиликоалюминия. Наиболее подходящими по химическому составу оказались борлинские углистые породы зольностью 53-60% и соответствующие для получения ФСА марки ФС55-60А15-20 [2].

Сравнительные характеристики химического состава углистых пород экибастузского и борлинского месторождений представлены в таблице.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ
УГЛИСТЫХ ПОРОД

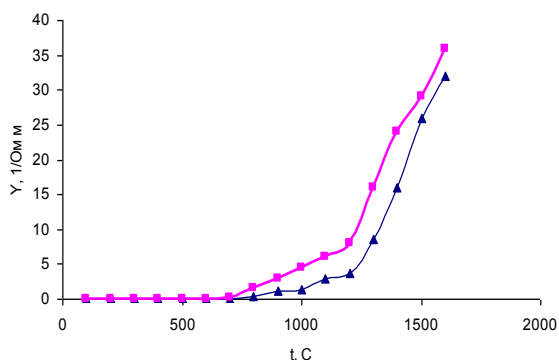
Материал	A^c	V^c	SiO_2	Al_2O_3	$Fe_{общ}$	CaO	MgO	P	S
Углистая порода (Экибастуз)	56,8	15,4	56,4	33,5	3,7	3,78	0,3	0,074	0,032
Углистая порода (Борлы)	55,6	17,2	62,0	32,3	0,51	0,8	0,25	0,02	0,023

Как видно из таблицы, химические составы минеральной части углистых пород практически не отличаются, кроме повышенного содержания железа и оксида кальция в экибастузской породе. Летучие соединения в углистой массе не превышают 20%, в среднем 15-18%. Зольность пород в основном составляет для экибастузских — 52-60%, для борлинских — 53-65% и влияет при постоянном содержании летучих соединений только на количество активного углерода в породе. Несмотря на практически одинаковые составы углистых пород, имеются отличия в структуре минерального вещества. Определено, что минеральная составляющая борлинских пород представлена в большинстве своем аргиллитоподобным веществом, в отличие от экибастузских, где преобладает каолинитоподобная структура. Минералогический анализ углистых пород показал, что углистые массы в породе сложены в виде крупных агрегатов или прослоек попеременно с глинистыми частицами, представляющими оксиды кремния и алюминия. Основной составляющей борлинских углистых пород является аргиллит до 70%, железо находится в виде сидерита 5%, кварц 5-10%, примесные обломочные компоненты составляют 5-10%. Из практики электротермии высококремнистых сплавов установлено, что при

выплавке образуется не более 5% шлака от веса полученного металла, и в зонах твердых и слегка размягченных шихтовых материалов выделяется не более 30-10% полезной электрической мощности. Однако сопротивление шихты в верхних горизонтах колошника является определяющим и в значительной мере оказывает влияние на заглубление электродов в ванне печи.

Проведенный сравнительный анализ (см. рис.) электросопротивлений до температуры 1600°C показал более низкие значения удельной проводимости борлинских углистых пород — $\gamma = 30-33 \text{ ом} \cdot \text{м}^{-1}$, в отличие от экибастузских — $\gamma = 36-40 \text{ ом} \cdot \text{м}^{-1}$. При высоких температурах, вплоть до температуры размягчения — 1700°C, углеотходы сохраняют механическую прочность, оплавление происходит только при температуре выше 1750°C.

Это дало основание для проведения опытных плавов с целью проверки возможности выплавки ФСА при повышенных ступенях вторичного напряжения. Испытания проводили в электропечи мощностью 200 кВА с проводящей подиной, при напряжении 36,6 В. Для плавки использовали борлинскую углистую породу зольностью 54% и кварцит. Процесс характеризовался стабильностью хода печи и своевременным выпуском продуктов плавки через каждые два часа. Спекание верхних слоев шихты устраняли принудительной опиковкой. Переключение на вторичное напряжение 49 В значительно улучшило работу печи, тогда как при плавке экибастузских углистых пород работа на таком напряжении вызывала перенос активной реакционной зоны в верхние слои шихты и приводила к расстройству процесса. Колошник практически не обрабатывали, вследствие самопроизвольных обвалов шихты перед выпуском сплава, выход технологических газов был равномерным, разделка летки при выпуске сплава не вызывала осложнений. Сплав выходил активно, что указывало на горячий ход печи. Производительность повысилась на 30%. Полученный сплав содержал 55-60% кремния, 17-21% алюминия, остальное — железо. Аналогичные показатели получены при испытаниях по выплавке ФСА в промышленных условиях с использованием борлинских углистых пород в электропечи мощностью 5 МВА в г. Экибастуз. Электропечь стабильно работала при вторичных напряжениях 120-130 В, тогда как использование экибастузских углистых пород ограничивало значения вторичного напряжения до 110 В. Полученный сплав соответствовал маркам ФС55А15 и ФС55А20, удельный расход электроэнергии снизился на 15%.



1 — шихта с борлинской углистой породой;
2 — с экибастузской углистой породой

График удельной проводимости

Таким образом, на основании исследования термодинамики взаимодействий элементов в шихте из углистой породы и кварцита, а также распределения элементов между металлической, шлаковой и газовой фазами было установлено, что до 1600°C в шихте в основном получают развитие реакции образования муллита и карбида кремния. Значительная часть кремнезема шихты восстанавливается до начала восстановления глинозема. Начиная от 1600°C, происходит совместное восстановление SiO_2 и Al_2O_3 ,

одновременно усиливается карбидообразование и начинается разрушение муллита с выделением $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в отдельную фазу и рост выхода SiO . Увеличение содержания Si и Al в металле начинается с 1800°C, требуемый уровень содержания Si и Al в металле достигается при температурах выше 1900°C. Установлена зависимость электрической проводимости углистых пород от структуры их минеральной составляющей.

Проведенные испытания по выплавке ферросиликоалюминия показали перспективность использования борлинских углистых пород, имеющих высокие значения электросопротивления, в отличие от экибастузских, что позволило вести процесс выплавки на высоких вторичных напряжениях и тем самым предопределить высокие температуры и скорость восстановления.

На основании проведенных испытаний установлена перспективность вовлечения в металлургический передел борлинских углеотходов, в которых наряду с высокой зольностью и высоким суммарным содержанием оксидов кремния и алюминия имеется в наличии 25-28% природного восстановителя, что характеризует их как ценное сырье для выплавки стандартных марок ФСА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байсанов С.О., Толымбеков М.Ж., Такенов Т.Д., Ахметов А.Б., Цымбал В.П. Освоение технологии электротермической выплавки ферросиликоалюминия из углеотходов в ОАО «Испат-Кармет» // Сталь. 2000. №7. С. 28-30.
2. Разработка технологических режимов и освоение производства комплексных сплавов на основе кремния и алюминия в руднотермических печах средней мощности: Отчет по НИР / ХМИ им. Ж. Абишева. Караганда, 2004-2006.

УДК 621.098.073.001.66

В.Г. БОЯРСКИЙ
В.Ф. МАКЕЕВ

Штамп для раздачи муфт рукавов высокого давления

Полые детали типа втулок с фланцами и утолщениями и колец различных конфигураций довольно широко распространены в машиностроении.

Изготовление подобных деталей на предприятиях машиностроения традиционными методами — литьем и механической обработкой резанием имеет свои недостатки: низкое качество заготовок и потери металла.

Для профилирования наружной или внутренней боковой поверхности трубчатых деталей существует и развивается большая гамма процессов поверхностной пластической деформации. В большинстве случаев для этой группы процессов применяют методы локальной обработки давлением. Хорошие результаты по точности размеров и качеству поверхности достигают при помощи метода пластического деформирования, называемого раздачей.

Операция раздачи представляет расширение пустотелых или трубчатых заготовок, производимое за счет расширения материала изнутри в радиальном направлении. Технологические процессы полых деталей отличаются высокой эффективностью и многообразием возможных вариантов

формообразования. Высокое качество поверхности, макроструктура после раздачи повышают износостойкость, статическую и динамическую прочность деталей.

Раздачу можно осуществлять на краях полой заготовки или на ее средней части в штампах с разъемными матрицами, эластичными средами и другими способами.

Операция раздачи, как правило, требует применения штампов с разъемной матрицей. Для раздачи применяют следующие типы штампов: 1) с резиновым пуансоном; 2) с жидкостью вместо пуансона; 3) с разжимными секциями, раздвигаемыми клиновой вставкой.

Общим недостатком указанных штампов являются неудобство и сложность ручного разъема матрицы и извлечения из матрицы готовой детали.

Степень деформации при раздаче может быть увеличена, если одновременно с внутренним радиальным давлением производить осевое сжатие заготовки. Экономический эффект достигается за счет снижения расхода металла и трудоемкости изготовления, а в ряде случаев за счет

эксплуатационных свойств деталей. Степень деформации при раздаче может быть выражена коэффициентом раздачи:

$$K_{\partial\partial\partial\partial} = \frac{d_1}{d_0}.$$

Если диаметр исходного полого цилиндра d_0 , то наибольший диаметр d_1 , до которого можно осуществить раздачу (рисунок 1):

$$d_1 = K_{\partial\partial\partial\partial} d_0,$$

где $K_{\partial\partial\partial\partial}$ — коэффициент раздачи, зависящий от относительной толщины заготовки.

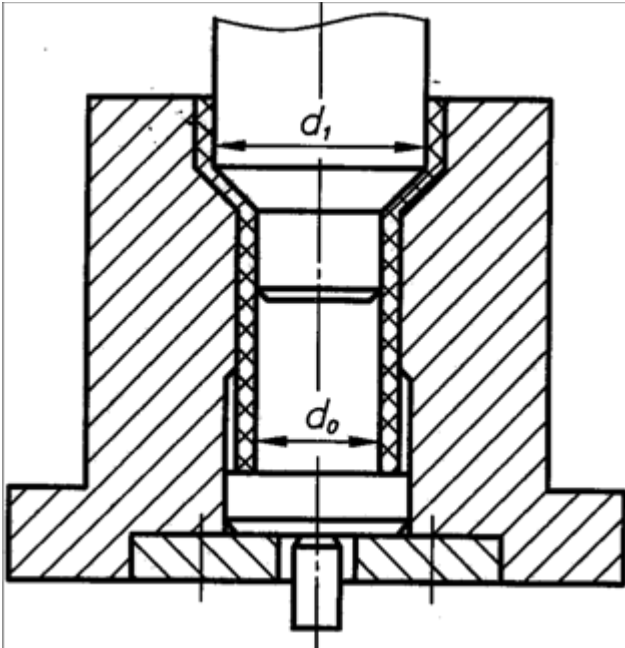


Рисунок 1 — Схема раздачи

Для стали $K_{\partial\partial\partial\partial}$ приведены в таблице.

s/d_0	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
$K_{\partial\partial\partial\partial}$	1,46	1,5	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,59	1,6	1,63	1,68

Толщина материала при раздаче уменьшается. Наименьшую толщину в месте наибольшего растяжения определяют по формуле:

$$s_1 = s \sqrt{\frac{1}{K_{\partial\partial\partial\partial}}}.$$

Размеры заготовки для раздачи определяют исходя из равенства объемов заготовки и детали без учета изменения толщины металла.

Предельное наибольшее значение усилие $P_{\partial\partial\partial\partial}$ без учета калибровки можно определить по формуле:

$$P_{\partial\partial\partial\partial} = 1,1\pi s \sigma_s (d_1 - d_0),$$

где σ_s — предел прочности штампуемого материала, МПа; остальные параметры в мм.

Для реализации метода (раздачи) был спроектирован штамп для муфт рукавов высокого давления на гидравлический пресс П6328 (рисунок 2).

Верхняя часть штампа состоит из плиты верхней 12, прокладки 10, пуансонодержателя 9, хвостовика 11. Нижняя часть штампа включает в себя плиту 1, направляющие 2 и 3, клин 4, выталкиватель 14,

матрицу 6, съемник 7, направляющие планки 5, ограничитель закрытой высоты 13, упор 15, пуансон 8.

Полая заготовка в штамп закладывается при выдвинутой на себя матрице с помощью ручки 16. Затем матрица возвращается в рабочее положение штампа. Для получения требуемых линейных размеров детали предусмотрен ограничитель закрытой высоты штампа.

Разработанная конструкция позволяет осуществлять удаление детали из матрицы с помощью клина и выталкивателя.

При выдвигании матрицы по направляющим на себя выталкиватель поднимется за счет клина и поднимает деталь. Съем детали с пуансона осуществляется съемником.

Деталь штампуются в холодном состоянии. Для изготовления рабочих элементов штампов в зависимости от штампуемых материалов могут быть использованы инструментальные стали: У10А, 9ХС, Х12М с твердостью матрицы HRC₃ 55...59, пуансона HRC₃ 53...57.

Использование разработанной конструкции штампа позволило повысить качество деталей, осуществлять получение детали без снятия стружки, а также повысить производительность труда за счет сокращения вспомогательного времени по удалению детали из матрицы.

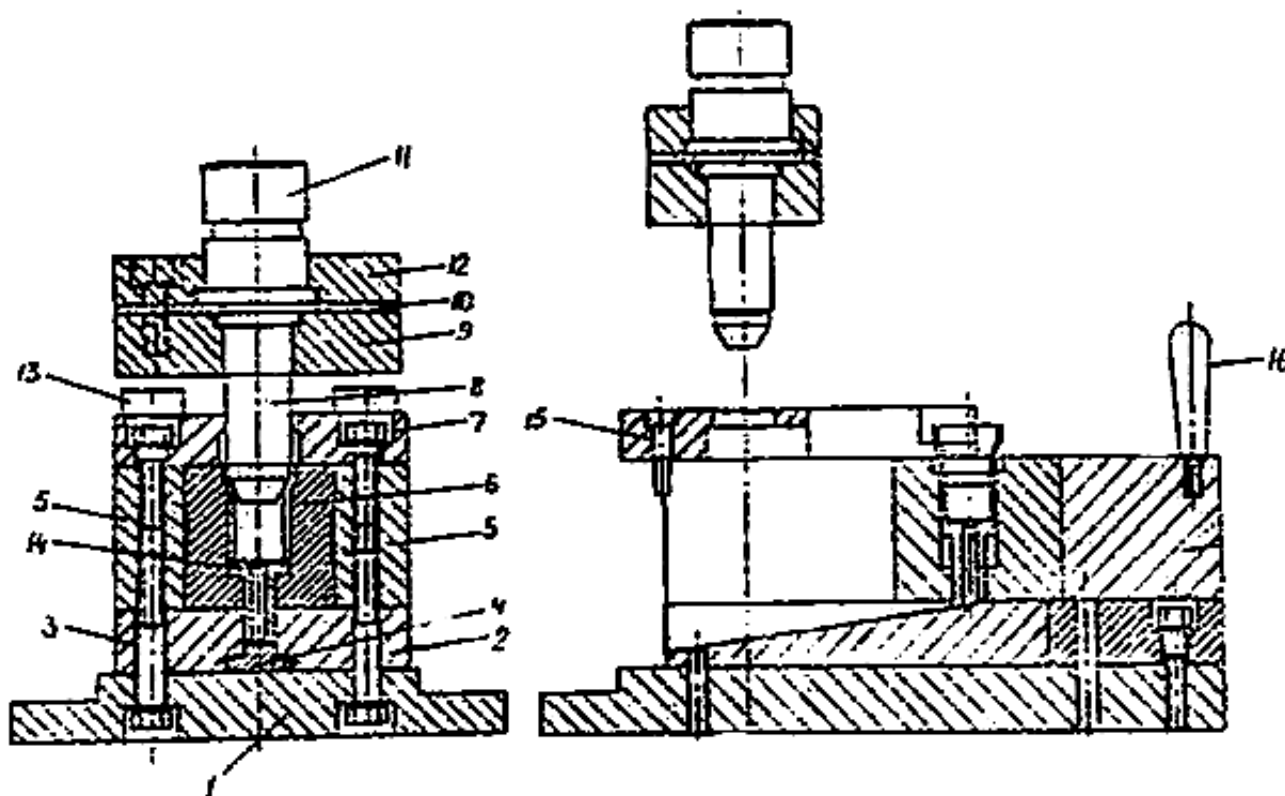


Рисунок 2 — Штамп для раздачи муфт

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудман Л.И. Справочник конструктора штампов. М.: Машиностроение, 1988. 496 с.
2. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1979. 520 с.

УДК 621.757

Д.Е. АЛИКУЛОВ
К.Т. ШЕРОВ

Управление значениями припусков, снимаемых с поверхностей направляющих суппорта токарного станка НТ-250И

Машиностроение является основой научно-технического прогресса в различных отраслях народного хозяйства. Непрерывное совершенствование и развитие машиностроения связано с прогрессом станкостроения, поскольку

металлорежущие станки вместе с некоторыми другими видами технологических машин обеспечивают изготовление любых новых видов оборудования.

Стремительное совершенствование техники, повышение мощности, быстроходности и точности машин, аппаратов, приборов наряду с ростом их надёжности требуют опережающего повышения точности металлорежущих станков. Для потребителя точность металлорежущих станков выражается в их способности обеспечить у готового изделия заданные точность размеров, формы и взаимного положения обработанных поверхностей, их волнистость и шероховатость, а также стабильность этих показателей в заданных пределах. В международной практике при определении точности металлорежущих станков руководствуются стандартами ISO. В странах СНГ — ГОСТ 25443-82Е, ГОСТ 8-82Е, ГОСТ 22267-76, ГОСТ 27843-88 и др.

Традиционно точность металлорежущих станков обеспечивалась соответствующей точностью изготовления его основных деталей, точностью сборки и регулировки, а также жесткостью элементов, износостойкостью опор и направляющих, стабильностью формы и размеров базовых и корпусных деталей [1].

Базовые детали металлорежущих станков служат для создания требуемого пространственного размещения узлов, несущих инструмент и обрабатываемую деталь, и обеспечивают точность их взаимного расположения под нагрузкой. Совокупность базовых деталей между инструментом и заготовкой образует несущую систему (НС) станка. К базовым деталям относят станины, суппорты, планшайбы и т.п. Соединение элементов НС между собой реализуется через неподвижные и подвижные соединения — направляющие.

Направляющие обеспечивают правильность траектории движения заготовки или инструмента и точность перестановки узлов. Они должны обладать малой величиной и постоянством сил трения, так как от этого зависит точность позиционирования узлов станка [2].

На Навоийском производственном объединении «Навоийский машиностроительный завод» (ПО НМЗ, г. Навои, Узбекистан) в станкостроительном подразделении серийно изготавливаются станки НТ-250И и их модификации с высотой центров над направляющими станины 250 мм.

Одним из «узких мест» в станкостроительном производстве является обеспечение качественных показателей поверхностей прилегания направляющих станины и суппорта.

На рисунке показана схема расположения 3-х плоскостей направляющих станины и суппорта. Из схемы видно, что в общем случае могут отклониться от прилегания все три плоскости. Причём отклонения значений углов $\Delta\varphi_1$ и $\Delta\varphi_2$ могут быть не равны, и в то же время могут быть отклонения плоскостей прилегания на угол β .

Обеспечение точности плоскостей прилегания направляющих станины и направляющих суппорта в станкостроении обеспечивается финишной технологической операцией — «Слесарная» [3]. На операции «Слесарная» точность прилегания обеспечивается вручную путем шабрения

поверхностей одной из деталей. Как правило, поверхности прилегания контактируемых деталей — станины и суппорта — обрабатываются на различных операциях.

Направляющие станины станка обрабатываются на продольно-шлифовальных станках. Причём чистовое шлифование обеспечивает прямолинейность в пределах 0,005 мм на 1 м длины направляющих станины.

Направляющие суппорта предварительно обрабатываются путем чистового фрезерования и окончательно подгоняются по размерам и положениям поверхностей направляющих станины станка путем шабрения направляющих суппорта. Контроль точности плоскостей прилегания осуществляется по пятнам контакта. Эта методика обеспечения точности прилегания известна и применяется повсеместно.

Известную в литературе и применяемую в промышленности методику обеспечения точности прилегания плоскостей скольжения направляющих станины и суппорта токарных станков можно отнести к методу обеспечения точности прилегания по «промерам». Метод получения размеров по «промерам» осуществляется, как правило, путем сравнения полученного размера с заданным. Этот метод широко используется в единичном, а иногда и мелкосерийном производстве.

Метод получения размеров по «промерам» имеет свои особенности, заключающиеся в том, что после каждого прохода либо неполной части прохода обрабатываемый размер контролируется и его значение корректируется по величине разницы между заданным и полученным значениями.

В частности, для случая обеспечения качественных показателей плоскостей прилегания направляющих станины и суппорта токарного станка НТ-250И при контроле качества по «промерам» проходом можно считать определенный этап шабрения, при котором удаляется материал с точек контактов, т.е. точек, имеющих отблески контакта.

Оценка прилегания поверхностей осуществляется «визуально» после каждого определённого этапа шабрения направляющих суппорта. Контроль прилегания направляющих осуществляется по количеству пятен контакта на квадратный сантиметр.

Оценка точности размеров, получаемых по «промерам», и оценка точности плоскостей прилегания по пятнам контакта разнятся по методике сравнения результатов измерения обработанной детали с заданной поверхностью.

Трудоемкость и величина снимаемого припуска может быть существенно снижена, если рассматривать процесс шабрения как метод обеспечения точности прилегания по «промерам». При обработке деталей по «промерам» одним из факторов, влияющих на трудоемкость, является величина заданного припуска.

Припуск формируется за счёт допусков на обрабатываемые поверхности и значений минимальных припусков, рассчитываемых по известной методике [4].

Особенностью обеспечения прилегания направляющих V-образной поверхности станины и

суппорта является то, что заданный размер, т.е. угол профиля V-образной поверхности станины имеет допуск. Поэтому на операции «Слесарная», где осуществляется пригонка направляющей суппорта, снимаемый припуск должен рассчитываться с учётом допуска на размер V-образной направляющей станины.

При обработке V-образной поверхности прилегания направляющих станины и суппорта токарного станка НТ-250И на ПО «Навоийский машиностроительный завод» используется метод обеспечения точности по «промерам».

В качестве заданного размера принимаются размеры и положение V-образной поверхности направляющей станины станка НТ-250И. Так как V-образная поверхность направляющей имеет допуск на величину угла, то поверхность прилегания направляющей станины, принимаемая за заданный размер, имеет значительные отклонения.

На рисунке видно, что в общем случае направляющие станины и суппорта контактируют в 3-х точках: А, В и С. В реальных условиях возможно и другое расположение точек.

На рисунке показаны также углы несовпадения по граням V-образной поверхности $\Delta\varphi_1$ и $\Delta\varphi_2$, а также угол β несовпадения плоскостей скольжения. Причём угол $\Delta\varphi_1$ может быть не равен $\Delta\varphi_2$, т. е. $\Delta\varphi_1 \neq \Delta\varphi_2$.

Нами предлагается на операции «Слесарная» управлять значениями припусков, снимаемых с плоскостей прилегания, и эту операцию выполнять в два этапа.

Например, для схемы расположения точек контактов А, В и С, показанных на рисунке, где $\Delta\varphi_1 > \Delta\varphi_2$, на операции «Слесарная» этапы будут записаны в следующем содержании.

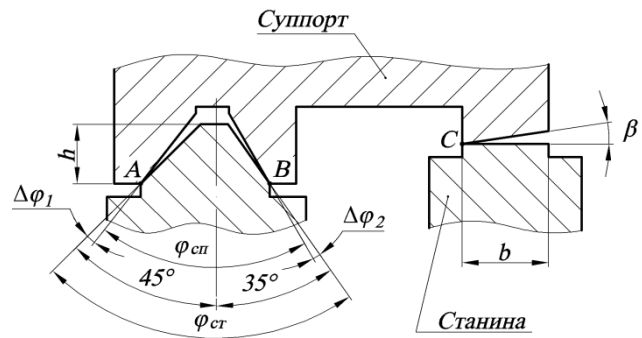


Схема расположения 3-х плоскостей направляющих станины и суппорта

Первый этап. Путем шабрения направляющей суппорта в точке С обеспечить равенство углов $\Delta\varphi_1$ и $\Delta\varphi_2$, т.е. поверхности прилегания привести к положению, когда $\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2$.

Второй этап. Путем шабрения направляющих суппорта в точках А, В и С довести контактирующие поверхности до уровня, удовлетворяющего требованиям по качеству прилегания поверхностей скольжения направляющих суппорта по направляющим станины.

Если расположение точек контакта А, В и С будет другим, то также путем шабрения в одной из точек А, В либо С необходимо обеспечить равенство углов $\Delta\varphi_1$ и $\Delta\varphi_2$, т.е. $\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2$. При этом процесс обеспечения качественных показателей плоскостей прилегания так же, как и в случае, показанном на рисунке, будет выполняться в два этапа.

Расчеты по станку НТ-250И Навоийского машиностроительного завода (Узбекистан) показали, что при использовании нашего предложения максимальную величину припуска можно снизить примерно на 0,10-0,15 мм, что составляет примерно 30% от максимального значения общего припуска, снимаемого с V-образной поверхности направляющей суппорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник / Под общ. ред. проф. А.С. Проникина. В 3-х т. Т. 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1994. 444 с.: ил.
2. Металлорежущие станки / Под общ. ред. проф. В.Э. Пуша. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.: ил.
3. Гусев А.А. и др. Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1986. 480 с.
4. Коганов И.А., Никифоров А.П., Сотова Б.И., Герлейн М.О. Размерный анализ технологических процессов. Тула: Изд-во ТулГУ, 1998. 110 с.

УДК 622.23

К.Б. КЫЗЫРОВ
В.А. ЯРЛОВ

Уточнение методики расчета бесклапанных гидроударников

Сложность и малоизученность процессов, происходящих при работе бесклапанного гидроударника, определили необходимость проведения специальных исследований. Цель исследований заключена в раскрытии особенностей рабочего цикла. Исследование цикла работы

бесклапанного гидроударника основано на анализе индикаторной диаграммы, которая позволяет раскрыть внутренние процессы энергопреобразования. Полный рабочий цикл идеальной модели бесклапанного гидроударника представлен на рисунке 1 [1]. Наибольший интерес в

рабочем цикле бесклапанного гидроударника представляют фазы сжатия и расширения жидкости, обозначенные на индикаторной диаграмме линиями 1-2 и 5-6. В реальной модели эти процессы имеют более сложный характер.

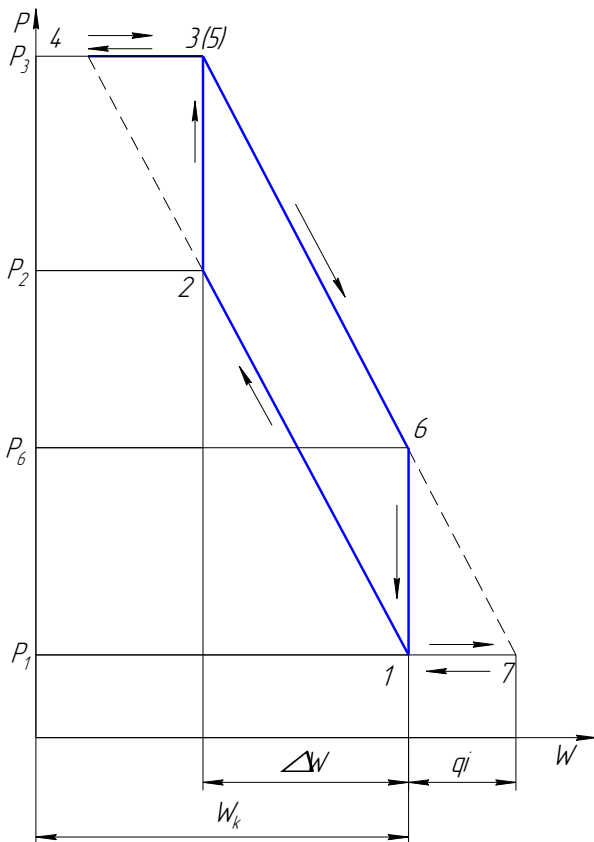


Рисунок 1 — Индикаторная диаграмма давления в камере рабочего хода для идеальной модели бесклапанного гидроударника

Изменение объема жидкости в фазах сжатия и расширения считается одинаковым и определяется непосредственно из индикаторной диаграммы, используя следующие соотношения [1]:

$$\frac{D_6 - D_1}{q_i} = \frac{P_3 - P_1}{\Delta W + q_i}, \quad (1)$$

$$q_i = \frac{D_3 \cdot W_k}{E_a} \cdot \left(\frac{D_6 - D_1}{D_3 - D_3} \right), \quad (2)$$

где ΔW — изменение объема жидкости, м^3 ;
 W_k — полный объем камеры рабочего хода бесклапанного гидроударника, м^3 ;
 P_1 — давление в гидротранспортной подсистеме, МПа;
 P_3 — рабочее давление, МПа;
 P_6 — давление жидкости в конце фазы расширения, МПа;
 q_i — объемная постоянная ударного механизма, м^3 ;
 E_a — динамический модуль объемной упругости жидкости, МПа.

Из уравнений (1) и (2) следует:

$$\Delta W = \frac{W_k \cdot (D_3 - D_6)}{A_a}, \quad (3)$$

До настоящего времени в процессе сжатия жидкости в камере рабочего хода бесклапанного гидроударника не учитывалась упругая деформация металлической оболочки, в результате которой происходит дополнительное приращение объема камеры рабочего хода.

Металлическую оболочку камеры рабочего хода бесклапанного гидроударника представим в форме цилиндра (рисунок 2). При анализе сложного процесса напряженного состояния цилиндрической оболочки допустим некоторые упрощения.

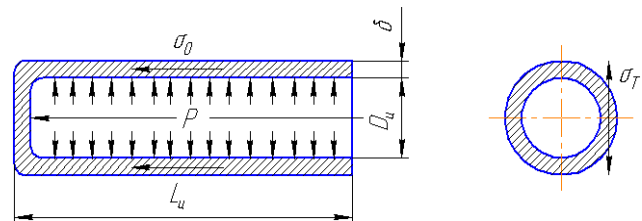


Рисунок 2 — Определение упругой деформации металлической оболочки камеры рабочего хода бесклапанного гидроударника

Тангенциальные и осевые напряжения в стенке цилиндра определяются приближенно по известным уравнениям для тонкостенных труб [2]:

$$\sigma_\delta = \frac{p \cdot D_\delta}{2 \cdot \delta}, \quad \text{МПа}, \quad (4)$$

$$\sigma_T = \frac{\delta \cdot D_\delta}{4 \cdot \delta}, \quad \text{МПа}, \quad (5)$$

где p — давление жидкости, МПа;

D_u — внутренний диаметр цилиндра, м;

δ — толщина стенки цилиндра, м.

Увеличение объема в результате радиальной деформации цилиндра:

$$\Delta W_{\delta, \delta} = \frac{2 \cdot \sigma_\delta}{A_\delta} \cdot W_k, \quad \text{м}^3, \quad (6)$$

где E_u — модуль упругости материала цилиндра, МПа;

σ_T — тангенциальные напряжения в стенке цилиндра, МПа.

Увеличение объема в результате осевой деформации цилиндра:

$$\Delta W_{\delta, i} = \frac{\delta \cdot S}{A_\delta \cdot f_\delta} \cdot W_k, \quad \text{м}^3, \quad (7)$$

где f_u — площадь сечения стенок цилиндра, м^2 ;

S — площадь цилиндра, м^2 .

Суммарное изменение объема жидкости в камере рабочего хода бесклапанного гидроударника в фазах цикла сжатия и растяжения состоит из податливости жидкости и податливости металлической оболочки бесклапанного гидроударника по выражениям (3), (6) и (7):

$$\Delta W_k = \Delta W + \Delta W_{\delta, \delta} + \Delta W_{\delta, i}, \quad (8)$$

где $\Delta W_{u, p}$ — податливость оболочки в результате радиальной деформации цилиндра, м^3 ;

$\Delta W_{u, o}$ — податливость оболочки в результате

осевой деформации цилиндра, м³.

Учитывать в расчетах податливость механической оболочки камеры рабочего хода бесклапанного гидроударника необходимо, т.к. это приведет к уточнению его габаритных размеров.

Исследования гидросистем машин, в особенности их динамики, публикуемые в настоящее время, характеризуются стремлением все более полно учитывать физические процессы, происходящие в системах, в первую очередь, сжимаемость рабочей среды.

Сжимаемость жидкости характеризуется модулем объемной упругости $E_{жс}$, входящим в обобщенный закон Гука [3]:

$$\frac{\Delta W}{W} = -\frac{\Delta P}{E_e}, \quad (9)$$

где ΔW — уменьшение объема жидкости, м³;

W — полный объем жидкости, м³;

ΔP — изменение давления жидкости, МПа;

$E_{жс}$ — модуль объемной упругости жидкости, МПа.

Применяя формулы (8) и (9) для расчета бесклапанных гидроударников, получим:

$$\frac{\Delta W_e}{W_e} = \frac{P_3 - P_6}{E_{гд}}, \quad (10)$$

где ΔW_e — суммарное изменение объема жидкости в камере рабочего хода бесклапанного гидроударника, м³;

$E_{гд}$ — приведенный модуль упругости системы, МПа.

Из формулы (10) следует:

$$\dot{A}_{гд} = \frac{W_k \cdot (P_3 - P_6)}{\Delta W_e}, \text{ Па.}$$

Таким образом, мы уточнили значение приведенного модуля упругости системы «металлическая оболочка-жидкость». Это необходимо для уточнения расчетов при проектировании бесклапанных гидроударников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазуткин А.Г., Нерозников Ю.И., Ткаченко В.А., Троценко В.М. Горные машины. Расчет и конструирование бурильных машин с бесклапанными гидроударными механизмами: Учебное пособие. Караганда: КарПТИ, 1983. С. 67.
2. Бочаров Ю.А. Гидропривод кузнечно-прессовых машин: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1969. 247 с.
3. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Б.Б. Некрасов, И.В. Фатеев, Ю.А. Беленков и др.; Под ред. Б.Б. Некрасова. М.: Высш. шк., 1989. 192 с.: ил.

УДК 548.736.5

М.П. ПУЗЕЕВА
В.М. ЮРОВ
В.С. ПОРТНОВ

Влияние температуры и давления на теплопроводность минералов

Теплопроводность пород можно подразделить на две составляющие: электронную $\lambda_{эл}$ и решеточную λ_r . Задачу о передаче тепла кристаллической решеткой обычно сводят к изучению фононов в созданном ими потенциальном поле, поэтому λ_r зависит от структуры породы. В кристаллических структурах теплопроводность определяется рассеянием фононов как на кристаллических зернах, так и друг на друге вследствие ангармоничности. Выше температуры Дебая последний механизм приводит к зависимости:

$$\lambda = f(\lambda_0 / T), \quad (1)$$

где λ_0 — значение теплопроводности при 293 К.

Эта зависимость качественно подтверждается экспериментально. В породах аморфной структуры передача тепла подчиняется теории случайных процессов, которая при рассматриваемых температурах дает зависимость

$$\lambda = f(T). \quad (2)$$

Теплопроводность обсидиана соответствует теории о линейном росте значений λ с повышением температуры. В породах кристаллоаморфной структуры (диабаз, порфирит, роговообманковый порфирит), где, наряду с кристаллической частью, содержится много стекла, реализуются оба механизма

передачи тепла. В результате их одновременного действия теплопроводность таких пород меняется слабо или вообще не зависит от температуры [1].

Экспериментально установлено [2], что теплопроводность монокристаллов диэлектриков, например щелочно-галоидных кристаллов, изменяется обратно пропорционально абсолютной температуре. Эта закономерность отмечается для многих кристаллов при температурах выше дебаевской. Закон, по которому теплопроводность в кристалле уменьшается обратно пропорционально T , физически определяется тем, что рассеяние упругих волн растет с увеличением смещения ионов от среднего положения в решетке. Это также объясняет и тот факт, что теплопроводность кристаллов, состоящих из более легких ионов, выше теплопроводности тел, состоящих из тяжелых, слабо связанных между собой ионов, так как в последнем случае максимально возможное эффективное смещение ионов из их средних положений при данной температуре намного больше.

Для теплопроводности решетки существенное значение имеют дефекты структуры, вызывающие дополнительное рассеяние фононов. Значение центров рассеяния фононов возрастает при низких температурах, когда уменьшается роль процесса переноса. В области высоких температур

теплопроводность решетки в основном определяется процессами переноса.

Измерения теплопроводности рутила TiO_2 , чистых кристаллов KCl , LiF и трех образцов алмаза [2] показали, что изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры для кристаллов рутила, сильвина и фтористого лития имеет максимум в области 5–15 К. Для алмазов максимумы теплопроводности наблюдаются в области 70 К.

Требуемое фононовой теорией уменьшение теплопроводности кристаллов с повышением температуры, а также отклонение значений теплопроводности от вычисленных по теории для разнообразных кристаллов с различными дефектами подтверждают, что различия между измеренными и вычисленными значениями коэффициента теплопроводности определяются недостатками теории, не учитывающей многие факторы, в том числе и изотопный состав соединений.

На рисунке 1 представлено изменение теплопроводности монокристаллов KCl с температурой.

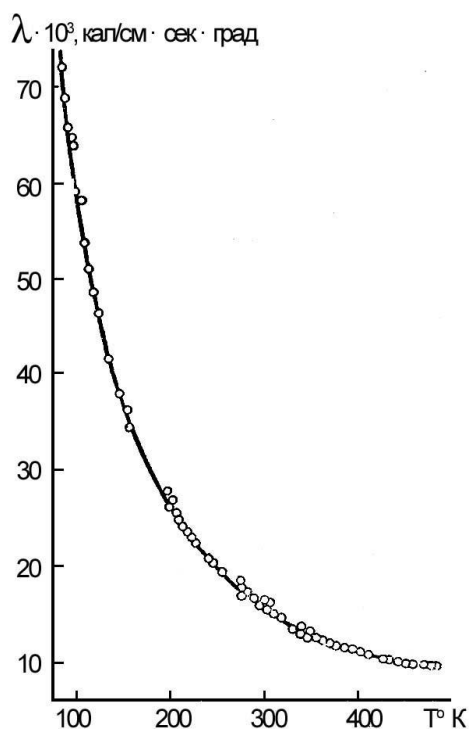


Рисунок 1 — Зависимость теплопроводности кристалла KCl от температуры

Влияние давления на теплопроводность осадочных пород при комнатной температуре изучено Э. Хуртигом (1967 г.) [1]. По его данным, теплопроводность растет с увеличением давления: максимальное приращение к начальному значению (при атмосферном давлении) достигает 0,44 Вт/(м·К). Наиболее заметно теплопроводность изученных им осадочных пород изменяется при давлении от 0 до $0,1 \cdot 10^8$ Па. При дальнейшем повышении давления теплопроводность растет слабо или остается постоянной.

Влияние давления на теплопроводность металлов и минералов (λ) с хорошей точностью выражается линейной зависимостью [3]. Однако в области высоких давлений линейность нарушается. Теоретически этот вопрос разработан недостаточно.

В настоящей работе влияние давления на теплопроводность минералов рассматривается на основе термодинамической модели, предложенной нами в работе [4] для анализа электропроводности гетерогенных сред.

Для коэффициента электропроводности (σ) в [4] получено:

$$\sigma = \frac{kT}{C_1} \frac{e\bar{N}}{G^0}, \quad (3)$$

где K — постоянная Больцмана;

T — абсолютная температура в Кельвинах;

e — заряд электрона;

$\bar{N}$ — количество электронов проводимости;

G^0 — потенциал Гиббса; $C_1 = 2Sk\tau_p/\tau = \text{const}$

(смысл входящих в это выражение величин такой же, как и в [4]).

Используя аналогию между потенциальными полями, получаем для коэффициента температуропроводности:

$$\alpha = \frac{\lambda_e}{c_v \rho} = \frac{kT}{C_2} \frac{\bar{N}}{G^0}, \quad (4)$$

где λ_e — коэффициент теплопроводности при переносе тепла электронами;

c_v — теплоемкость среды при постоянном объеме;

ρ — плотность среды.

В общем случае C_1 может не совпадать с C_2 . Тогда

$$\lambda_e = \frac{c_v \rho}{C_2} \cdot \frac{kT\bar{N}_e}{G^0}. \quad (5)$$

В случае переноса тепла фононами в нашей модели все величины с индексом «е» заменяются на величины с индексом «ф». Тогда, по аналогии с (5), имеем:

$$\lambda_\phi = \frac{c_v \rho}{C_2} \cdot \frac{kT\bar{N}_\phi}{G^0}. \quad (6)$$

Общий коэффициент теплопроводности равен:

$$\lambda = \lambda_e + \lambda_\phi = \frac{c_v \rho kT}{C_2 G^0} \cdot (\bar{N}_e + \bar{N}_\phi). \quad (7)$$

В металлах $\lambda_e \gg \lambda_\phi$, а в диэлектриках — наоборот, в полупроводниках ситуация сложнее и необходимо учитывать оба механизма переноса тепла.

У твердых диэлектриков $\lambda \approx c\bar{v}\bar{\ell}$, где c — теплоемкость диэлектрика, совпадающая с теплоемкостью газа фононов, $\bar{v}$ — средняя скорость фононов, приблизительно равная скорости звука, $\bar{\ell}$ — средняя длина свободного пробега фононов, выступающая как параметр теории, а не как экспериментально определяемая величина.

Перепишем уравнение (7) в виде:

$$\lambda = \frac{c_v \rho k T}{C_2 G^0} \cdot N, \quad (8)$$

где N — общее число квазичастиц, участвующих в переносе тепла.

При комнатных температурах и выше теплоемкости c_v почти всех твердых тел близки к $3Nk$, т.е. 25 Дж/моль К (закон Дюлонга-Пти).

Уравнение (8) можно записать в виде:

$$\lambda = \frac{625 \rho}{3 C_2 G^0} \cdot \dot{O}. \quad (9)$$

В уравнение (9) входят только два параметра минерала — плотность и энергия Гиббса, которые экспериментально определены для большого количества минералов и представлены во многих справочниках.

Плотность твердых тел линейно зависит от температуры:

$$\rho = \alpha \rho_0 \dot{O}, \quad (10)$$

где α — коэффициент объемного расширения;

ρ_0 — плотность при $T = 0$ К.

Температурная зависимость энергии Гиббса дается выражением:

$$G^0 = a + bT + cT^2, \quad (11)$$

где коэффициенты a, b, c для многих минералов также приведены в справочниках.

Для кристаллических диэлектриков (алмаз, кварц и др.) плотность слабо зависит от температуры. Наоборот, для них характерны большие значения энергии Гиббса, так что квадратичный член в уравнении (11) начинает играть существенную роль, приводя к зависимости $\lambda \sim 1/T$, как это отмечено выше (см. формулу (1)).

Для аморфных структур плотность линейно зависит от температуры, а коэффициент c в выражении (11) — мал, что в итоге определяет линейную зависимость λ от T в соответствии с (9) (см. формулу (2)).

Для кристаллоаморфных структур и в числителе, и в знаменателе формулы (9) существенна роль квадратичных по температуре членов, что в итоге дает слабую зависимость или независимость λ от температуры.

Для оценки влияния давления (P) на теплопроводность минералов используем известные соотношения

$$PV = \frac{m}{\mu} RT, \quad P = \frac{\rho}{\mu} RT, \quad \rho = \frac{P\mu}{RT}, \quad (12)$$

где V, μ — соответственно объем, масса одного моля вещества;

m — масса вещества;

R — универсальная газовая постоянная;

Уравнение (9) можно переписать в виде:

$$\lambda = \frac{625 P \mu}{3 C_2 R G^0} = K \frac{P}{G^0}, \quad K = const. \quad (13)$$

Поскольку энергия Гиббса в области низких и средних значений слабо зависит от давления, то (13) дает линейную зависимость теплопроводности от давления, что соответствует экспериментальным данным.

В области высоких и сверхвысоких давлений нужно учитывать эту зависимость. Это приводит к соотношению:

$$\lambda = K \frac{P}{d + \rho P}, \quad K = const, \quad d = H - TS, \quad (14)$$

$$\text{так как} \quad G^0 = H - TS + \rho P. \quad (15)$$

Схематически вид функции (14) показан на рисунке 2. Кривая имеет максимум, определяемый из условия:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial P} = 0, \quad \frac{\partial \lambda}{\partial P} = \frac{d}{(d + \rho P)^2} = 0, \quad d = 0, \quad H = TS. \quad (16)$$

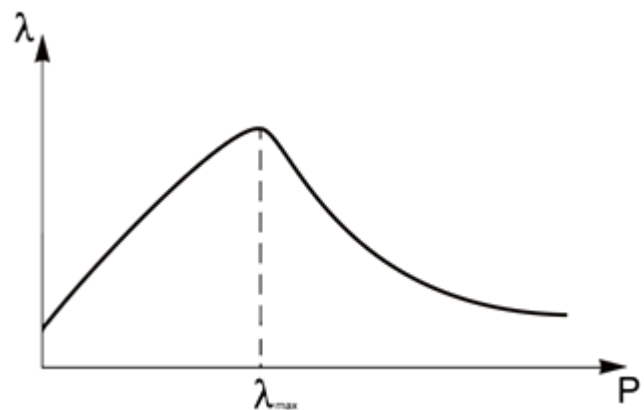


Рисунок 2 — Зависимость коэффициента теплопроводности от давления

Полученное соотношение (9) позволяет не только анализировать теплопроводность минералов, представляющих собой гетерогенные структуры, но и решать обратную задачу — определение потенциала Гиббса (а следовательно, и других термодинамических потенциалов) минералов по экспериментальным значениям коэффициента теплопроводности и плотности.

Тепловой режим земной коры зависит главным образом от теплопроводности минерального вещества. Другие теплофизические свойства (теплоемкость, тепловое расширение) играют меньшую роль в формировании теплового режима и используются в геологии значительно реже. На большой глубине давление горных пород достигает больших значений и, следовательно, оказывает значительное влияние на физические (в том числе и на теплопроводность) свойства минералов. Неучет этого влияния может привести к большим расхождениям между теорией и реальной картиной протекания процессов на большой глубине. Предложенная модель может, на наш взгляд, оказаться полезной при анализе теплового режима земной коры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых: Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. М.: Недра, 1984. 455 с.
2. Воробьев А.А. Механические и тепловые свойства щелочно-галогидных монокристаллов. М.: Высшая школа, 1968. 269 с.
3. Берман Р. Теплопроводность твердых тел. М.: Мир, 1979. 456 с.
4. Юров В.М., Ещанов А.Н., Портнов В.С., Тулегулов А.Д. Математические модели электропроводности твердых тел // Материалы III межд. конф. «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке». Алматы, 2005. Т. 1. С. 234-237.

УДК 622.284(574.32)

Ж.П. ВАРЕХА
В.Ф. ДЕМИН
А.И. САРАНЧУКОВ
В.В. ДЕМИН

Исследования по определению несущей способности полимерно-стальной анкерной крепи

Опыт применения анкерной крепи в Великобритании, США, Франции, ФРГ, Японии показал, что одной из основных тенденций совершенствования анкерной крепи является увеличение несущей способности анкера. Параметры анкерной крепи (плотность установки, глубина анкерования, угол наклона и т.д.) определяются на момент начала проходки выработки.

Наиболее важным показателем, используемым при назначении параметров анкерной крепи, является несущая способность или сопротивляемость анкеров извлекающей нагрузке в конкретных условиях.

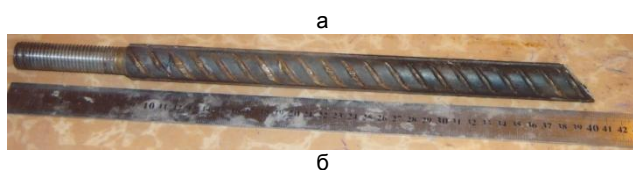
Вновь установленная анкерная крепь обладает максимальной несущей способностью, которая функционально описывается выражением

$$P_a = f(k, R, \delta),$$

где P_a — несущая способность анкерной крепи;
 k — коэффициент, учитывающий конструкцию анкера;
 R — прочностные свойства пород, в которых закрепляется анкер;
 δ — величина заделки анкера за зоной разрушения.

На несущую способность анкерной заделки оказывают влияние: глубина ее расположения, прочность породы, диаметр шпура, угол внутреннего трения.

Для определения несущей способности полимерно-стальной анкерной крепи проведен комплекс экспериментальных исследований в лабораторных условиях на испытательном стенде. Для проведения экспериментов использовались анкера (рисунок 1, а) из арматурной стали класса А-П с прочностью на разрыв соответственно 115 и 143 кН длиной 0,4 м и диаметром 0,02; 0,022 м и химические ампулы (рисунок 1, б): КАКС-П; *Minola*; ИПКОН.



1 — КАКС-П; 2 — *Minola*; 3 — ИПКОН ($l = 0,39$ м);
4 — ИПКОН ($l = 0,44$ м)

Рисунок 1 — Анкер сталеполимерный (а) ($l = 0,4$ м) и химические ампулы (б)

На рисунке 2 представлен анкер, заведенный в шпур (а) и установленный на химические ампулы (б).

В соответствии с методикой испытаний выдергивание анкеров производилось гидравлическим прибором с фиксацией показателей по индикатору манометра.

На рисунке 3 представлена зависимость несущей способности армополимерной анкерной крепи от прочности породы на сжатие и от глубины заделки с металлической гладкой и нарезной поверхности.

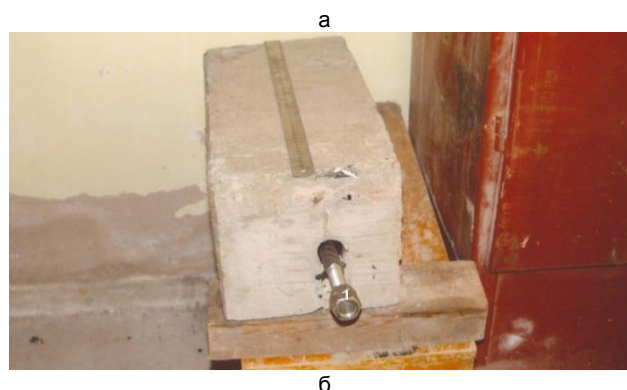




Рисунок 2 — Определение несущей способности полимерно-стальной анкерной крепи

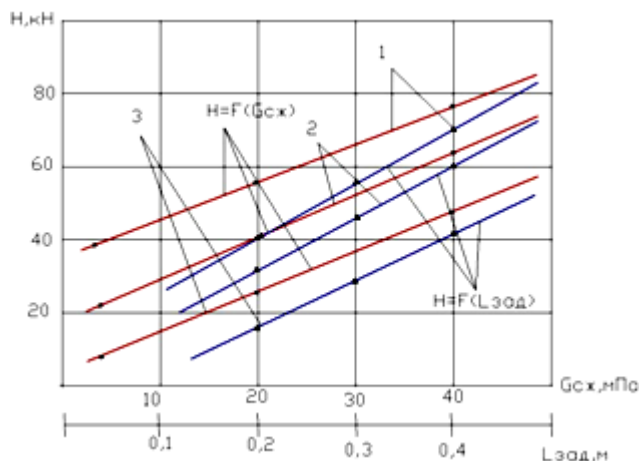


Рисунок 3 — Несущая способность армополимерной анкерной крепи от прочности породы на сжатие $G_{сж}$ и от глубины заделки $L_{заб}$ с металлической (— — гладкой, --- — с нарезкой) поверхностью

Величина заделки играет прогрессивную роль. Как показывают наблюдения, влияние ее является достаточным при величине заделки не менее 0,35 м (рисунок 4).

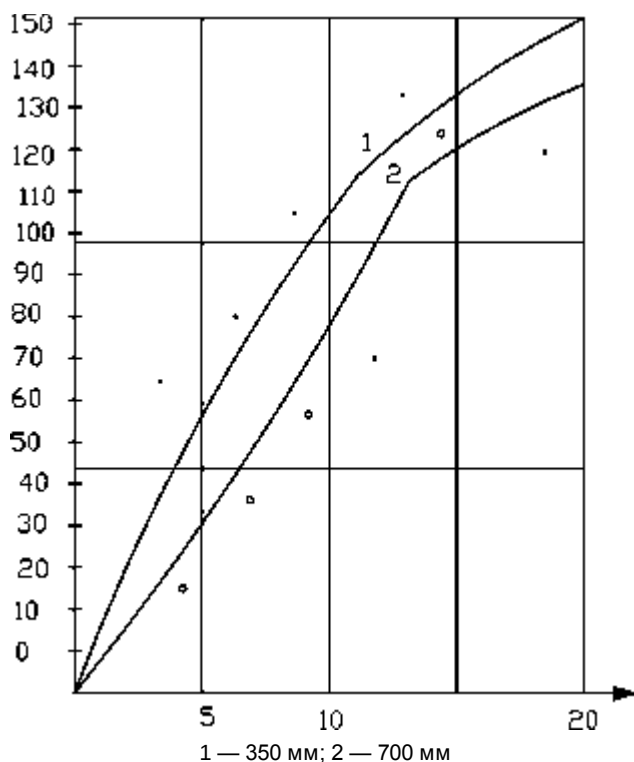


Рисунок 4 — Несущая способность сталеполимерных анкеров с величиной заделки

Рядом исследований, проведенных для условий рудников Жезказганского месторождения, установлена целесообразность применения анкеров с предварительным натяжением анкерного стержня, что позволяет повысить устойчивость пород кровли очистных камер.

Для определения эффективности работы с предварительно напряженным стержнем анкерной крепи были проведены сравнительные испытания по поддержанию пород кровли выемочных выработок на пласте k_{10} (конвейерный штрек 64 k_{10} — 3) шахты «Саранская» УД АО «Арселор Миттал Темиртау» посредством установки податливых стальных трубок с внешним диаметром 0,03 м и толщиной стенки 1 и 1,5 мм в пространство между двумя опорными плитами.

На первом опытном участке штанги были установлены с натяжением 5 т, на втором — 3 т, на треть-

ем — без натяжения. Для наблюдения за сближением кровли и почвы (пучения почвы не было обнаружено) в кровлю были заложены реперы длиной 1,5 м, в почву — 0,4 м. На первом и втором участках величины и характер опускания пород кровли почти одинаковы. Увеличение натяжения с 3 до 5 т практически не привело к уменьшению опускания заштангованных пород кровли. На участке, где штанги не были затянуты, сдвигание пород происходило почти в 1,5 раза быстрее, чем на первых двух участках. В первые 2-3 ч после установки штанг произошло резкое падение напряжения. В дальнейшем оно оставалось неизменным, вплоть до подхода к ним забоя лавы. Примерно с 2 м впереди забоя рост нагрузки на штанги с предварительным натяжением в 5 т происходил быстрее (на 10-15%), чем на штанги с натяжением 3 т (рисунок 5).

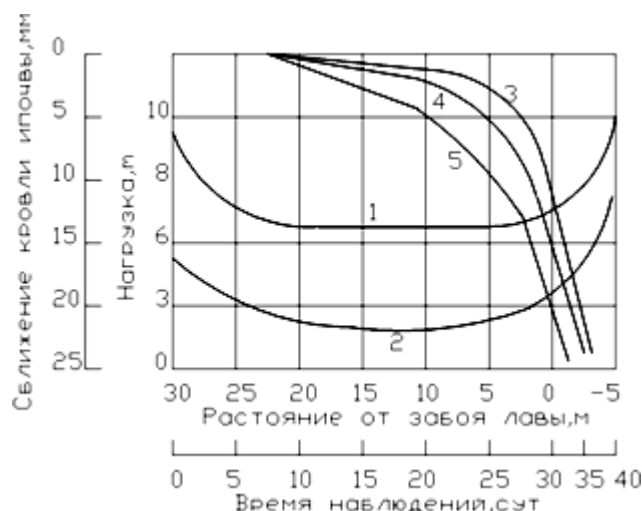


Рисунок 5 — Сравнительные деформации пород кровли и почвы в выработках с податливыми и жесткими анкерами

Величину предварительного натяжения штанг (активных усилий) необходимо выбирать с учетом действующего горного давления. В работах, испытывающих давление до 4-6 т на 1 м² площади кровли, предварительное натяжение в 3 т обеспечивало нормальное состояние заштангованных пород. В выработках же с давлением в пределах 6-8 т 1 м² площадь кровли, предварительное натяжение до 5 т.

УДК 622.831.322

Е.Т. ИСАБЕКОВ

О проблеме внезапных выбросов угля и газа на угольных шахтах

Внезапный выброс — самопроизвольное мгновенное разрушение части пласта полезного ископаемого с последующим выбросом газа, твердого полезного ископаемого (уголь, соль) или вмещающей породы в подземную горную выработку из призабойной зоны массива. Продолжительность внезапных выбросов составляет несколько секунд. Внезапные выбросы угля и газа как газодинамическое явление известны более 140 лет. Первый случай произошел в 1834 г. во Франции на шахте «Изаак», затем в Бельгии в 1847 г. На территории стран СНГ первый внезапный выброс угля и газа произошел в 1906 г. на шахте «Новая Смоленка» на глубине 711 м [1].

В процессе внезапного выброса в массиве полезного ископаемого или горных пород образуется полость грушевидной или кармановидной формы, размером от нескольких до десятков метров (рисунок).

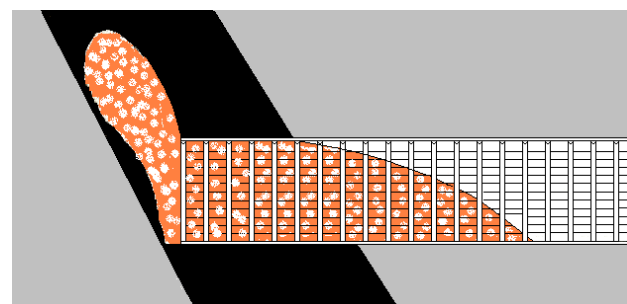


Схема типичного внезапного выброса угля и газа

Объем выброшенной горной массы в горную выработку может достигать нескольких тысяч тонн. Количество выделяемого природного газа от десятков кубических метров до десятков и даже сотен тысяч. Всю массу выброшенного угля покрывает тонкодисперсная угольная пыль — «бешеная мука» (толщина ее достигает нескольких десятков сантиметров), а массив горных пород — частицы чешуйчатой, пластинчатой формы.

Сила этого газодинамического явления измеряется количеством выброшенного полезного ископаемого — интенсивностью, которая изменяется от нескольких десятков килограммов до нескольких сотен и даже

тысяч тонн. Самый мощный в мире внезапный выброс — 14 тыс. т выброшенной массы угля и около 600 тыс. м³ газа метана произошёл в 1968 г. в Донбассе на шахте им. Ю.А. Гагарина при вскрытии квершлагом крутого пласта «Мазурка» мощностью 1,3 м на глубине 750 м. Квершлаг был засыпан углём на протяжении 650 м.

Внезапные выбросы в большинстве случаев приурочены к тектоническим нарушениям. Чаще всего внезапные выбросы угля происходят на глубине свыше 250 м, а породы и газа — более 400 м (песчаников — более 700 м).

Последствиями внезапных выбросов угля и газа являются: заполнение горных выработок выброшенным углём на протяжении десятков метров; загазование выработок по исходящим струям участков и шахты, а также опрокидывание свежей струи воздуха в выработках на большом расстоянии; повреждение оборудования, крепи; гибель людей. Были случаи гибели большого числа людей и выхода из строя всей шахты.

В СССР на конец 80-х годов прошлого столетия выбросы угля и газа были зарегистрированы на 346 шахтопластах, разрабатываемых 127 шахтами, из которых на Донбасс приходилось 93 шахты, Кузбасс — 14, Карагандинский бассейн — 10, Печорский — 5. Несколько шахт, разрабатывавших весьма опасные по внезапным выбросам пласты, были закрыты. Причиной закрытия одной из угольных шахт послужил крупный выброс при вскрытии пласта квершлагом. Выброшенный метан опрокинул поступающую в шахту свежую струю воздуха и несколько раз взорвался в стволе и надшахтном здании [2].

Только в Донбассе за период 1946-1973 гг. было зарегистрировано около 1475 внезапных выбросов. В других бассейнах и месторождениях СССР за этот период произошло 687 таких случаев. В Карагандинском бассейне за период с 1959 по 1996 гг. произошло 53 внезапных выброса угля и газа.

В Европе внезапные выбросы угля и газа были наиболее распространены в угольных месторождениях Франции и Бельгии. Во Франции только в бассейне Севенна к 1970 г. было зарегистрировано более 6300 случаев внезапных выбросов, силой от 20 до 5600 т угля. В Бельгии сила выбросов достигла 1600 т угля. В этот период во Франции и Бельгии наиболее выбросоопасные шахты были закрыты.

Природе внезапных выбросов угля и газа, разработке гипотез, теоретических соображений и взглядов, разработке мер борьбы и методов прогнозирования посвятили свои работы исследователи: А.А. Скочинский, С.А. Христианович, В.В. Ходот, И.М. Печук, А.Э. Петросян и другие. В 20-30-е гг. прошлого столетия советские ученые во главу угла в качестве вызывающих внезапные выбросы угля и газа ставили одиночные факторы. По гипотезе «газовых очагов» Л.Н. Быкова, для предотвращения выбросов предлагалось вскрытие газовых очагов скважинами любого малого диаметра. Гипотеза «остаточных тектонических напряжений» проф. И.М. Печука исходила из возможности борьбы с выбросами путем рационального управления кровлей

пласта. В 40-е годы появились предположения о зависимости выбросоопасности от комплекса факторов. Проф. Я.Э. Некрасовский считал, что выброс происходит под влиянием горного давления, газа и внешнего импульса. В 50-е годы акад. А.А. Скочинский сформулировал свою знаменитую рабочую гипотезу под названием «энергетическая теория», которая в дальнейшем была развита проф. В.В. Ходот. Она рассматривала выброс угля и газа как лавинообразный процесс разрушения, отторжения и транспортировки угля вследствие реализации энергии горного давления и газа, накопленной угольным массивом, обладающим определенными физико-механическими и физико-химическими свойствами. Основные положения этой теории позднее подтвердились [2, 3, 4].

Согласно «энергетической теории» Скочинского-Ходота, наиболее важными факторами при прогнозе выбросоопасности являются горное давление, содержащийся в угле газ и свойства угля. В то же время эти свойства в различной степени зависят от тектонической нарушенности угольных пластов, напряженно-деформированного состояния окружающего массива горных пород, глубины подземных горных работ.

Заметный вклад в понимание механизма внезапного выброса внесли акад. С.А. Христианович, сотрудники ИГД им. А.А. Скочинского (г. Москва), МакНИИ (г. Макеевка, Украина), КНИУИ (г. Караганда), ВостНИИ, КазНИИБГП, КазНИМИ (г. Караганда, Казахстан) и др.

Выявлению отличительных свойств пластов, опасных по выбросам, посвящены исследования, выполненные А.А. Скочинским, В.В. Ходотом, Е.С. Иейте, В.А. Шатиловым, И.Л. Эттингером и др. По предположению Е.С. Иейте, пласты, склонные к выбросам, характеризуются повышенной тектонической трещиноватостью и тектонической нарушенностью углей. В части изучения влияния тектонической нарушенности на возникновение внезапных выбросов серьезные исследования были проведены теми же А.А. Скочинским, В.В. Ходотом, а также В.А. Шатиловым, В.В. Эзом, И.И. Аммосовым, Л.Н. Быковым и др.

Вопросами систематизации и классификации внезапных выбросов занимались А.А. Скочинский, Г.Д. Лидин, А.Э. Петросян, В.В. Ходот. В 30-х годах прошлого столетия А.А. Скочинский разработал классификацию, согласно которой внезапные выбросы были разделены на следующие основные виды [5, 6]: внезапные выбросы газа и угольной мелочи; внезапные обрушения (высыпания) угля с попутным газовыделением; раздавливание и отжим угля в забоях, сопровождающиеся газовыделением; внезапные выделения газа, сопровождающиеся разрывом или сдвижением пород кровли или почвы; суффлярные выделения газа.

Г.Д. Лидин [7] привел классификацию необычных выделений газа при подземной разработке газоносных угольных пластов: при обрушениях угля, высыпаниях угля, отжиме угля, горных ударах, внезапных выбросах угля и газа. Он высказал мнение, что наибольшие затруднения для ведения горных работ

приносят внезапные выбросы угля и газа, обусловленные энергией сжатого газа, заключенного в разрабатываемом угольном пласте.

А.Э. Петросян, исследуя вопрос об отличительных признаках высыпаний угля при подземной разработке газоносных угольных месторождений, пришел к выводу, что внезапные выбросы и высыпания необходимо различать на основе анализа сил, под действием которых они возникают. В результате он составил свою классификацию газодинамических явлений [8, 9].

В.В. Ходот [3, 4], рассматривая вопрос о классификации газодинамических явлений, пришел к выводу, что по внешним проявлениям опасности для людей и сохранности горных выработок различные газодинамические явления могут быть схожими, однако механизм их различен и для правильного подбора профилактических и защитных мероприятий их следует различать. Им предложена следующая классификация: собственно внезапные выбросы угля и газа; внезапные высыпания угля с попутным газом; внезапные отжимы, удары кровли, стреляние угля или локальные удары с попутным газом; внезапные прорывы газа; выбросы, инициированные взрыванием; переходные формы выбросов. В.В. Ходотом подробно рассмотрены также условия возникновения всех перечисленных явлений, даны рекомендации по методам их прогноза и предотвращения. В [10] также приведена классификация газодинамических явлений. Эти

классификации отличаются тем, что одни из них учитывают дополнительно «внезапные выбросы угля и газа», а другие — «внезапные выбросы газа и угольной мелочи».

Если сгруппировать происходящие в шахтах газодинамические явления (ГДЯ) по видам вызывающих их сил, то получится следующая классификация [10] (см. таблицу).

Для борьбы с внезапными выбросами в первую очередь используются прогнозирование выбросоопасности угольных пластов, а также различные способы предупреждения, основанные в основном на дегазации и разгрузке массива от напряженного состояния. Наиболее распространенными способами предупреждения являются: опережающая разработка защитных пластов, предварительная дегазация пластов, увлажнение угольного пласта, гидроразрыв угольных пластов, торпедирование, камуфлетное и сотрясательное взрывание и др.

Одной из актуальных задач в области борьбы с газодинамическими явлениями на шахтах на современном этапе, помимо вышеназванных, являются разработка геотехнологических методов борьбы, совершенствование технологических схем ведения очистных работ и проведение капитальных и подготовительных выработок, обеспечивающих высокопроизводительную и безопасную разработку газоносных угольных месторождений.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПО ВИДАМ ВЫЗЫВАЮЩИХ СИЛ

№ группы	Название групп по видам вызывающих сил	Вид газодинамических явлений
1	ГДЯ явления, возникающие под совместным действием горного давления, силы тяжести и десорбирующегося газа	- внезапные выбросы угля и газа; - внезапные высыпания, переходящие во внезапные выбросы угля и газа
2	ГДЯ, возникающие под действием энергии сжатого свободного газа	- внезапные выбросы газа и угольной мелочи; - внезапные прорывы газа; - внезапные суфляры
3	ГДЯ, возникающие под действием горного давления и силы тяжести:	- горные удары и отжимы угля с попутным газом; - высыпания и обрушения угля с попутным газом; - обрушения основной кровли с интенсивным выделением газа в выработанном пространстве
4	ГДЯ, возникающие при взрывании горного массива (п/в), в том числе сотрясательном (с/в) и камуфлетном (к/в) взрывании	- высыпания угля, переходящие во внезапные выбросы угля и газа (при с/в); - высыпания и обрушения угля с попутным газом (при с/в); - выбросы породы и калийной соли с интенсивным газом (при п/в); - интенсивное газом (при п/в); - запоздалые внезапные выбросы угля и газа (при к/в)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горная энциклопедия / Под ред. Е.А. Козловского. М.: Сов. энциклопедия, Т. 1. 1989.
2. Чернов О.И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. М.: Недра, 1979. 296 с.
3. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. М.: Гос. науч. техн. изд. лит. по горному делу, 1961. 363 с.
4. Ходот В.В. Основные направления научного поиска в области борьбы с газодинамическими явлениями в шахтах // Вопросы теории выбросов угля, породы и газа. Киев: Наукова думка, 1973. 287 с.
5. Правила технической эксплуатации угольных шахт. М.: Углетехиздат, 1941-1946. 308 с.
6. Скочинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция. М.: Углетехиздат, 1959. 632 с.
7. Лидин Г.Д. Опыт классификации необычных явлений газа из разрабатываемого угольного пласта // Труды ИГД. М., 1956. С. 119-140.
8. Петросян А.Э. Об определении некоторых отличительных признаков высыпаний угля // Труды ИГД АН СССР. Т. 2. 1955. С. 145-149.
9. Петросян А.Э. Выделение метана в угольных шахтах. М.: Наука, 1975. 188 с.
10. Чернов О.И., Розанцев Е.С. Подготовка шахтных полей с газомыбросными пластами. М.: Недра, 1975. 287 с.

ӘОЖ 631.67:577.4

Б.С. ЖАМАНБАЕВ

Мелиоративті қауіпсіз, экологиялық суару жүйесі

Біріккен Ұлттар Ұйымының (БҰҰ) Конвенциясының мәліметі бойынша Қазақстанда жыл сайын топырақтың қарашірігінің жоғалуының әсерінен 2,5 млрд. АҚШ долларға пара-пар зиян [1], ал жыртылмалы топырақ бетінің сумен шайылуының әсерінен 79 млн. АҚШ долларына сай залал келеді екен. Екінші қайта тұздану мен сорланудың әсерінен 62 мың гектар суармалы жер қолданыстан шығып кетті. Яғни аталған жерлерден алынбаған пайда 375 млн. АҚШ долларын құрайды. Осы үрдістердің әсерінен суармалы жерлердің көлемі 2,28 млн. гектардан 1,3 млн. гектарға дейін азайды, суармалы ауылшаруашылық өсімдіктерінің орташа өнімділігі 1996...1999 жылдары 1986...1990 жылдармен салыстырғанда 20 пайызға төмендеп кетті. Осы аралықта күріш, жүгері, қант, қызылша, көкөніс, картоп және мақта өнімділігі 18,0...58,0 пайызға кеміді.

Қазақстан ғалымдарының ұйғарамынша суармалы жерлердің қанағаттандырғысыз жағдайы — гидромелиоративтік жүйелердің техникалық деңгейінің төмендігінен, оны пайдаланудың нашарлығынан, нарық бағаларының тұрақсызданбауынан, мемлекет тарапынан қаржыландырудың төмендеуінен туындайды. Сонымен қатар егіс танаптарына тыңайтқыштар беру төмендеп кеткен.

Қазақстанның территориясында орташа ылғалды жылдары $100,5 \text{ км}^3$ шамасында жер бетінің сулары негізгі өзендер: Сырдария, Іле, Шу, Талас, Ертіс арқылы келіп түседі [2]. Оның $56,5 \text{ км}^3$ (56 %) шекаралас мемлекеттер жерінде құралады, атап айтқанда Қытайда — $18,9 \text{ км}^3$ (33,5 %); Өзбекстанда — $14,6 \text{ км}^3$ (25,9 %); Ресейде — $7,5 \text{ км}^3$ (13,3 %); Қырғызстанда — $3,0 \text{ км}^3$ (5,3 %).

Қазіргі кезде Қазақстанның барлық суармалы жерлерінде су тапшылығы сезілуде, ол су қорының вегетация аралығында қажетті мөлшерде берілмеуінен және су көздерінің ластануынан болып отыр.

Нарықтық экономикаға көшкен соңғы он жылдықта қуат көздері (электр қуаты, жанар-жағар майлар), ауылшаруашылық дақылдардың тұқымы, минералды тыңайтқыштар, гербицидтер, ауылшаруашылық техникалары өте жылдам қымбаттап, ақылы су пайдалануға көшуге байланысты егістік алқаптарындағы суару жүйелерінің суды пайдалану коэффициентінің төмендігінен, суармалы егіншіліктің экономикалық тиімділігі төмендеп кетті. Суармалы егіншілікте қалыптасқан шаруашылық-экономикалық тығырықтан шығудың жолы — суару жүйелерінің желілерін қайта жаңғыртып, экологиялық мелиоративті қауіпсіз, қуатты, қорды, ылғалды үнемдейтін және топырақ қорғайтын технологиялық тәсілдерді кең көлемде енгізіп, пайдалану. Осындай талаптарға жауап беретін тәсілдердің бірі — топырақ ішінде орналасқан

құбырлар арқылы ауылшаруашылық дақылдарының тамырлары орналасқан қабатты қолайлы мөлшерде, тапшылықсыз капиллярлы ылғалмен қамтамасыз ету.

Топырақ ішінен суаруды бірнеше тәсілдермен атқаруға болады [3]: ылғалдандырғыш құбыр арқылы, көртышқан індес кәрізбен, машина көмегімен және жерасты суын бөгеп, деңгейін реттеу арқылы. Келтірілген тәсілдердің ішіндегі ең көп қолданыс тапқаны және болашағынан үміт күттіретіні — топырақ ішінен ылғалдандырғыш құбыр және жерасты суын бөгеп, деңгейін реттеу арқылы.

Топырақ ішіндегі жүйемен суды өсімдік тамырлары орналасқан қабатқа арынмен жеткізу бойынша мынадай түрлерге бөлінеді: 1) арынсыз (өздігімен танап көлбеулігін пайдаланып ағатын); 2) төмен арынды — 1...1,5 м; 3) арынды — 2 метрден жоғары; 4) адсорбциялы (вакуумды). Аталғандардың ішінде тәжірибе жүзінде өндірісте қолданыс тапқандары екінші және үшінші түрлері, ал бірінші мен соңғысы зертханалық тексерулерден өтуде. Дегенмен соңғы аталған әдістер болашақта кең қолданысқа ие болады деген ойдамыз, себебі жүйелермен суды танап көлбеулігін пайдалана отырып, сорғысыз жеткізуге мүмкіндік бар.

Топырақ ішінен суару, жер бетімен және жаңбырлатып суару әдістеріне қарағанда, төмендегідей артықшылықтарымен ерекшеленеді [3, 4, 5]: топырақ ішінен ылғалдау көбінесе капиллярлық күштердің әсерінен іске асады, сол себептен вегетация аралығында топырақтың табиғи құрылымы сақталып, топырақ бактерияларының тіршілігіне қажетті жағдай жасалып, ондағы физика-химиялық үрдістер жақсы деңгейде өтеді; топырақтың жоғарғы қабаты (0...20 см), вегетация бойынша өз қуыстылығын сақтап, қажетті мөлшерде сумен, ауамен және жылумен қамтамасыз етіліп, танапқа берілетін судың топырақ бетінен өнімсіз буланатын ылғал ысырабына жол берілмейді; әр суарған сайын жүйек аралық қопсыту қажет етілмейді; танапта арам шөптердің өніп-өсуіне тосқауыл қойылады; тыңайтқыштарды дайын ерітінді түрінде сумен бірге, қажетті мөлшерде, қосымша еңбек шығындарсыз беруге мүмкіндік туады; танаптың есепті топырақ қабатында суару кезінде бос гравитациялық сулардың пайда болуына тосқауыл қойылады, ал өнімсіз су ысырабы төмендеп, коректік заттардың төменгі қабаттарға ығысуы тоқталады, солардың нәтижесінде суармалы егіс өнімділігі артады.

Н.Р. Хамраевтың [5] ұйғарымынша ауылшаруашылық дақылдарды топырақ ішінен

суаруға арналған алғашқы зерттеулер XIX ғасырдың ортасында басталып, XX ғасырда өндіріске енгізіліп, бірақ егіс танаптарында кең көлемде қолданылмауының себебі, оның құрылысына кететін қаржының тым жоғары болуында. Ал біздің байымдауымызша, бұл айтылған себептер өткен ғасырдың 1960...1980 жылдарына сәйкес мәселелер. Ол кезде, бұрынғы Кеңестік Социалистік Республикалар Одағының (КСРО) тұсында, суармалы егіншілікте су тапшылығы қазіргідей кең етек ала қоймаған кез. Топырақ ішінен суаратын жүйеге пайдаланатын пластикалық құбырлар көбіне шет елдерден әкелінетін, сондықтан олар құрылыс технологиялары және бағасы жағынан басқа материалдардан жасалған құбырлармен бәсекеге түсе алмайтын.

Қазіргі таңда, су тапшылығы күннен күнге етек жайып, өршіп келе жатқан кезде, пластикалық құбырлардың салыстырмалы бағасының төмендігін, қажетті көлемде өзіміздің жергілікті Қазақстандық кәсіпорындарының жасап шығаратынын, оның жоғары санитарлы-гигиеналық талаптарға сәйкестігін, құрылыс технологияларының дамып, жетілгенін ескере отырып, топырақ ішінен суаратын жүйелердің тиімді технологиялық әдістерін іздестірумен жақынырақ айналысу керектігіне көзіміз жетіп отыр.

Пластикалық құбырларды топырақ ішінен суару жүйесінде пайдалану тәжірибесі АҚШ-та 1963 жылы Массачусетс және Техас штаттарында жүргізіліп, жер бетімен суару тәсіліне қарағанда, танап бетінен өнімсіз булану мен есепті қабаттан төмен сіңіп кететін су шығындары 42 пайызға азайатыны дәлелденген.

Бұрынғы КСРО-да пластикалық құбырларды топырақ ішінен суару жүйелерінде пайдалану 1967 жылы СоюзНИИХИ-дың мақта шаруашылығының тәжірибелік танаптарында (Өзбекстанда) қолданылды. Осы сияқты жұмыстар Әзербайжанда, Тәжікстанда, Украинада және де басқа да Одақтық Республикаларда жүргізілді. ГрузНИИГиМ-нің тәжірибелік мелиоративтік «Самгор» пунктінде ылғалдандырғыш құбыр ретінде саңлауы бар диаметрі 8...50 мм пластикалық құбырлар қолданылған. 1970 жылдан бастап Өзбекстанның Жалаңаш дала жерінде, жеті жыл ішінде 150 гектар алқапта [5] топырақ ішінен суару жүйелері салынып, өндірістік тәжірибелер жүргізілген.

1982 жылдан бастап Ресейдің Еуропа бөлігінде ірі кара малдың шайынды суларын пластикалық құбырлардан тұратын суару желілермен таратып, кең көлемде зерттеулер жүргізілген.

1983...1989 жылдары Қырымда 26...30 жылдық жүзімдіктерде пластикалық құбырлардан құралған топырақ ішінен суаратын жүйелерді 0,5...0,7 м тереңдікке орналастырып, өндірістік тәжірибелер жасалынды. Топырақ ішінен суарғанда жүзімдік өнімділігі 196 ц/га

жетіп, жер бетімен жүйек арқылы суарғанда 112 ц/га аспады, яғни топырақ ішін суару (ТІС) тәсіліне қарағанда өнімділік 57 пайызға төмен болды, суару нормасы реті бойынша 2808 және 3227 м³/га құрап, ТІС тәсіліне қарағанда су пайдалану мөлшері 15 пайызға артық болды. ТІС тәсілінде 1 ц жүзім өнімін алу үшін 14,2 м³ су қажет болған болса, жер бетімен жүйек арқылы суарғанда 28,3 м³/ц су жұмсалынды, яғни соңғы тәсілде екі есе көп су артық шығындалынды.

Иранда жүгері алқабын ТІС тәсілімен суарғанда оның өнімділігі 104,4 ц/га жетті, ал жер бетімен суарғанда өнімділік 62,2 ц/га құрап, су мөлшері соңғысында 25...50 пайызға артық жұмсалынды.

1974...77 жылдары УкрНИИОЗ жүргізген зерттеулердің нәтижесі бойынша ТІС тәсілін пайдаланып жоншықаны суарғанда оның өнімділігі жер бетімен суарғанға қарағанда 117 ц/га жоғары болып, жаңбырлатып суарумен салыстырғанда су көлемі 25...28 пайызға кем жұмсалынды. Жалаңаш даладағы көп жылдық тәжірибелер көрсеткендей, ТІС тәсілін жүйекпен суарумен салыстырғанда қосымша өнім 15...20 пайызға артып, үнемделген су мөлшері 59 пайызға жетіп, суармалау нормасы 2000 м³/га құрады. Волгоград облысында (1978 ж.) ТІС тәсілін жаңбырлатып суарумен салыстырғанда сүрлемдік жүгерінің өнімділігі — 424,7 ц/га (297 %); картоп — 159,2 ц/га (242,9 %); сәбіз — 174,2 ц/га (210 %) құрады. Ростов облысында ТІС тәсілін, жүйекпен және жаңбырлатып суарумен салыстырғанда картоп өнімділігінің айырмасы ретімен 41,1 мен 26 ц/га құрады. ТІС тәсілін қолданғанда, жалпы еңбек шығыны жаңбырлатып суаруға қарағанда 1,2...1,6 есе, ал жүйекпен суаруды салыстырғанда 1,1...1,8 есе аз болды. ТІС тәсілінде суаруға дайындық және суару үрдістерін жүргізу, жаңбырлату тәсіліне қарағанда 4...5,5 есе, ал жүйекпен суаруды салыстырғанда 7...8 есе кем еңбек сіңіруді қажет етеді.

Жоғарыдағы келтірілген мәліметтер топырақ ішінен суару тәсілі, жер бетімен және жаңбырлатып суару тәсілдерімен бәсекеге түсіп, оларды көптеген көрсеткіштерімен (суды тиімді, ысырапсыз пайдалану, топырақ қарашірігінің және де қоректік элементтердің төменгі қабаттарға ығысуының азайуы), сонымен қатар танап өнімділігі 25...50 пайызға артуы бойынша тиімді ұтып шығатынын анық көрсетті. Яғни топырақ ішінен суару тәсілі көшбасшылыққа лайық орны бар екенін дәлелдеді, сол себептен бұл тәсілді суармалы егіншілікке енгізу жолдарын жан жақты қарастыру қажет, әсіресе вегетация кезінде су тапшылығы жиі сезіліп отыратын Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде кеңінен тарату керек.

Біздің қолымыздағы ақпарат бойынша Қазақстанда осы уақытқа дейін топырақ ішінен суару тәсілінің негізінде өндірістік тәжірибелер және зертханалық ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілмеген. Осыған байланысты Су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты (СНПЗИ) көп жылдар бойы әр түрлі ізденістер жасап, өсімдіктердің суға деген қажеттілігін толығымен қанағаттандыру үшін суды жеткізу, белгілі уақыт аралығында беру үрдістерінің жаңа тәсілдерін қарастырды. Осы талаптарға сай келетін тәсілдің бірі — то-

пырақ ішімен суару. Бұл тәсіл су мен қоректік заттарды топырақ ішінде орналасқан ылғалдандырғыш құбырлармен өсімдіктердің тамырлары орналасқан қабатты қажетті мөлшерде үздіксіз қамтамасыз етіп суармалы егістіктің экологиялық мелиоративтік қауіпсіздігін көп жылдар бойы қамтамасыз етеді.

Қазақстанның суармалы жерлеріндегі су тапшылығын ескеріп, суару жүйелердің техникалық жағдайын біле отыра, басқа елдердің тәжірибесіне сүйеніп, жаңа гидромелиоративтік жүйелерге қойылатын талаптарды басшылыққа ала отырып, Су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты (СНГЗИ) соңғы жылдары осы мәселеге көңілін көбірек аудара бастады.

Біз өз ізденісіміздің арқасында Тәуелсіз мемлекеттер достастығы (ТМД) және шет елдерде қолданылатын топырақ ішінен суару жүйесін сол күйінде көшіріп ала салмай, қуат-, қор-, ылғал үнемдейтін экологиялық-мелиоративтік қауіпсіз адсорбциялы жүйенің конструкциясын ұсындық [6].

Біздің білуімізше, қазіргі ТМД елдерінде қолданылатын топырақ ішінен суару тәсілінде танапқа су әр кезең сайын, сорғының көмегімен (10...20 күн сайын) бір рет беріледі, яғни есепті топырақ қабатындағы қаныққан капиллярлы ылғал мөлшерінің деңгейі 70...75 пайызға түскенде, сорғының көмегімен арынды суды танапқа ылғалдылығы 100 пайызға көтерілгенше (3...24 сағат аралығында) бір гектарға шаққанда 800...1500 м³ шамасында беріледі. Келесі суару мерзімі, есепті топырақ қабатының ылғалдылығы 70...75 пайызға жақындағанда, қайтадан жүргізіледі. Осылайша суармалы егістікке вегетация ішінде 3...11 қайтара су берілуі мүмкін. Сол себептен қолданыстағы топырақ ішінен суару әдісін пайдаланып, суармалы егістікте суды электр қуатының, жанар-жағар майлардың көмегімен жеткізсе, өндірілетін ауылшаруашылық өнімнің өзіндік құны өсе береді.

Біз ұсынып отырған топырақ ішінен суару жүйесі, ақылы қуат көздерін (электр қуатын, жанар-жағар майларды) пайдаланбай-ақ танаптың өз көлбеулігінің әсерінен және топырақтың қайта жаңғыратын адсорбциялық сору қасиеттерін пайдаланып, танапқа суды аз мөлшермен тапшылықсыз, вегетация кезеңінде ылғал мөлшері капиллярлы ылғал деңгейінде ұстап және де автоматты түрде өсімдіктердің негізгі тамырлары дамыған қабатты және де қажетті қоректік заттармен (өсімдікке сіңімді ерітінді күйінде) биологиялық қажеттілікке байланысты қамтамасыз етеді.

Біздің ноу-хауымыздың мәні, топырақтың қайта жаңғыратын табиғи сору күшін пайдаланып, есепті қабатқа суды сол сору күші арқылы аз мөлшерде үздіксіз жеткізіп, тапшылықты болдырмай, ылғалды, сонымен қатар қоректік заттарды вегетация кезеңі бойында өсімдіктерге сіңімді деңгейде автоматты түрде қамтамасыз ету. Бізге белгілі болғандай, топырақтың капиллярлы ылғалдылығының шамасы қаныққан ылғалдылықтан 60...100 пайыз арасында өзгергенде, яғни -

3...-0,3 м су деңгейіне пара-пар (кері) табиғи күші (сору күші) пайда болады [7].

Ұсынып отырған өздігінен ағатын, топырақ ішінен суаратын адсорбциялы жүйенің жаңалығы алдын ала патентпен қорғалған [8], жаңа гидромелиоративтік жүйелерді салу мен қайта жаңғырту ұсыныстарын [9] ескере отырып, төмендегідей ерекшеліктерімен сипатталады:

- танапқа су, сорғысыз өздігінен үздіксіз ағып келіп, су тазалағыш сүзгі қондырғыларды қажетсізбейді;

- танапты суаруға өзен, артезиан және әртүрлі қалқымасы бар малдардың шайынды суларын пайдалануға болады;

- вегетация кезеңінде танаптың су режимі қажетті деңгейде автоматты түрде реттелініп тұрады, сонымен қатар тұз, ауа, жылу, қоректік заттар да реттелінеді;

- суды танапқа жеткізу, суару үрдістерін жүргізу, тыңайтқыштарды, гербицидтерді шашу (беру) және топырақты өңдеуге кететін еңбек шығындары, қолданыстағы жүйелермен салыстырғанда шамамен 70 пайызға дейін кемиді;

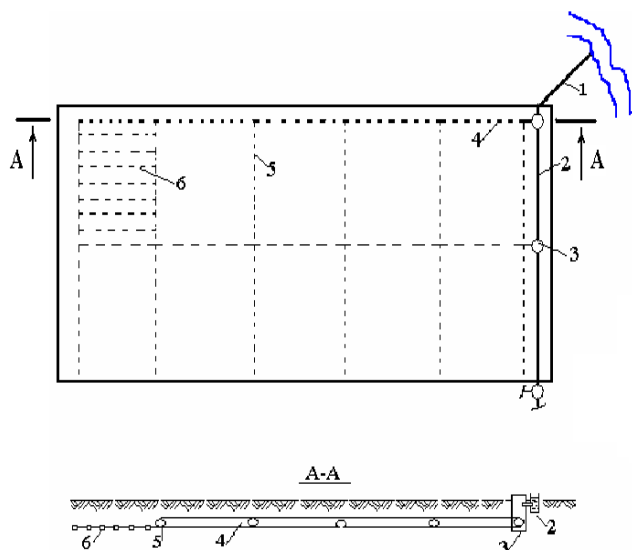
- вегетация кезеңінде танапқа суды топырақ ішінен беріп, есепті қабаттағы ылғалдылық салыстырмалы жоғары деңгейде автоматты түрде ұстап тұрудан, топырақтың екінші рет тұздануына жол берілмейді;

- су топырақ ішінен капиллярлы түрде берілуінен, есепті қабаттан төмен ығысатын өнімсіз су ысыраптары 50...80 пайызға азайып, сонымен қоса қоректік заттардың шайылуы кеміп, оларды тиімді пайдалануының әсерінен, өсіріліп отырған ауылшаруашылық дақылдардың өнімділігі 1,5...2,0 есеге өседі.

Ұсынылып отырған жаңа жүйе төмендегідей ретпен жұмыс жасайды. Көктемгі кезеңде, танап топырағының ылғалдылық деңгейіне қарай, суды жеткізу бас канал 1 және тасымалдау желісі арқылы 2 (суретке қараңыз) егінді екпей тұрып немесе еккеннен кейін жүргізіледі. Алдын ала, 3 жинақтаушы құрылым ішіндегі және 4, 5, 6 пластикалық құбырлардың үстіңгі жағының әр ара қашықтығында орналасқан жіңішке түтікшелері бар жапқыш тетіктерді ашып қою қажет. Олар жер бетінен 0,1...0,3 м биіктікке дейін шығып тұруы керек. Осы тетіктер бар түтікшелердің көмегімен жабық жүйелердің ішінде жиналып қалған «ауа тығыны» атмосфераға шығарылып тасталады. Барлық желілерге 3, 4, 5, 6 су толығымен еніп болған соң, «ауа тығынының» жоқтығына көз жетісімен, 4, 5, 6 құбырларындағы тетіктерді жауып, ал 3 жинақтаушы құрылым ішіндегі жапқыш тетік вегетация бойынша ашық тұрып, оның ішіндегі су деңгейі арнайы қондырғының көмегімен, жер астында орналасқан 4 пластикалық құбырдың су енетін аузынан тұрақты түрде жоғары бірқалыпты деңгейде тұруын қамтамасыз ету

керек. Осы талаптарды орындап болған соң, адсорбциялы топырақ ішінен суару жүйесі автоматты түрде жұмыс істеу үрдісіне көшеді.

Көбінде, вегетация басында күздік жаңбыр мен қыстық қарлардың әсерінен танаптың есепті қабатының ылғалдылығы қаныққан ылғалдылық деңгейіне жақын болады, яғни капиллярлы ылғал мөлшері 100 пайызға жуық болады. Бұл кезде топырақтың сору күшінің мәнінің төмен болғандығынан ($-0...-0,2$ м) жер асты жүйесі құбырларының ішінен есепті қабатқа су соруы уақытша кідіріліп тұрады. Ал топырақ беті біраз тереңдікке дейін қызып, оның бетінен ылғал булануы мен өсімдік бойынан транспирациялық су шығыны ұлғая бастасымен есепті қабаттың адсорбциялы сору күші жоғарылай береді (шамамен $-0,3...-0,6$ м). Осы кезде қорғағыш сүзгі орналасқан топырақ қабатында пайда болған сору күшінің әсерінен, ылғалдандырғыш құбыр ішінен су топырақтың ылғалдылығы жоғары мәніне жеткенше ене береді, яғни сору күшінің көрсеткіші нольге жақындағанша. Осы үрдіс ауа райының жылу режиміне байланысты, суару кезеңінде бірнеше мәрте қайталанады. Сөйтіп вегетация кезеңінде есепті топырақ қабатындағы ылғалдылық мәні автоматты түрде 75...95 пайыз төңірегінде болып (капиллярлы қозғалмалы, өсімдікке сіңімді түрінде), бір қалыпты, қатты ауытқусыз, ылғал тапшылығын тудырмай, көрсетілген ылғалдылық дәлсіз аралығынан шықпайды.



1 — бас канал су көзімен бірге (ашық және жабық желілер, артезиан ұңғымасы т.т.); 2 — тасымалдау желісі (канал, темірбетон науа); 3 — жинақтаушы құрылым, суды бір деңгейде ұстап тұратын қондырғымен қоса; 4 — пластикалық тарату құбыры; 5 — учаскелік пластикалық құбыр; 6 — топырақ ішінен ылғалдандыратын саңлаулы қорғағыш сүзгісі бар пластикалық құбыр

Өздігінен ағатын адсорбциялы топырақ ішінен суару жүйесі

Апаттық жағдай болып, 1,2 желілерде бірнеше күн су болмай қалған кезде, жинақтаушы құрылым ішіндегі жапқыш тетікті, су деңгейі таратушы құбыр ернеуіне жетпестен бұрын жауып қою керек, яғни құбырға сырттан ауа еніп вакуумды (кері арынды) болдыртпай тастамас үшін. Себебі қайтадан, жабық құбыр ішінде вакуумды (қайта жаңғырғыш сору күшін) болдыру үшін біраз қиындықтар тууы мүмкін. Апаттық жағдайдан кейін, су 1,2 желілер арқылы беріліп, 3 жинақтаушы құрылым толысымен жапқыш тетікті қайтадан ашу керек. Әрі қарай жүйе, топырақтың қай-та жаңғырғыш сору күштерінің әсерінен, автоматты үрдісте жұмыс істей береді. Сонда бұл жаңа жүйедегі суарушы-оператордың міндеті, судың 1,2 желілер арқылы 3 жинақтаушы құрылымға үздіксіз келіп, құйылуын, ондағы судың деңгейі бір қалыпты ұсталып тұруын қадағалап, су бетіне келіп түсетін қалқыма заттардан (тұрмыстық, өсімдік және жан-жануарлар қалдықтарын) тазартып отыру.

Алғашқы есеп бойынша, бір жинақтаушы құрылымнан 5...10 га танапқа су таратылып, қызмет көрсетіледі. Осы құрылым арқылы вегетация кезеңінде өсімдіктерге топырақ ішінен, сумен бірге әртүрлі қоректік заттар мен гербицидтер беріліп тұрылады. Яғни ешқандай еңбек күші жұмсалмайды, ауылшаруашылық техника пайдаланылмайды.

Ұсынылып отырған суару алқабында 1 бас канал мен 2 тасымалдау желісінен басқасының бәрі (4, 5, 6) жер астында орналасқандықтан жерді пайдалану коэффициенті шамамен 0,95...0,98 құрайды. Ал, 4, 5, 6 пластикалық құбырлар жер бетінен 0,4...0,75 м тереңдікте жатуына байланысты, ауылшаруашылық техникаларының танапта әртүрлі агрономиялық жұмыстар атқаруына ешқандай кедергілер жасамайды.

Күзде танаптағы өнім жиналып болған соң, жүйені қысқа дайындау қажет болады. Ол үшін 1 бас канал мен 2 тасымалдау желісі арқылы танапқа судың алдын ала келуін тоқтатып, 4, 5, 6 жүйелердегі судың топырақ қабатына толығымен сіңіп кетіп, олардың ішінде қысқа қарай су қалмауын бақылау қажет.

Танап көлбеулігін пайдаланып өздігінен (сорғысыз) ағып келетін адсорбциялы топырақ ішінен суару тәсілі негізінде тәжірибелік ғылыми-зерттеу жұмыстары СІҒЗИ эксперименттік участкісінде жүргізілді. Алғашқы нәтижелер бойынша қолданыстағы тәсілдермен салыстырғанда суару нормасы екі есе кем жұмсалынатын дақылдардың өнімділігі 1,5...1,8 есеге артатынын көрсетті.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Усманов С.У. Научно-инновационные основы развития производства растениеводства Республики Казахстан // «Инновационная политика РК: Перспективы развития и проблемы, Коммерциализация научных разработок»: г. Шымкент. 21-22 ноября 2006 г. Шымкент, 2006. С. 1-5.

2. Рябцев А.Д., Ахметов С.К. Водные ресурсы Казахстана: проблемы и перспективы использования // Гидрометеорология и экология. 2002. №1. С. 51-73.
3. Скобельцин Ю.А., Гумбаров А.Д., Дубинин С.А. Внутрипочвенное орошение сельскохозяйственных культур. Краснодар: КСХИ, 1988. 98 с.
4. Изучение внутрипочвенного орошения природными сточными водами и животноводческими стоками/ Под общ. ред. Д.П. Гостищева. М.: ВАСХНИЛ. 134 с.
5. Хамраев Н.Р. Опыт строительства систем внутрипочвенного орошения. М.: Колос. 715 с.
6. Олгаренко В.И., Олгаренко Г.В. Анализ конструкций гидромелиоративных систем на основе стадийного развития техники // Мелиорация и водное хозяйство, 1998. №1. С. 23-26.
7. Муромцев Н.А. Мелиоративная гидрофизика почв. Методы исследования, гидрофизические закономерности, регулирование водного режима почв и растений. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 271 с.
8. Джаманбаев Б.С. Эколого-мелиоративное и научно-техническое обоснование ресурсоэкологосберегающей внутрипочвенной экосистемы, функционирующей на основе сосущей силы почв // Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов: Сб. науч. тр. межд. науч.-практ. конференции. г. Казань, 6-8 декабря 2006 г. Казань, 2006. С. 356-360.
9. Предварительный патент №16877. Адсорбционная внутрипочвенная оросительная система / Джаманбаев Б.С. Заявка №2003/1405.1.

УДК 622.8

А.К. АКИМБЕКОВ

К.З. ИСКАКОВ

К оценке риска самовозгорания углей Карагандинского бассейна

В теории и практике предупреждения и профилактики эндогенных пожаров термин «риск самовозгорания угля» специалистами стран СНГ практически не употреблялся, методы его качественной и количественной оценки не разрабатывались. Качественной и весьма приближенной оценкой можно назвать классификацию углей по категории «склонный»-«не склонный». Тем не менее, на основании этой классификации принимаются ответственные решения о разработке и реализации мер по предупреждению эндогенных пожаров, которые требуют значительных материальных и трудовых ресурсов.

В определенной степени количественной оценкой риска самовозгорания можно назвать вероятность возникновения эндогенного пожара в угольных шахтах на основании обработки статистических данных об имевших место случаях пожаров от самовозгорания угля в разных угольных бассейнах.

Однако, как правило, обработка статистического материала, собранного со всех бассейнов, заключается в построении функции распределения вероятности возникновения с определенной мерой достоверности. При этом принимается вся совокупность исходных данных без подразделения на отдельные угледобывающие районы, в каждом из которых выборка была бы непредставительной.

Можно утверждать, что степень риска самовозгорания угля — это функция определенных физико-химических свойств угольного вещества и условий добычи, транспортировки и хранения. При этом, если физико-химические свойства обладают вполне определенными и измеримыми количественными характеристиками (прочностными, тепловыми, сорбционными, химическим составом и т.п.), то условия, при которых возможно или невозможно самонагревание и дальнейшее

самовозгорание, можно описать лишь какими-то дискретно-качественными характеристиками (нарушенность массива или угольного скопления, наличие доступа окислителя-кислорода, возможность применения предупредительно-профилактических мер и т.п.)

Если за степень риска самовозгорания принять вероятность возникновения эндогенного пожара, то бесспорно, что адекватная оценка этой вероятности чрезвычайно важна. Практически все известные работы по эндогенной пожароопасности и прогнозу по её предупреждению оперируют такими основными и установившимися характеристиками самого угля и процесса самовозгорания, как критическая температура, склонность к самовозгоранию, инкубационный период. Очевидно, что наиболее представительными для оценки степени самовозгорания углей являются средняя скорость повышения температуры от начальной и общее повышение температуры за определенное время. Причем эти термодинамические характеристики угля целесообразно и необходимо получить в условиях адиабатического опыта и только на основе имеющихся физико-химических и тепловых свойств угля, поскольку неизвестно, в каких условиях он будет находиться в том или другом технологическом процессе. Опыт должен быть именно адиабатическим, т.е. без теплообмена с внешней средой, влияние которой опять-таки можно учесть только в конкретных условиях.

Исследования, проведенные в Ноттингемском университете на основе адиабатического окисления различных углей из многих угольных бассейнов мира, позволили получить многофакторные статистические зависимости, позволяющие рассчитать начальную скорость

нагрева и общее повышение температуры при окислении в лабораторных условиях [1].

В качестве исходных независимых параметров исследователями приняты тринадцать показателей, характеризующих внутренние свойства материнского угля: плотность, x_1 , кг/м³; теплотворная способность, x_2 , дж/кг; содержание влаги, x_3 , %; выход летучих веществ, x_4 , %; связанный углерод, x_5 , %; зольность, x_6 , %; поверхностная влага, x_7 , %; общее содержание влаги, x_8 , %; общее содержание железа, x_9 , %; непиритное железо, x_{10} , %; содержание серы, x_{11} , %; пиритная сера, x_{12} , %; органические и сульфатно-серные вещества в угле, x_{13} , %.

Целью проведения опытов было определение начальной скорости нагрева y_1 , °C/ч и общего повышения температуры, y_2 , °C.

В результате обработки большого количества исходных данных авторами получены следующие зависимости для жирных углей:

- рост начальной температуры при адиабатическом окислении

$$y_1 = -4,38 + 4,55\ln(x_9) - 4,3\ln(x_{10}) + 1,38\ln(x_{11}) - 1,7\ln(x_{12}) - 1,85\ln(x_{13}) - 6,75x_1 + 0,0001x_2 + 3,26x_3 + 0,074x_4 + 0,017x_6 + 0,15x_8; \quad (1)$$

- общий рост температуры при окислении

$$y_2 = 0,487 + 2,1\ln(x_9) - 2,91\ln(x_{10}) + 2,36\ln(x_{11}) - 1,91\ln(x_{12}) - 2,84\ln(x_{13}) - 16,8x_1 + 0,0001x_2 + 10,7x_3 + 0,3x_4 - 0,1x_6 + 1,07x_8. \quad (2)$$

Коэффициенты корреляции и стандартные ошибки оценки, соответственно, 0,998 и 0,208; 0,997 и 0,780.

На основании результатов расчетов по формулам (1) и (2) построена система классификации риска самовозгорания угля (таблица 1).

Как следует из классификации, оценка производится по скорости повышения температуры и продолжительности инкубационного периода. Последнее в определенной степени согласуется с нашими расчетами продолжительности инкубационного периода, величина которой может лежать в пределах от нескольких суток до нескольких лет.

Для оценки риска самовозгорания углей пластов Карагандинского бассейна по вышеописанному методу выполнены расчеты по формулам (1), (2) на основании исходных данных, представленных

Угольным департаментом АО «Арселор Миттал Темиртау» (таблица 2).

Как видно из графы 13, по росту начальной температуры почти все пласты относятся к классу риска «высокий» и «очень высокий».

Другим способом оценки риска самовозгорания угля от свойств самого угольного вещества, т.е. также природного фактора, является исследование динамики роста температуры самонагревания угля.

На основе теоретического уравнения теплового баланса адиабатического окисления

$$\tau m_y q [U + E(T - T_0)] = m_y C_y (T - T_0), \quad (3)$$

где τ — время процесса, с;

m_y — масса навески угля, кг;

q — удельная теплота окисления, дж/м³;

U, E — соответственно, кинетическая константа скорости сорбции кислорода (м³/кг·с) и

температурный коэффициент сорбции (м³/кг·с·град);

T_0 и T — соответственно, начальная и текущая температуры угля, °C;

C_y — удельная теплоемкость угля, дж/кг·град.

Уравнение теплового баланса (3) означает, что вся теплота генерации при окислении расходуется только на нагревание угля без рассеивания.

Удельная теплоемкость углей увеличивается с ростом температуры нагревания и зависит ещё от выхода летучих V , рассчитывается по формуле

$$C_y = 0,836 + 9 \cdot 10^{-6} (13 + V^2) (130 + T). \quad (4)$$

Из уравнения (3) температура T в зависимости от времени τ рассчитывается по формуле

$$T = T_0 + U \cdot q \cdot \tau / (C_y - E \cdot q \cdot \tau). \quad (5)$$

По результатам расчетов для классификации риска самонагревания по формулам (3)-(5) определены темпы самонагревания, а также параметры химической активности, расчетный инкубационный период основных пластов бассейна (таблица 3). Результаты показывают, что даже в интервале параметров химической активности между минимальными и максимальными значениями угли пластов D_6, K_{10}, K_{12} по начальному росту температур в адиабатических условиях относятся к классу с высоким риском самовозгорания. Пласты K_{13} и T_1 относятся к классу с низким и средним риском самовозгорания. Эти результаты вполне коррелируют со статистическими данными по случаям возникновения эндогенных пожаров на шахтах Карагандинского бассейна и могут быть использованы при разработке принципов и методических основ оценки риска [2].

Таблица 1

КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКА САМОВОЗГОРАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АДИАБАТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ

Класс риска	Результат адиабатического эксперимента		Риск самонагрева в адиабатическом тесте	Инкубационный период, мес
	Начальная скорость нагрева, °C/час	Общее повышение температуры, °C		
Низкий риск	<0,6	<2,5	1	>18
Средний	0,6÷1,2	2,5÷4,5	2	9-18
Высокий	1,2÷2,0	4,5÷7,0	3	3-9
Очень высокий	>2,0	>7,0	4	0,5-3

Таблица 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО СВОЙСТВАМ И СОСТАВАМ УГЛЕЙ ПЛАСТОВ КАРАГАНДИНСКОГО БАССЕЙНА

Шахта	Индекс пласта	Удельный вес, г/см ³	Теплотворная способность, Мдж/кг	Содержание влаги, %	Выход летучих, %	Зольность, %	Поверхностная влага, %	Общее содержание влаги, %	Содержание железа, %	Непиритное железо, %	Содержание серы, %	Начальный рост температуры, °С/ч
им. И.А. Костенко	K_{γ}	1,58	23,14	2,2	29,9	25,0	3,8	6,0	5,6	5,6	0,30	1,85
	$K_{\gamma c}$	1,62	20,85	2,7	30,5	30,0	3,8	6,5	4,7	4,7	0,50	3,16
	K_{γ}	1,64	21,61	2,1	29,9	32,0	3,9	6,0	4,7	4,7	0,46	1,03
	K_{γ}	1,65	18,34	2,0	29,5	35,7	4,5	6,5	7,6	7,6	0,40	0,42
	K_{γ}	1,70	19,47	2,4	31,2	38,8	4,1	6,5	7,6	7,6	0,40	1,98
им. Т. Кузембаева	K_{γ}	1,60	22,98	2,5	27,9	26,0	3,9	6,4	4,5	4,5	0,40	2,48
	$K_{\gamma c}$	1,60	22,94	2,6	27,4	28,6	3,9	6,5	4,5	4,5	0,57	2,72
	K_{γ}	1,71	18,40	3,0	30,6	37,5	3,8	6,8	4,5	4,5	0,80	3,50
	$K_{\gamma c}$	1,65	19,43	2,9	27,9	35,0	3,6	6,5	4,5	4,5	0,79	3,32
«Саранская»	K_{γ}	1,54	23,32	2,5	26,0	26,5	3,5	6,0	6,8	6,8	0,32	2,85
	$K_{\gamma c}$	1,56	22,27	2,8	26,6	29,0	3,2	6,0	6,0	6,0	0,46	3,62
«Абайская»	K_{γ}	1,64	19,89	3,2	24,0	29,9	3,3	6,5	4,5	4,5	0,37	4,14
	$K_{\gamma c}$	1,60	22,03	3,0	22,7	26,5	3,3	6,3	4,5	4,5	0,56	3,59
	K_{γ}	1,61	22,38	3,4	23,0	28,8	3,1	6,5	4,5	4,5	0,57	4,92
«Казахстанская»	D_{γ}	1,53	23,03	2,6	28,8	24,0	3,1	5,7	6,5	6,5	0,65	3,13
	$D_{\gamma c}$	1,59	21,78	3,2	31,0	30,5	2,5	6,0	6,5	6,5	0,78	4,91
им. В.И. Ленина	D_{γ}	1,54	23,0	2,8	28,5	24,0	3,2	6,0	6,5	6,5	0,58	3,77
	$D_{\gamma c}$	1,60	21,02	3,0	28,7	31,0	3,0	6,0	6,5	6,5	0,48	4,16
«Шахтинская»	D_{γ}	1,50	24,58	2,9	30,5	20,8	2,7	5,6	6,5	6,5	0,46	4,51
«Тентекская»	D_{γ}	1,48	24,66	3,0	33,8	20,5	2,7	5,7	6,5	6,5	0,79	5,05

Таблица 3

КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКА САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЕЙ ПО ТЕМПУ НАЧАЛЬНОГО РОСТА ТЕМПЕРАТУРЫ, КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И ИНКУБАЦИОННОМУ ПЕРИОДУ

Месторождение	Индекс пласта	Параметр угля			Показатель самовозгорания		
		$U, \text{м}^3/\text{кг} \cdot \text{с} \cdot 10^3$	$E, \text{м}^3/\text{кг} \cdot \text{с} \cdot \text{град} \cdot 10^3$	$V, \%$	критическая температура, °С	начальный рост температуры, град/ч	класс риска
Карагандинский бассейн	D_{γ}	8,5	0,85	10	89	2,0	высокий
	D_{γ}	5,1	0,90	22	92	1,6	высокий
	$K_{\gamma c}$	4,8	0,88	10	110	1,5	высокий
	$K_{\gamma c}$	15,8	0,73	15	94	1,9	высокий
	K_{γ}	15,7	0,74	10	83	1,9	высокий
	K_{γ}	7,9	0,14	20	102	0,6	средний
	K_{γ}	1,4	0,60	15	113	0,17	низкий
	K_{γ}	4,7	0,82	22	104	0,9	средний
	T_{γ}	3,8	0,81	23	121	0,7	средний

Имеющая разница по численным значениям, вероятно, объясняется тем, что при адиабатическом моделировании основными характеристиками угля являются параметры химической активности и теплоемкость угля, имеющие термодинамический смысл. Эмпирические формулы (1) и (2) включают физико-механические свойства и элементный состав угля, определяемые иными лабораторными анализами.

Таким образом, установление опасности самовозгорания угля по категории «склонен»-«не склонен» не дает возможности более конкретно определить и уточнить меры по предупреждению

эндогенных пожаров в угольных шахтах. Приведенные методы требуют выполнения специальных лабораторных анализов, но также позволяют на их основе рассчитать вполне определенные количественные показатели риска самовозгорания угля. Расчет роста начальной температуры по составу и внутренним свойствам угля позволяет заранее, еще до начала горных работ, на этапе проектных разработок обосновать решения по тем или иным мерам по предупреждению эндогенных пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Demirbilek S. The Development of spontaneous combustion risk classification system for coal seams. Department of mining engineering. University of Nottingham. 1986. P. 23-31.
- Искаков К.З. Методические оценки риска самовозгорания углей // Тр. X Юбилейной междунар. научной конф. «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». Вып. 2. Караганда, 2007. С. 369-372.

УДК 622.86

Д. БОКАРЕВ

Преимущества нового способа подготовки

выбросоопасных пластов

Планомерное повышение эффективности горных работ на шахтах Угольного департамента АО «Арселор Миттал Темиртау» позволило увеличивать нагрузку на очистной забой до 5-6 тысяч тонн в сутки на газоносных пластах. При этом эффективность комплексной дегазации выемочных участков достигает 70-80%. С ростом нагрузки на лаву выросли скорости подвигания очистных забоев, которые начали превышать темпы проведения подготовительных выработок по выбросоопасным пластам.

Поскольку эффективность работы шахты обеспечивается главным образом за счет своевременного воспроизводства фронта очистных работ, то вместе с ростом глубины, с которой происходят добыча угля и усложнение геологических условий, все большую актуальность приобретает внедрение новых технологий проведения подготовительных выработок по выбросоопасным пластам. Такие технологии должны обеспечивать во все более сложных условиях промышленную и экологическую безопасность скоростного проведения подготовительных выработок. Чтобы достичь этого, требуется учесть геомеханические и фильтрационные свойства массива, а также технологические и экономические критерии для обоснования оптимальных параметров способа подготовки выбросоопасных пластов, основанного на извлечении метана газодренажными скважинами, пробуренными из разгружающих полевых выработок. Угольный пласт D_6 «Кассинский» в Карагандинском бассейне наиболее опасен по газодинамическим явлениям. Всего на шахтах этого бассейна зарегистрировано 52 внезапных выброса угля и газа и 22 внезапных прорыва газа с динамическим разломом почвы выработки. Пять наиболее интенсивных внезапных выбросов угля и газа произошло на пласте D_6 на шахтах им. В.И. Ленина и «Казахстанская». Подавляющее большинство внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы выработки также произошло при ведении подготовительных горных работ по пласту D_6 на шахте им. Ленина (21 внезапный прорыв газа).

Угольный пласт D_6 в пределах шахтного поля шахты им. Ленина с глубины 250 м от поверхности отнесен к опасным, а с глубины 320 м — к особовыбросоопасным по газодинамическим явлениям. Защитных пластов пласт D_6 не имеет. Его мощность колеблется в пределах 5-7 м. Пласт имеет сложное строение и может быть разделен на два слоя. Уголь верхнего слоя мощностью 3,4-4,0 м полосчатый, полублестящий, крепостью 0,5-0,7 с эндокливажом вертикального падения, сухой, на разлом хрупкий. Уголь нижнего слоя мощностью 1,0-2,0 м сажистый, крепостью от 0,2 до 0,4, жирный несмачиваемый. Верхний и нижний слой разделяет глинистый водонепроницаемый аргиллит мощностью до 0,2 м.

Природная газоносность пласта D_6 изменяется с глубиной в пределах 14-28 м³/т. Отличительной

особенностью пласта D_6 на поле шахты им. Ленина является высокое содержание свободного газа при разгруженном от горного давления состоянии. По данным кернового опробования ПО «Центрказгеология» от 32 до 74 % газа пласта D_6 находится в свободном состоянии, причем в 57 % скважин содержание свободного газа превышает 50 %. Начальная скорость газоотдачи угля нижнего слоя пласта D_6 значительно выше, чем верхнего слоя. Среднее значение начальной скорости газоотдачи наиболее выбросоопасных перемятых пачек нижнего слоя пласта D_6 составляет 20,5 у.е., а максимальное — до 28 у.е. Прочностные свойства угля (коэффициент крепости и прочность угля) нижнего слоя пласта D_6 примерно в 1,5 раза ниже, а коэффициент изменчивости прочности угля нижнего слоя в 5 раз выше, чем верхнего. Пласт D_6 в неразгруженном состоянии имеет низкую газопроницаемость по сравнению с другими выбросоопасными пластами Карагандинского бассейна. Коэффициент газопроницаемости пласта D_6 изменяется с глубиной от 0,0060 до 0,0033 мД.

Низкие прочностные свойства и высокая начальная скорость газоотдачи угля нижнего слоя пласта D_6 обуславливает его повышенную опасность в отношении газодинамических явлений [1].

На шахте им. Ленина накоплен большой опыт ведения горных работ по особовыбросоопасным пластам. В различное время при проведении подготовительных выработок были использованы следующие технологические схемы:

- проведение подготовительной выработки по нижней части пласта D_6 с гидроотжимом призабойной части пласта;
- то же, с бурением в забой газодренажных скважин $\varnothing 80$ -100 мм.

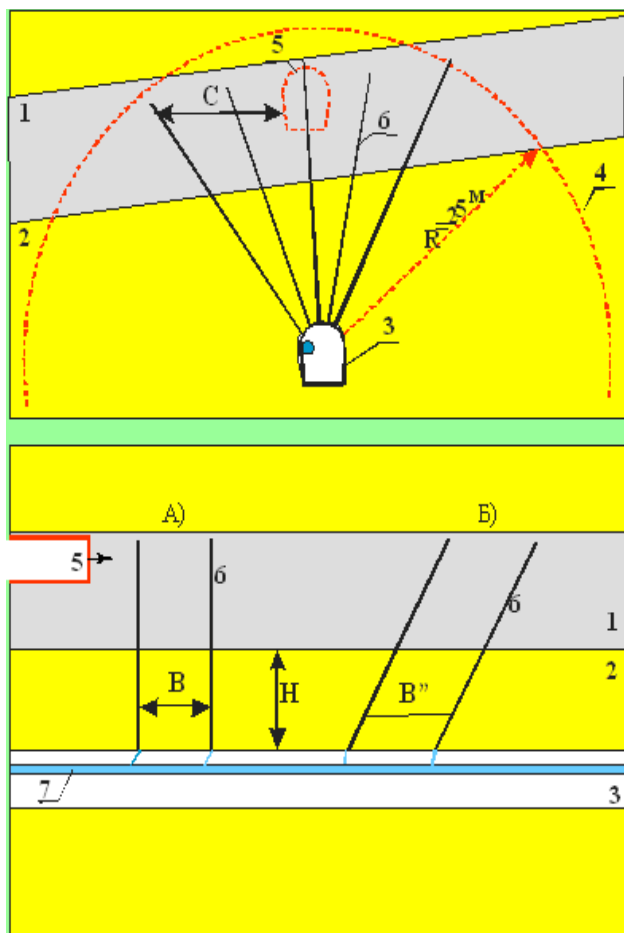
Проведение выработок по нижнему слою пласта сопровождалось существенным снижением темпов из-за сложной газовой и выбросоопасной обстановки. После того как произошло несколько внезапных выбросов угля и газа, проходку подготовительных выработок стали вести по верхнему слою пласта D_6 , в том числе и с частичной присечкой пород кровли.

Для увеличения скорости проведения выработок по верхнему слою особовыбросоопасного пласта D_6 и снижения времени на подготовку выемочного участка разработан метод разгрузки пласта от метана, основанный на извлечении метана газодренажными скважинами, пробуренными из разгружающих полевых выработок (см. рисунок) [2].

Проведение подготовительных выработок по верхнему слою пласта D_6 осуществляли с бурением:

- газодренажных скважин $\varnothing 80$ мм и гидроотжимом призабойной части пласта;
- из ниш длинных дегазационных скважин $\varnothing 80$ мм;
- дегазационных скважин под контур выработки (из параллельной выработки).

Разломы почвы происходят в призабойной части подготовительных выработок и сопровождаются интенсивным газовыделением. Высота разломов почвы составляет от 0,4 до 3,0 м. Протяженность до 6-16 м. Максимальное поднятие почвы, как правило, наблюдается под проходческим комбайном на расстоянии 6-10 м от забоя. Поверхность почвы выработки в месте разлома, как правило, разбита крупными трещинами, ширина которых составляет 0,05-0,40 м.



1 — угольный пласт; 2 — породный массив; 3 — породная выработка; 4 — зона влияния породной выработки; 5 — подготовительный забой по уголю; 6 — газодренажные скважины; 7 — вакуумпровод

Технологическая схема дегазации пласта газодренажными скважинами, пробуренными из разгружающей породной выработки

Однако при проведении подготовительных выработок по верхнему слою пласта D_6 начали происходить газодинамические явления, которые в настоящее время квалифицируются как внезапные прорывы угля и газа с динамическим разломом почвы выработки [3].

Внезапные прорывы газа с динамическим разломом почвы выработки происходят в зоне действия проходческого комбайна только во время его работы, что свидетельствует о влиянии работы комбайна на формирование опасной ситуации. Избежать этого газодинамического явления можно за счет разгрузки пласта от газа.

Анализ различных технологических схем проведения подготовительных выработок по верхнему слою пласта D_6 приведен в таблице.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПО ВЕРХНЕМУ СЛОЮ ПЛАСТУ D_6

Технология проведения	Скорость проведения, м/мес	Количество внезапных прорывов, шт	Частота явлений на 1 км проведения выработки, шт
С бурением газодренажных скважин диаметром 60 мм, длиной 12,5 м из-за комбайна под забой выработки и с гидроотжимом угольного пласта	62,3	9	2,25
С бурением из ниш скважин длиной 80-100 м, диаметром 60-80 мм	72	9	1,56
С бурением дегазационных скважин под контур будущей выработки	84,5	-	-
С бурением дегазационных скважин диаметром 250 мм под контур будущей выработки	20-30	-	-
Заблаговременная дегазация + бурение газодренажных скважин	50-70	-	-
С бурением газодренажных скважин из разгружающей полевой выработки	70-100	-	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айруни А.Т., Презент Г.М., Баймухаметов С.К. и др. Проблемы разработки метаноносных угольных пластов, промышленного извлечения и использования шахтного метана в Карагандинском бассейне. М.: Изд-во Академии горных наук

России, 2002.

2. Предварительный патент №16196. Гос. реестр 15.07.2005. РК / Баймухаметов С.К., Самусев В.Ф., Полчин А.И., Геречко С.С. Способ предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проходке горных выработок на угольных пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа.
3. Бирюков Ю.М., Пименов А.А., Ходжаев Р.Р. Проблемы техногенных газодинамических явлений / Академия горных наук. Калининград, 2005.

УДК 628.743:658.567

А.А. ЧЕРНЫШЕВА

Огнетушащий состав на основе некондиционного порошка П-2АП и отсева доломитовой пыли

При разработке состава огнетушащих порошков решаются две основные задачи: подбор такого химического и гранулометрического состава огнетушащего порошка, который бы обеспечил максимально высокую огнетушащую способность по тому или иному классу пожара и хороший выброс порошка из огнетушителя.

Сильный нагрев порошкового состава при тушении пожара приводит к его плавлению и переходу твердого вещества в жидкое состояние, а затем при испарении — в газ. Испарение и плавление твердых тел сопровождается поглощением теплоты испарения или плавления, затрачиваемой на преодоление связей между частицами и на отрыв частиц от поверхности кристаллов или жидкости. Температуры плавления твердых веществ и кипения жидкостей различны и объясняются различными энергиями связей между атомами и молекулами веществ. Именно эти физические свойства веществ учитываются при разработке, выборе и оценке эффективности огнетушащих средств и материалов.

Применяемые стандартные составы очень дороги, поэтому перспективно изучение пылевидных отходов промышленности в связи с их дешевизной, малыми затратами на окончательную доработку и возможностью утилизации.

На основании исследований предлагается использовать в качестве компонентов огнетушащего состава некондиционный (просроченный) порошок П-2АП, сохранивший свою огнетушащую способность [1] и мелкодисперсные отходы сырой доломитовой пыли цеха обжига доломита.

Основой огнетушащего порошка П-2АП является аммофос, состоящий из фосфорно-аммонийных солей. При разложении аммофоса реакция идет с поглощением тепла (эндотермическая): на 1 кг аммофоса затрачивается 584,85 кДж.

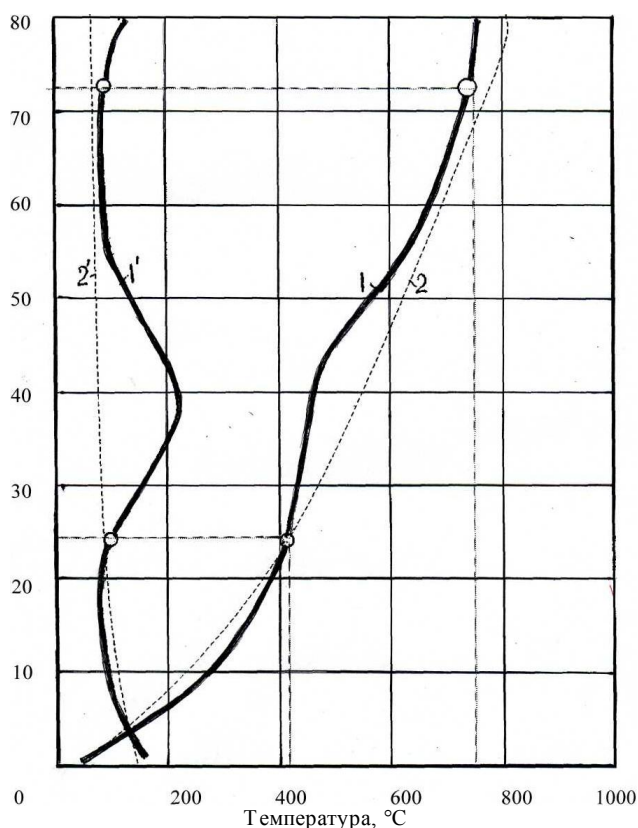
Пылевидные отходы цеха обжига доломита содержат большое количество оксидов и карбонатных соединений кальция и магния, обладающих гигроскопическими и связующими свойствами. Это позволяет эффективно использовать их в качестве веществ, замедляющих процессы взрыва и горения материалов, в частности, для осланцевания горных выработок, приготовления эмульсий и паст для связывания оседающей угольной пыли, антипирогенов, в составах огнетушащих порошков. Реакции разложения доломита также идут с эндотермическим эффектом и деструктуризацией, что свидетельствует о возможности применения

пылевидных доломитовых отходов в огнетушащих составах.

Полученные расчетные данные хорошо согласуются с проведенными термографическими исследованиями доломитовой пыли методом ДТА [2], представленным на рисунке 1. Начало первого эндотермического пика при температуре 420°C соответствует началу диссоциации карбонатов магния, а второй пик при 750°C соответствует диссоциации карбонатов кальция, температуры разложения этих солей близки к справочным данным [3].

Решение комплексной задачи по разработке состава достигается за счет оптимально выбранного качественного и экспериментально подобранного количественного состава компонентов огнетушащих порошков, изготавливаемых из отходов доломитовой пыли и некондиционного огнетушащего порошка. Технически и экономически целесообразно применение в огнетушащих составах тонкодисперсной доломитовой пыли цеха обжига доломита, которая в основном состоит из частиц размером до 1,0 мм, т.е. не требуется затрат электроэнергии на ее дополнительное измельчение. Составы готовят путем механического смешивания компонентов до их равномерного распределения в смеси. При этом комочки, имеющиеся в просроченном порошке, разбиваются.

Радикальным решением экологической и экономической проблемы отходов является разработка путей их утилизации. Поскольку и просроченный огнетушащий порошок П-2АП, и пылевидные отходы производства доломита не находят применение и складываются в отвалах, загрязняя окружающую среду.



1 и 1', 2 и 2' — соответственно прямые и дифференциальные температуры пробы (1) и эталона (2)

Рисунок 1 — Термограмма нагрева доломитовой пыли

С целью проверки сохранения огнетушащей способности просроченного огнетушащего порошка П-2АП были проведены специальные исследования по определению его огнетушащей способности. Результаты исследований показали сохранение огнетушащей способности у просроченного порошка и возможность применения отходов производства доломита в составе огнетушащего порошка.

В качестве объектов исследования были взяты следующие отходы:

- просроченный огнетушащий порошок П-2АП;
- доломитовая пыль сырого доломита ЦОИ-2 «Арселор Миттал Темиртау».

Было отобрано по три пробы каждого вида отходов, проведено их усреднение и сушка до постоянной влажности при 50°C в сушильном шкафу (массовая доля влаги не более 0,5%). Результаты работы по определению химического состава и гранулометрического анализа мелкодисперсных пылевидных отходов представлены в таблице 1.

Одним из параметров, позволяющим оценить огнетушащую способность порошков, является их дисперсность, которую можно определить либо по фракционному (гранулометрическому) составу, либо по удельной поверхности.

Исследования гранулометрического состава пылевидных отходов проводились ситовым и микроскопическим анализом.

Ситовый анализ огнетушащих порошков проводили согласно ТУ-113-08-597-86, на двух сетках: №02 (200 мкм) — остаток составил не более 5 % и

№005 (50 мкм) — здесь остаток составил 10-50 % (т.е. значительная часть частиц порошка имеет размер менее 50 мкм). Аналогичная картина наблюдалась и у отходов доломитовой пыли. Микроскопические исследования порошков проводили в простом проходящем свете при увеличении в 1000 раз. Для определения гранулометрического состава подсчитывали количество частиц фракций 0-10, 11-20, 21-30, 31-40 и 41-50 на десяти полях. На рисунке 2 представлены микроскопические исследования преобладающей фракции доломитовой пыли.

Микроскопические исследования показали, что доломитовая пыль не нуждается в дополнительном измельчении.

Для экспериментальной проверки показателей разработанных составов были приготовлены семь смесей с различным содержанием компонентов. Результаты приведены в таблице 2.

Исследования показали, что наиболее полно вышеустановленным требованиям отвечают составы 2-4, которые обеспечивают высокую огнетушащую способность и меньшую комкуемость огнетушащего состава при относительной низкой стоимости.

Установлено, что при снижении массовой доли доломитовой пыли в составе огнетушащего порошка менее 35 % увеличивается ее комкуемость, т.е. доля смеси, требующая дополнительного измельчения. При массовой доле доломитовой пыли в смеси более 45 % снижается огнетушащая способность смеси.

Таблица 1

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОЛОМИТОВОЙ ПЫЛИ

Химический состав, %		Гранулометрический состав, %	
компоненты	содержание	крупность, мм	доля
SiO ₂	3-4	> 2,5	-
CaO	30-35	1,6-2,5	-
Al ₂ O ₃	1-2	1,0-1,6	0,7
MgO	18-20	0,63-1,0	2,7
п.п.п.	40-45	0,1-0,63	17,4
		0,63-0,1	4,2
		0,05-0,063	30,8
		< 0,05	44,2



Рисунок 2 — Микроструктура доломитовой пыли размером менее 50 мкм

Анализ полученных результатов показывает, что использование в предлагаемом огнетушащем составе в качестве основного компонента просроченного порошка П-2АП (сохранившего основные эксплуатационные свойства — огнетушащую способность) и неостребованных пылевидных отходов сырого доломита обеспечивает достаточно высокие эксплуатационные свойства состава при весьма незначительной его стоимости. Этим достигается высокая экономичность предлагаемых огнетушащих составов и не ухудшается их

экологичность, так как порошок на фосфорно-аммонийной основе и продукты его разложения не оказывают отравляющего воздействия на людей, не вызывают коррозии и порчи технологического оборудования, при попадании на почву они усваиваются как удобрения. Добавление в почву гашеной извести также является агротехническим мероприятием.

Таким образом, оптимальным составом с точки зрения практического применения заявляемого огнетушащего порошка являются составы: № 2-4, что подтверждается промышленными испытаниями.

Таблица 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ПОРОШКОВ

Показатель	П-2АП стандартный	П-2АП просроченный	Соотношение П-2АП пр.: доломитовая пыль						
			50:50	55:45	60:40	65:35	70:30	80:20	90:10
Огнетушащая способность, кг/м ²	0,35	0,43-0,45	1	2	3	4	5	6	7
Доля состава, требующая доп. измельчения, %	0	80	5	10	15	18	20	46	60

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышева А.А., Говоров В.И., Трибунских О.С., Кривенко Т.С. Исследование эксплуатационных свойств просроченных огнетушащих порошков // Труды Международной научно-практической конференции, посв. 40-летию КарМетИ «Научно-технический прогресс в металлургии». Темиртау, 2003. С. 478-480.
2. Чернышева А.А. Определение температуры воспламенения слоя порошковых (пылевидных) материалов методом ДТА: Лабораторный практикум. Безопасность при ЧС. Темиртау, 1996. С. 61-66.
3. Равдель А.А., Пономарева А.М. Краткий справочник физико-химических величин // Сб.: «Иван Федоров». Санкт-Петербург, 2002. 240 с.

УДК 622.014.2:550.835.41

С.А. ЕФИМЕНКО

Многофункциональная рентгенорадиометрическая система рудоподготовки для шахт ПО «Жезказганцветмет»

В условиях капитализации рынка максимальная экономическая эффективность от разработки месторождений цветных металлов может быть достигнута за счет: а) мероприятий по повышению полноты извлечения и комплексности использования запасов минерального сырья в недрах; б) интенсификации процессов добычных работ. Приоритетным теперь считается первое направление.

В первую очередь сказанное выше актуально для крупных горнодобывающих предприятий, обрабатывающих запасы комплексных полиметаллических руд, и, в частности, для рудников подземной добычи ПО «Жезказганцветмет» — филиала ТОО «Корпорация Казахмыс», характеризующихся последовательно-параллельным порядком отработки месторождения, эксплуатационных блоков и панелей; разнообразием применяемых систем разработки; значительным количеством одновременно находящихся в добыче блоков, камер и панелей с различным качеством руд; линейными, комбинированными и расходящимися моделями рудопотоков; полиметаллическим характером оруденения (наряду с медью в наличии значительные запасы свинца, цинка, серебра,

кадмия, рения и серы); многоярусностью промышленного оруденения (9 горизонтов, 22 пласта серых полиметаллических песчаников, 27 рудных залежей, 390 рудных тел); отсутствием явно выраженных контуров рудных залежей и тел; четырьмя технологическими сортами руд: медные сульфидные, комплексные (медно-свинцовые, медно-свинцово-цинковые), свинцовые (свинцовые, свинцово-цинковые, цинковые) и смешанные (сульфидно-окисленные).

Для подземных рудников наилучшим образом подходит новая концепция технического перевооружения рудников в рамках диверсификации горного производства, предложенная Г.Г. Ломоносовым и М.Л. Жигаловым [1, 2], согласно которой на рудники наряду с добычей руды возлагаются функции первичной рудоподготовки, то есть доведение качества добытой руды до состояния, превышающего качество руды в обрабатываемых контурах залежей, путем выполнения совокупности разделительных (сепарационных) и смесительных (усреднительных) процессов и организации работы рудников по принципу «больше — через качество продукции», что позволит повысить их

конкурентоспособность на рынке минеральных ресурсов.

Концепция предполагает оснащение рудников комплексной многофункциональной системой рудоподготовки (КМСРП), базирующейся в соответствии с требованиями системного подхода на таких принципах, как: неразрывность управления качеством и объемом выпуска конечной продукции; комплексность управления по функциям, задачам и информационному обеспечению; единство процесса управления по всему циклу формирования качества: от проектирования горно-подготовительных работ до потребления; стандартизация качества как средство управления. Схожая концепция реализована на шведском руднике «Кируна» [3], а также на Навоийском ГМК (компьютерные системы АС «РУДА» и САПР ГП по проекту российской фирмы ООО «Интегра Групп. РУ»).

Классическим примером типовой подсистемы управления качеством добываемых руд и металлов модульного типа (СУКДРиМ), которую можно использовать в качестве краеугольного камня в КМСРП нового поколения, является автоматизированный комплекс геолого-маркшейдерских задач управления качеством руд, разработанный Московской горной академией для горных предприятий Норильска [4].

Очевидно, что развертывание СУКДРиМ типа норильской сопряжено со значительными материальными затратами, которые не всякое горнодобывающее предприятие может себе позволить. А вот реализация некоторых ее фрагментов может принести существенную экономическую выгоду при относительно небольших затратах.

Для УКДРиМ на подземных рудниках ПО «Жезказганцветмет» реальны два направления — планирование добычи (перспективное, текущее, оперативное) и непосредственное регулирование, то есть ведение горно-технологического процесса в заданном режиме качества добываемой руды за счет непосредственного оперативного управления качеством добываемых руд (НОУКДР) на базе жесткого контроля за процессами добычи руд и металлов (КДРиМ). Сейчас преобладает первое направление. Эффективность его практического воплощения недостаточна высока. Пора переходить ко второму направлению, но есть существенные препятствия: во-первых, урезанный объем, низкая оперативность обновления, недостаточная представительность и достоверность его ведущего звена — информационного обеспечения, которое должно строиться на принципах банков данных о качестве руды в недрах, в подготовленных к отработке выемочных единицах (забой, камера, блок), в отбитой горной массе, в транспортных (дизельный автопоезд, вагонетка, думпкар, гондола, шахтный конвейер) и накопительных (рудоспуск, бункер) емкостях в их динамике; во-вторых, слабое развитие технической инфраструктуры рудников.

На технологические показатели переработки руды в разной степени влияют многие параметры.

Отследить динамику изменчивости этих параметров в условиях действующего горного производства технически невозможно. Но СУКДРиМ, в противоположность геологическому объекту (месторождению), есть хорошо организованная система, где возможно детерминированное описание, допускающее использование для управления данных о динамике ограниченного числа переменных. В частности, в рамках КМСРП и СУКДРиМ достаточно обеспечить оперативное отслеживание динамики изменения содержания основных и сопутствующих компонентов в руде, чтобы применить эффективное управляющее воздействие на процессы добычи, рудоподготовки, рудосортировки и переработки руды. Управление, при этом, может однозначно с заданной точностью осуществляться действующими в системе функциональными связями и гарантировать выход на плановый уровень качества товарной руды за сутки, декаду, месяц, квартал, год. При такой постановке вопроса от того, как быстро, в какой форме, с какой степенью достоверности и в каком объеме будет поступать информация о качестве руды, во многом будет зависеть эффективность КМСРП и СУКДРиМ.

Определение содержаний элементов в руде — задача рудничного опробования, которое всегда являлось самым «узким» звеном в СУКДРиМ любой конфигурации до внедрения в практику геологического обслуживания горных работ ядерно-геофизических методов опробования руд в естественном залегании, в транспортных емкостях, в навалe отбитой горной массы.

Из всего многообразия современных ядерно-геофизических методов поставленным задачам в наибольшей степени отвечает рентгенорадиометрический метод (РРМ). Хотя РРМ является малоглубинным (плёночным) методом опробования, теоретическими исследованиями ученых (А.Ю. Большаков [5], Волков А.А., Крапивский Е.И., Светлов М.И. [6] и др.), подтвержденными многочисленными экспериментами на горнодобывающих предприятиях цветной металлургии Казахстана, было убедительно доказано, что выбором оптимальной сети опробования и его периодичности, работой только на «свежих», не запыленных забоях, скважинах и навалах руды можно достичь достоверности и представительности данных рентгенорадиометрического опробования вполне достаточной для решения задач в рамках ТПДР, КДРиМ и НОУКДР как по всему списку промышленных рудных компонентов, так и по точности, достоверности и чувствительности отдельных элементопределений.

Таким образом, РРМ опробования руд в условиях естественного залегания, отбитой горной массой, транспортных емкостях (РРО), РРМ анализа истертых забойных, шпуровых, вагонных и керновых проб (РРА) и РРМ каротажа эксплуатационно-разведочных скважин (РРК) должны рассматриваться не только в качестве основного метода геологического обслуживания горных работ на рудниках подземной добычи ПО «Жезказганцветмет», но и в качестве фактически единственного инструмента формирования информационных блоков подсистем

ТПДР, КДРиМ и НОУКДР при проектировании КМСРП и СУКДРиМ нового поколения.

Задача РРО забоев на рудниках подземной добычи ПО «Жезказганцветмет» решается с 1977 года. Базой РРО служит инструкция, которая оказалась первой в Минцветмете Казахской ССР инструкцией, утвержденной Вневедомственным научно-методическим советом по ядерно-физическим методам опробования полезных ископаемых в естественном залегании при Всесоюзном научно-исследовательском институте разведочной геофизики и геохимии (ВНИИЯГГ) Мингео СССР. К инструкции были приложены все требуемые материалы по точности и воспроизводимости РРО. Протокольным решением у заместителя Минцветмета СССР Н.Н.Чепеленко разрешалось использование данных РРО в подсчете запасов руд и металла Жезказганского месторождения. В настоящее время РРО забоев, уступов, отбитой горной массы в навале, шпуровых (в случае необходимости) проб выполняется с помощью портативных рентгенорадиометрических полевых приборов РПП-12, выпускаемых ТОО «Физик» (г. Алматы): радиоизотопный источник Pu-238; масса: датчика — 1,0 кг, электронного блока — 0,5 кг; число каналов преобразования — 1024; буфер памяти — 1000 спектров; время измерения — 10 сек; число одновременно определяемых элементов — 4, время работы на Ni-Mn аккумуляторах — 8 ч. Аппаратура РПП-12 также включена в Реестр измерительных средств Республики Казахстан. Сейчас в эксплуатации находятся 15 комплектов РПП-12, а ежегодный объем РРО забоев на медь, цинк и свинец доходит до 245000 м сечений.

Каждый забой или уступ, включенный в план-график добычи руды и металла, в течение месяца опробуется от 3 до 7 раз по 1-2 вертикальным сечениям высотой до 7 м с шагом наблюдений 15÷20 см. Такая технология РРОЗ открывает новые, в отличие от традиционной технологии геологического обслуживания горно-добычных работ, возможности, а именно:

а) объективно судить о динамике изменчивости средних содержаний меди, свинца и цинка по каждому забою;

б) делать (на базе анализа динамических рядов текущих содержаний меди, свинца и цинка) надежный прогноз содержаний металлов по забоям на следующий месяц;

в) своевременно корректировать направление очистных работ для обеспечения ведения последних в режиме минимального разубоживания руды породой путем: поднятия почвы забоя; оставления породного козырька в кровле забоя; остановки забоя добычей;

г) оперативно управлять процессом добычи с помощью:

- гибкого перераспределения суточной нагрузки на забой с высоким или более низким качеством руды;

- выведения из добычи забоев с низким качеством руды и введения в добычу резервных забоев с более высоким качеством руды в случае неблагоприятной ситуации с выполнением планового задания по добыче металла;

- выведения из добычи забоев с высоким качеством руды и введения в добычу резервных забоев с более низким качеством руды в случае благоприятной ситуации с выполнением планового задания по добыче металла, чтобы не только гарантировать к концу месяца выполнение шахтой плана по добыче металла, но и как можно дольше поддерживать плановый уровень качества товарной руды за счет разумного сочетания нагрузки на богатые и бедные забои, что в конечном итоге должно положительно отразиться на полноте извлечения запасов из недр;

д) оперативно управлять процессом откатки дизельным автотранспортом:

- руды из забоев и блоков к рудоспускам строго по технологическим сортам (полиметаллическая руда не должна попадать в медную, чтобы не ухудшать качество медного концентрата, а медная руда — в полиметаллическую, чтобы не перекачивать медь в низкосортные марки медного и коллективного концентратов);

- породы из забоев в отработанные панели.

О высокой эффективности РРОЗ свидетельствует таблица. По данным за 2000 год средние содержания меди в руде, рассчитанные по результатам РРОЗ, по всем шахтам ближе к данным слива обогащательных фабрик, чем данные вагонного опробования ОТК. Данное обстоятельство открыло дорогу к внедрению в горное производство процесса компьютерного моделирования перепуска руды через рудоспуски, о котором идет речь ниже.

Задача РРА забойных, шпуровых, шламовых, вагонных и керновых проб решается с 1987 года. В настоящее время РРА выполняется с помощью рентгенорадиометрических лабораторных приборов РЛП-21, выпускаемых ТОО «Физик» (г. Алматы): Si-Li ППД; жидкий азот; радиоизотопные источники Am-241; время измерения — 415 с; нижний предел обнаружения Ag — 1,2 г/т; вес — 60 кг. РРА базируется на инструкциях НСАМ №192-ЯФ [7] и №194-ЯФ [8]. Аппаратура РЛП-21 включена в Реестр измерительных средств Республики Казахстан. РЛП-21 позволяет определять одновременно содержания до 34 элементов. Точность РРА на Cu, Pb, Zn, Ag, Cd и Fe соответствует III категории точности по ОСТ 41-08-205-99 во всем диапазоне содержаний этих металлов в рудах Жезказгана, что подтверждается ежегодными отчетами, в которые сводятся сводные и индивидуальные таблицы расчетов. Методика РРА проб разрабатывалась с акцентом на определение низких (от 2 до 10 г/т) массовых долей Ag и Cd, чтобы обеспечить возможность ведения в полном объеме ТПДР, КДРиМ и ОУКДР и по этим металлам. Сейчас в эксплуатации находятся 7 комплексов РЛП-21, а ежегодный объем РРА доходит до 242000 проб, 85 % из которых приходится на вагонные пробы ОТК.

С вводом в эксплуатацию комплексов РЛП-21 многократно увеличился объем информации о содержании в рудах:

1) серебра, чем были созданы предпосылки к переходу:

а) на фиксацию содержаний серебра в паспортах разведочных скважинах по секциям, а не по рудному сопоставлению среднemesячных содержаний меди в товарной руде всех сортов по данным слива (СЛ) обогатительной фабрики, геофизического опробования забоев (ГОЗ) и вагонного опробования (ОТК)

Месяц	Шахта Анненская			Шахта № 45			Шахта № 55			Шахта № 57			Шахта № 65			Шахта № 67		
	СЛ	ГОЗ	ОТК	СЛ	ГОЗ	ОТК	СЛ	ГОЗ	ОТК	СЛ	ГОЗ	ОТК	СЛ	ГОЗ	ОТК	СЛ	ГОЗ	ОТК
1	0,69	0,78	0,88	0,74	0,79	0,84	0,87	0,98	0,99	1,22	1,38	1,47	1,20	1,36	1,49	1,51	1,61	1,71
2	0,73	0,85	0,8	0,74	0,81	0,86	0,93	0,97	1,04	1,18	1,41	1,50	1,15	1,33	1,38	1,47	1,59	1,71
3	0,84	0,92	0,99	0,68	0,77	0,75	0,84	0,92	0,93	1,27	1,40	1,41	1,35	1,50	1,62	1,33	1,43	1,47
4	0,82	0,89	0,93	0,58	0,60	0,67	0,76	0,79	0,87	1,14	1,29	1,44	1,40	1,51	1,61	1,65	1,73	1,91
5	0,75	0,83	0,88	0,57	0,60	0,63	0,87	0,97	1,02	1,19	1,27	1,32	1,51	1,59	1,67	1,39	1,46	1,53
6	0,78	0,85	0,84	0,57	0,59	0,61	0,96	1,02	1,12	1,31	1,37	1,40	1,40	1,43	1,49	1,37	1,49	1,47
7	0,75	0,80	0,82	0,56	0,64	0,59	0,83	0,87	0,88	1,29	1,37	1,40	1,27	1,31	1,34	1,70	1,73	1,79
8	0,73	0,77	0,83	0,57	0,65	0,64	0,85	0,89	0,97	1,17	1,34	1,34	0,97	1,02	1,09	1,62	1,72	1,82
9	0,68	0,73	0,78	0,62	0,64	0,71	0,92	0,95	1,04	1,24	1,33	1,38	0,80	0,8	0,92	1,29	1,41	1,46
10	0,72	0,93	1,00	0,73	0,75	0,81	0,85	0,92	0,97	1,21	1,29	1,36	1,09	1,23	1,21	1,61	1,61	1,78
11	0,88	0,93	0,97	0,81	0,97	1,02	0,89	0,94	0,95	1,22	1,30	1,35	1,08	1,13	1,17	1,37	1,43	1,49
12	0,87	0,92	0,96	0,76	0,88	0,84	0,99	1,07	1,16	1,25	1,28	1,32	1,00	1,09	1,10	1,41	1,51	1,49
Год	0,77	0,85	0,91	0,66	0,72	0,75	0,88	0,94	1,00	1,22	1,34	1,39	1,19	1,28	1,34	1,48	1,56	1,64

пересечению в целом, как было до этого (аналогичная ситуация и по геологическим разрезам забоев);

б) более представительную методику учета добычи серебра по данным РРА вагонных проб (полная аналогия с методикой учета добычи меди), отказавшись от методики учета добычи серебра по данным химического анализа объединенных декадных и месячных вагонных проб, обеспечив тем самым более объективное распределение серебра между рудниками, шахтами и карьерами, в том числе и за счет исключения ошибок при формировании объединенных проб;

в) новую методику остановки добычи забоев, вышедших за контур балансовых руд: забой, породный по данным РРОЗ, опробуется пунктирно-бороздовым способом и выводится из добычи, если содержание серебра в нем по данным РРАП будет ниже планового содержания по шахте (в противном случае, забой остается в добыче — тем самым обеспечивается большая полнота извлечения запасов металлов из недр);

г) формирование баз данных для изучения особенностей пространственного распределения серебра в плане и разрезах рудных залежей, на которые можно опереться при отработке как этих, так и других залежей рудного горизонта;

2) меди, свинца и цинка за счет автоматического анализа всех видов проб на эти элементы, причем независимо от желания геологических служб шахт и карьеров, которые до внедрения РРАП часто пользовались перегруженностью рудничной химической лаборатории, заказывая анализ только на медь, чем способствовали не только потерям свинца и цинка на стадии обогатительного передела, но и ухудшению качества медного концентрата.

Наличие более полной, достоверной и оперативно обновляющейся информационной базы о содержаниях Cu, Pb, Zn, Ag и Cd в рудопотоках, забойных, шпуровых, шламовых и керновых пробах уже сейчас открывает ряд дополнительных возможностей для

совершенствования процессов ТПДР, КДРиМ и НОУКДР, таких как:

а) фиксирование всех случаев смешивания разных технологических сортов руды в рудоспусках; проведение расследования по каждому такому случаю по всей цепочке — от рудоспуска к конкретному забою и бригаде, оперативное принятие мер регулирующего воздействия; оперативное корректирование направления откатки руды дизельным автотранспортом путем переадресации автосамосвалов к рудоспускам другого технологического сорта;

б) выявление пятен свинца и цинка в забоях, отрабатывающих залежи медных руд, и оперативная корректировка процесса отгрузки руды из данных забоев в рудоспуски;

в) своевременное пресечение намеренных ошибок рудничных геологов, закрывающих временами глаза на случаи отработки (под видом медных) комплексных и свинцовых руд и отгрузки их в рудоспуски медных руд;

г) формирование базы данных о содержаниях меди, свинца, цинка, серебра и кадмия для геологических разрезов по горно-подготовительным выработкам, проходку которых осуществляет Жезказганский шахтопроходческий трест, чтобы использовать эту базу для целей ТПДР в будущем;

д) вывод достоверной величины показателя «удельное содержание серебра» $K_{уд}(Ag) = C_{Ag}(г/т) / C_{Cu}(\%)$ для ТПД серебра по шахте в целом, опираясь на $K_{уд}(Ag)$ по отдельным рудоспускам;

е) использование накопленных баз данных для выявления закономерностей в распределении содержаний металлов в товарной руде (например: несмотря на разный набор забоев, находившихся в добыче, средние за месяц содержания серебра по шахте №65 в июле, августе и декабре 2004 г., январе-марте 2005 г. составили динамический ряд близких друг к другу чисел — 24,87; 24,02; 24,24; 24,72; 24,50; 24,72 (в среднем 24,57) г/т; в марте 2007 г. среднее

содержание серебра составило 24,37 г/т, то есть хорошо вписывалось в тот же динамический ряд.

С внедрением РРО забоев (РРОЗ) и РРА проб (РРАП) созданы реальные предпосылки для создания в АО «Жезказганцветмет» КМСРП, включающей не только НОРДР, но и непосредственное оперативное регулирование переработки руд — НОРПР.

Структура КМСРП нового поколения, показанная на рисунке, открывает дорогу на горный и обогащательный переделы ПО «Жезказганцветмет» современным научным и аппаратным разработкам, таким как:

1. Управляемое регулирование отгрузки руды из рудоспусков в вагонетки на откаточных горизонтах шахт по методу компьютерного моделирования (С.М. Чурсин [9]), реализующего стохастические модели заполнения рудоспусков порциями (Того-40Д; 22,0 м³) руды и выпуска руды из рудоспусков в вагонетки (10-12 м³), предложенную канадским ученым Д. Джолеем (каждой порции руды присваиваются содержания Cu, Pb и Zn по данным последнего РРОЗ).

2. Управляемое усреднение качества руд на внутришахтных автомобильных смесительных складах штабельного типа с укладкой порций (Того-40Д) руды наклонными слоями на вертикальный борт уступа и разгрузкой штабеля (Caterpillar-980F; 3,67 м³) в поперечном направлении (стохастические процессы формирования и разгрузки штабеля моделируются на компьютере по методу Д. Джолея; каждой порции руды, поступающей в штабель, присваиваются содержания Cu, Pb и Zn по данным последнего РРОЗ).

3. Внутришахтная рудосортировка: применение технологий, позволяющих на основании данных РРОЗ, РРАП и РРК веерных отбойных скважин оставлять породу и некондиционную руду в горном массиве, складировать породу в отработанных панелях, осуществлять раздельную отработку технологических сортов руд.

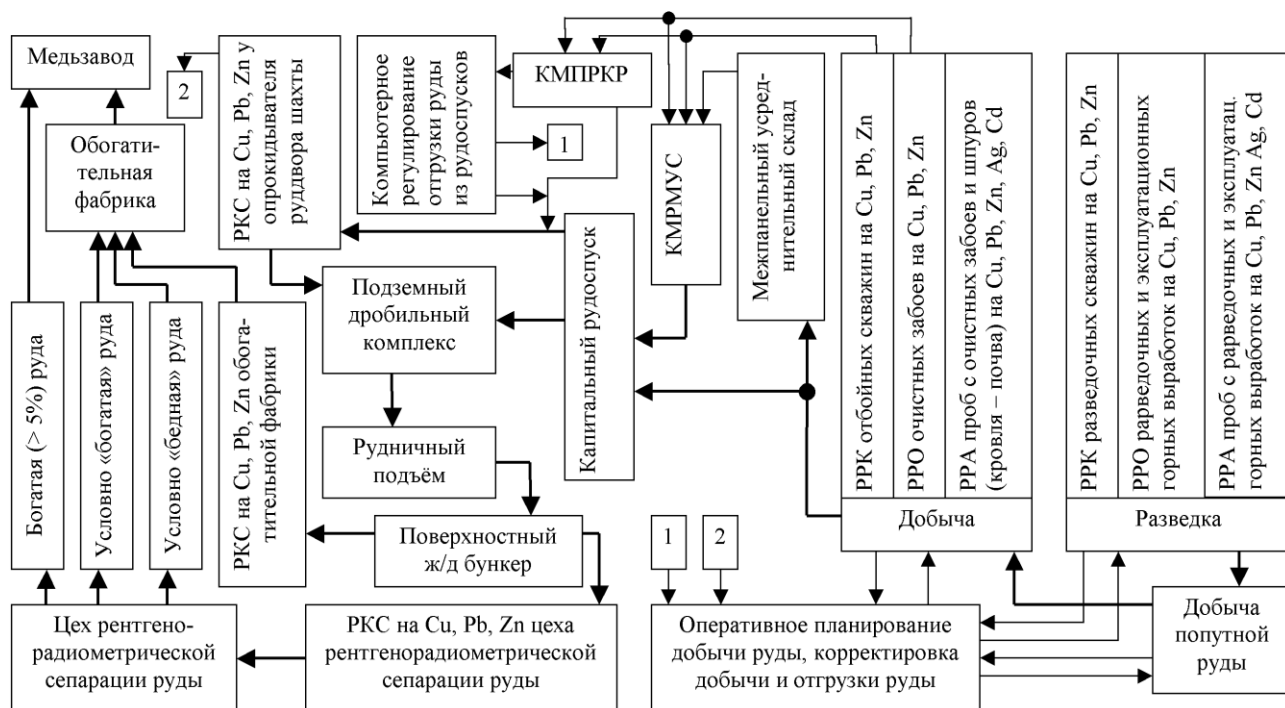
4. Внутришахтная сепарация отбитой горной массы (свежая, очень контрастная руда, отвалы

прошлых лет) с помощью рентгенорадиометрических сепараторов для покусковой сортировки руд СРФ2, СРФ4 и СРФ4-3П-150 производства ТОО «Радос» (г. Красноярск, Россия) или Микро — РС-50, РМ-50Р, РМ-100Р, РМ-200 фирмы ООО «Интегра Групп. РУ» (Россия).

5. Раздельная по времени переработка на обогащательных фабриках медных руд различного качества либо путем составления для каждой шахты индивидуального оптимального календаря добычи и отгрузки «условно бедной» и «условно богатой» руды, либо путем разделения (цех рентгенорадиометрических сепараторов при обогащательной фабрике) добытой руды на те же два сорта (С.И.Петровичем доказано, что график зависимости массы меди, извлекаемой в концентрат из 1000 т руды, представляет собой не прямую, а ломаную линию, состоящую из двух прямолинейных отрезков — отсюда термины «условно бедная» и «условно богатая» руда [10]).

6. Широкое использование автоматических рентгенорадиометрических рудоконтролирующих станций (РКС-А производства ТОО «Радос» или более функциональная РКС фирмы ООО «Интегра Групп. РУ») на опрокидывателях рудничных дворов шахт, на шахтных конвейерах, перед опрокидывателями обогащательных фабрик и автоматизированного узла товарного опробования, оборудованного на Малевском руднике Зыряновского ГОК АО «Казцинк» (Казахстан) по проекту фирмы «Eriez» (Англия).

Таким образом, внедрение рентгенорадиометрических технологий на шахтах ПО «Жезказганцветмет» позволило бы не только поднять геологическое обслуживание горно-добычных работ на более высокий уровень и значительно повысить эффективность горного передела в целом, но и создало бы предпосылки для внедрения в горное производство КМСРП, базирующейся на самых современных научных и аппаратных разработках.



РКС — рудоконтролирующая станция; КМРМУС — компьютерное моделирование работы межпанельного усреднительного склада; КМПКР — компьютерное моделирование перепуска руды через капитальные рудоспуски

Структура многофункциональной рентгено-радиометрической системы рудоподготовки для шахт ПО «Жезказганцветмет»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломоносов Г.Г., Жигалов М.Л. Основные принципы управления качеством руд на подземных рудниках // Горный журнал. 1991. №2. С. 21-23.
2. Ломоносов Г.Г., Жигалов М.Л. Технологическая оценка разделительных методов управления качеством руд // Там же. 1987. №7. С. 23-25.
3. Ciruna, Mining magazine. June. 1987. P. 462-467.
4. Ершов В.В. Геолого-маркшейдерское обеспечение управления качеством руд. М.: Недра, 1986. 261 с.
5. Большаков А.Ю. Системы ядерно-физического опробования для управления качеством руд. Ленинград: Недра, 1977. 188 с.
6. Волков А.А., Крапивский Е.И., Светлов М.И. О связи эффективности радиометрической сортировки с горно-транспортными условиями ее реализации // Обогащение руд. 1988. №3. С. 3-6.
7. Рентгено-радиометрическое определение марганца, железа, меди, цинка, мышьяка, рубидия, стронция, иттрия, циркония, ниобия, молибдена, вольфрама, свинца и висмута в горных породах и рудах: Инструкция №194-ЯФ. М.: ВИМС, 1982. 21 с.
8. Флуоресцентное рентгено-радиометрическое определение серебра в горных породах и рудах: Инструкция №192-ЯФ. М.: ВИМС, 1982. 11 с.
9. Чурсин С.М. Установление усреднительного воздействия рудоспусков на рудопотоки подземных рудников: Автореф. дис. ... к.т.н. М.: МГИ, 1992. 21 с.
10. Петрович С.И., Запраткин Ю.А. Математическая модель оптимизации оперативных планов шахты (рудника) по добыче руды с учётом её переработки на обогатительной фабрике. Алматы: КИМС, 1995. №3. С. 4-7.

УДК 548.736.5

В.В. ЯВОРСКИЙ
Е.П. ВЕРХОВСКАЯ
В.М. ЮРОВ

Некоторые модели транспортных потоков

Теория транспортных потоков развивалась исследователями различных областей знаний — физиков, математиков, специалистов по исследованию операций, транспортников, экономистов. Накоплен большой опыт исследования процессов движения. Однако, как отмечается в [1], общий уровень исследований и их практического использования пока недостаточен.

В настоящей работе мы рассмотрим некоторые подходы к моделированию транспортных потоков.

1 Кинетическое уравнение Больцмана

Будем описывать транспортный поток с помощью функции распределения $f(\vec{k}, \vec{r})$, которая определяется таким образом, чтобы среднее число автомобилей в элементе объема $d\vec{r}$ с волновым вектором $\vec{k}$ в элементе объема $d\vec{k}$ было равно:

$$\frac{1}{4\pi^3} f(\vec{k}, \vec{r}) d\vec{k} d\vec{r}. \quad (1)$$

Пусть $f(\vec{k}, \vec{r})$ нормирована на единичный объем.

Наша задача — найти функцию $f(\vec{k}, \vec{r})$ при стационарных условиях, т.е.

$$\frac{df}{dt} = 0. \quad (2)$$

Функция распределения изменяется со временем под влиянием двух совершенно различных причин: 1) ускорения автомобилей в процессе движения и «диффузии» их вдоль градиентов «концентрации автомобилей» из-за неоднородности транспортной магистрали, 2) столкновения автомобилей с неоднородностями транспортной магистрали. Поэтому (2) можно переписать в виде:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_g + \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_{cm} = 0, \quad (3)$$

где первое слагаемое — так называемый «дрейфовый», или «полевой», член, а второе — член, описывающий столкновения. Если выразить полевой член детально, с учетом потенциалов и пространственных градиентов, мы получим кинетическое уравнение Больцмана:

$$e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{\partial} \vec{H}] \right) \frac{1}{\hbar} \nabla_{\vec{k}} f \cdot (\vec{k}, \vec{r}) + \vec{\partial} \nabla_{\vec{r}} f(\vec{k}, \vec{r}) = \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_{cm}. \quad (4)$$

Здесь $\nabla_{\vec{k}}$ и $\nabla_{\vec{r}}$ — операторы градиентов, соответственно, в пространстве волновых векторов и координат.

Оператор столкновений можно описать посредством процессов рассеяния, при которых автомобиль переходит из данного состояния $\vec{k}$ в состояние $\vec{k}'$. Обозначим через $S(\vec{k}, \vec{k}')$ вероятность того, что автомобиль в единицу времени перейдет из состояния $\vec{k}$ в $\vec{k}'$. Тогда изменение функции распределения в результате этих процессов запишется как

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_{cm} = \int \{S(\vec{k}', \vec{k}) f(\vec{k}') [1 - f(\vec{k})] - S(\vec{k}, \vec{k}') \times f(\vec{k}) [1 - f(\vec{k}')] \} d\vec{k}'. \quad (5)$$

Первый член дает число автомобилей, которые приходят в состояние $\vec{k}$ в единицу времени, а второй член — число автомобилей, которые в процессе столкновений уходят из этого состояния. Произведение $f(\vec{k}_i) [1 - f(\vec{k}_j)]$ есть как раз вероятность того, что начальное состояние $\vec{k}_i$ занято, а конечное состояние $\vec{k}_j$ не занято. Полного решения интегро-дифференциального уравнения (4), (5) до сих пор получить не удалось. Предложено много методов получения информации о функции распределения из кинетического уравнения Больцмана. Мы сделаем теперь несколько замечаний относительно кинетического уравнения (4), (5):

1) для транспортных потоков волновой вектор $\vec{k}$ является «плохим» параметром. Однако мы можем перейти в импульсное пространство $\vec{p}$ и снять эту проблему;

2) для транспортных потоков вопрос о механизме его рассеяния не столь важен и потому лучше воспользоваться приближением «времени релаксации», согласно которому интеграл столкновений (5) стремится к равновесию по закону

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_{cm} = -\frac{f - f_0}{\tau}, \quad (6)$$

где $f_0(\vec{p})$ — равновесное значение функции распределения,
 τ — время релаксации.

В этом случае вместо интегродифференциального мы получаем дифференциальное уравнение;

3) но даже при таких упрощающих предположениях решение кинетического уравнения для транспортных потоков представляет собой большие трудности, так как транспортная среда состоит из нескольких (часто — из большого числа) зон с резко различающимися свойствами, что приводит к разрывным коэффициентам в уравнении и сложным граничным условиям;

4) можно воспользоваться частично полученными в [2] результатами и решить кинетическое уравнение (4) для транспортного потока, представляющего собой идеальный газ или жидкость.

Плотность потока выражается через функцию распределения:

$$\vec{j} = \frac{e}{4\pi^3} \int \vec{g} f d\vec{p}, \quad (7)$$

где $\vec{g}, \vec{p}$ — скорость и импульс автомобиля.

Тензор движения σ_{ik} , который определяется соотношением

$$j_i = \sum_k \sigma_{ik} E_k, \quad (8)$$

равен

$$\sigma_{ik} = -\frac{e^2}{4\pi^3} \int g_i g_k \tau \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} d\vec{p}, \quad (9)$$

где $\varepsilon(\vec{p})$ — закон дисперсии для энергии

автомобиля в импульсном пространстве.

Мы смоделируем транспортный поток как «слоеный пирог», каждый слой которого характеризуется своей функцией распределения f_i . На границе раздела зон мы наложим на f_i следующее ограничение:

$$f_i / S_i = 0 + \text{«обрезание»} \quad (10)$$

и дополнительное условие

$$\vec{V}_n \sim \vec{n} \nabla f / S, \quad (11)$$

где $\vec{V}_n$ — нормальная скорость автомобиля на границе раздела зон.

При такой постановке задачи мы сможем воспользоваться двумерной функцией Грина и искать решение (5) в виде суммы потенциалов двойного слоя.

2 Марковские процессы и движение транспортных потоков

Проблему движения транспортных потоков можно попробовать решить, используя случайный марковский процесс, поскольку движение автомобилей в потоке сопровождается серией случайных актов остановки и обгонов. Описание такого процесса дается также функцией распределения, но уже нестационарной.

Мы рассмотрим движение транспортных потоков в частном случае пуассоновского процесса «гибели» и «размножения» с конечным числом состояний. В этом случае получается следующая система дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} df_0(t)/dt = -\lambda_0 f_0(t) + \mu_1 f_1(t); \\ df_k(t)/dt = \lambda_{k-1} f_{k-1}(t) - (\lambda_k + \mu_k) f_k(t) + \mu_{k+1} f_{k+1}(t); \\ df_n(t)/dt = \lambda_{n-1} f_{n-1}(t). \end{cases} \quad (12)$$

Здесь λ_0 — вероятность перехода системы из состояния E_0 в E_1 и т.д., μ_1 — вероятность перехода из состояния E_1 в E_0 и т.д. Вероятность перехода из E_n в E_{n-1} полагаем равной нулю ($\mu_n = 0$), т.е. состояние E_n для такой системы — поглощающее; $f_i(t)$ — вероятность нахождения системы в состоянии E_i .

Система уравнений (12) получается, таким образом, частным случаем системы дифференциальных уравнений Колмогорова [3]. Если воспользоваться предельными теоремами для случайных процессов [4], то систему (12) можно свести к системе алгебраических уравнений для

финальных вероятностей, решение которой получить уже нетрудно.

3 Теория графов и движение транспортных потоков

Рассмотрим набор из m двухполюсников, которые образуют элементы транспортной системы $E_1, \dots, E_n$. Пусть клеммы двухполюсников соединены некоторым образом в n узлах $P_1, \dots, P_n$. Примером такой системы может служить набор сопротивлений, с помощью которого мы хотим смоделировать движение транспортных потоков. Предположим, что каждый элемент системы (сопротивление) можно охарактеризовать известным уравнением, связывающим две основные переменные: ток X_i и напряжение Y_i элемента E_i . В нашем случае это уравнение будет иметь вид:

$$y_i = R_i X_i, \quad (13)$$

где R_i — сопротивление элемента E_i .

Допустим теперь, что каждому элементу E_i соответствует дуга a_i , а каждому узлу p_i — вершина a_i . Если конечные точки дуг взять в качестве соответствующих узлов, то мы получаем ориентированный граф, который может давать характеристику структуры реальной транспортной системы [5].

Процесс получения уравнений, характеризующих систему в целом, на основе уравнений ее элементов и заданной структуры проводится в два этапа. Сначала с помощью вершинного и циклического правил уменьшается количество переменных, соответствующих токам и напряжениям. В результате выделяется множество независимых переменных, через которые можно выразить все переменные транспортной системы. Затем выписываются уравнения связи.

4 Фракталы и движение транспортных потоков

Транспортную систему мы представим как две фазы: P_d (диэлектрическую, или изолирующую, фазу) и P_c (проводящую фазу). Фазы разделены границей, которая является динамическим объектом более или менее сложной стохастической формы. В каждой из фаз нам необходимо ввести систему уравнений, позволяющих определить те физические величины, которые представляют интерес: поле взаимодействия транспортных потоков E , потенциал U , плотность транспортного потока q и др. Такие уравнения имеют вид:

$$-\Delta U = q, \quad E = -\text{grad} U, \quad (14)$$

$$q = e \sum_{\sigma, k} \sigma n_k^\sigma, \quad (15)$$

$$\dot{n}_k^\sigma = 0 \quad \text{в} \quad P_d, \quad (16)$$

$$\dot{n}_k^\sigma = D_k^\sigma n_k^\sigma \quad \text{в} \quad P_c, \quad (17)$$

где n_k^σ означает плотность транспортного потока, индекс k позволяет различать различные виды автомобилей, D_k^σ — локальный, но нелинейный оператор, зависящий от E и n_k^σ . Правая часть уравнения (17) описывает поле и транспортные потоки. Динамика поверхности, разделяющей диэлектрическую и проводящую фазы, зависит от скоростей автомобилей в ее окрестности. Так как в фазе P_d плотность транспортного потока равна нулю, уравнение (14) переходит в уравнение Лапласа. Для того чтобы найти U , необходимо решить краевую задачу теории потенциала с граничными условиями на поверхности раздела диэлектрической и проводящей фаз. Решение системы уравнений (14) (Пуассона) и (15) (переноса) в проводящей фазе P_c можно получить в предположении о том, что $U = U_0 = \text{const}$ в P_c . Изложенные выше идеи можно реализовать на решеточной модели [6], как это обычно делается в теории фракталов. Рассмотрим квадратную решетку, в узлах которой находятся пункты назначения. Потенциал U в такой решетке удовлетворяет следующему уравнению для любого узла решетки (i, j) :

$$\sum_{k=1}^n \sigma_k(i, j) \{U_k(i, j) - U(i, j)\} = 0, \quad (18)$$

где индекс k указывает направление; $\sigma_k(i, j)$ означает «проводимость» соответствующего маршрута транспортной магистрали. Уравнение (18) представляет собой аналогию комбинаций закона Ома и законов Кирхгофа. В случае если узел решетки расположен на границе, то для отсутствующего пункта назначения необходимо положить $\sigma_k = 0$. При произвольно заданных $\{\sigma_k\}$ и граничном условии для U , вытекающем из задачи (14)-(17) уравнения (18), при всех комбинациях (i, j) образуют систему линейных уравнений для U и могут быть решены численно.

Заключение

В последнее время в исследованиях транспортных потоков стали применять междисциплинарные математические идеи, методы и алгоритмы нелинейной динамики. Их целесообразность обоснована наличием в транспортном потоке устойчивых и неустойчивых режимов движения, потерь устойчивости при изменении условий движения, нелинейных обратных связей, необходимости в большом числе переменных для адекватного описания системы.

Выше мы рассмотрели полезные, на наш взгляд, модели транспортных потоков, развитие которых может дать важные практические приложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семёнов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша / РАН. М., 2004. 32 с.
2. Гермогенова Т.А. Локальные свойства решений уравнения переноса. М.: Наука, 1986. 272 с.
3. Дынкин Е.Б. Марковские процессы. М.: Физматгиз, 1963. 312 с.
4. Прохоров Ю.М., Розанов Ю.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1973. 494 с.
5. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. М.: Наука, 1973. 368 с.
6. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991. 254 с.

УДК 622.647

И.И. ТАЗАБЕКОВ
О.Т. БАЛАБАЕВ
С.Ж. КОСБАРМАКОВ

Установившийся процесс при функционировании пластинчатых конвейеров

Как известно [1,2], при работе многоприводных пластинчатых конвейеров (МПК) в тягово-несущем органе и ставе конвейера могут возникать различные возмущения.

Кроме того, в МПК непрерывно передается энергия через упругодеформированный тяговый орган конвейера. Успешное конструирование и эксплуатация МПК, создание, внедрение новых систем регулирования натяжения тягово-несущего органа, а также компьютерной технологии, рассматривающей многодвигательный привод МПК как единое целое, являются перспективным направлением в конвейеростроении.

На рисунке изображена схема функционирования МПК как многодвигательный электромеханический комплекс. Величинам и параметрам, относящимся к данной (i -й) секции (межприводного участка) МПК, присвоен номер этой секции, при этом величины, относящиеся к предыдущей секции МПК, будут снабжены индексом $i-1$, к последующей секции — $i+1$. При функционировании МПК тягово-несущий орган между секциями находится в упруго-напряженном состоянии, что является одной из главных особенностей технологического

где V_n — окружная скорость звездочки промпривода;
 U_0 — разность шага кулака и соответствующего отрезка тягово-несущего органа конвейера;
 a_k — шаг кулака;
 δ_1 — величина отставания или опережения кулака промпривода (рабочий зазор).

В свою очередь δ_1 можно выразить следующей зависимостью:

$$\delta_1 = \delta_0 + \varepsilon(S_i - S_0), \quad (2)$$

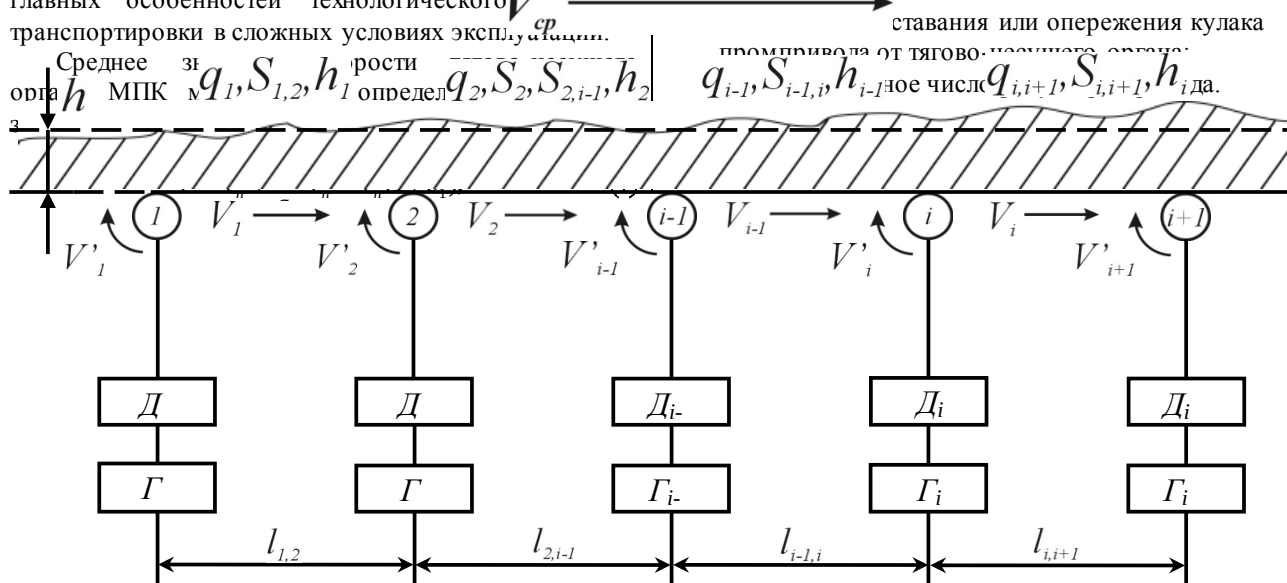
где δ_0 — отставание или опережение кулака при S_0 ;
 S_0 — минимальное натяжение тягово-несущего органа конвейера;
 ε — постоянный коэффициент;
 S_i — текущее значение натяжения.

Подставив в выражение (1), (2) и выразив V_n через скорость вращения приводного двигателя n (об/мин), получаем

$$V = \frac{\pi D n}{60 j} (1 + \delta_0 + \varepsilon S_i - \varepsilon S_0) = \gamma n [1 + b(S_i - S_0)], \quad (3)$$

где D — диаметр приводной звездочки привода;

$b = \frac{\varepsilon}{1 + \delta_0}$ — коэффициент, характеризующий



h_{cp} — средняя толщина перевозимого груза; q_{i-1} — суммарная погонная нагрузка i -го межприводного участка;
 S_{i-1} — натяжение тягово-несущего органа конвейера; 1, 2, $i-1$, i , $i+1$ — номера промежуточных приводов;
 $V \div V_i$ — скорость движения тягово-несущего органа конвейера; V_i' — линейная скорость движения промпривода;
 D_i — электродвигатель i -го привода; G_i — генератор или преобразователь i -го привода; l_{i-1} — расстояние межприводного участка

Схема функционирования МПК

В дальнейшем при анализе МПК величинам и коэффициентам, относящимся к данной секции, будем присваивать дополнительный индекс — порядковый номер секции (межприводного участка). Обозначения некоторых величин были даны на схеме функционирования МПК (см. рис.). Так, например, выражение для скорости выхода из i -й секции МПК будет иметь вид

$$v_i = \gamma_i n_i [1 + b_i (S_{i,i+1} - S_{i-1,i})]. \quad (4)$$

При составлении уравнений взаимосвязи МПК необходимо получить выражения для приращения статического момента на валу приводного двигателя и величины погонной нагрузки в зависимости от изменения $S_{наб}$ и $S_{сб}$ и от перемещения затворки погрузочного пункта.

Величину нагрузки q_i и момент M_i в общем виде можно выразить следующими соотношениями:

$$q_i = f_i(q_{i-1}, d_i, S_{i-1,i}, S_{i,i+1}); \quad M_i = f_2(q_{i-1}, q_i, S_{i-1,i}, S_{i,i+1}), \quad (5)$$

где d_i — величина перемещения затворки погрузочного пункта;

q_{i-1} — величина нагрузки, входящей в i -секцию МПК.

$$\Delta M_i = \left(\frac{\partial M_i}{\partial S_{i,i+1}} \right)_0 \Delta q_{i-1} + \left(\frac{\partial M_i}{\partial q_i} \right)_0 \Delta q_i + \left(\frac{\partial M_i}{\partial S_{i-1,i}} \right)_0 \Delta S_{i-1,i} + \left(\frac{\partial M_i}{\partial S_{i,i+1}} \right)_0 \Delta S_{i,i+1}. \quad (6)$$

Исходным при дальнейших преобразованиях является уравнение постоянства секундных объемов грузопотока, часто именуемое уравнением сплошности. Физический смысл уравнения сплошности заключается в том, что количество грузопотока, проходящего в единицу времени через любое сечение конвейера, при условии полной загрузки желоба должно быть одинаковым. Если записать это условие для входа и выхода грузопотока из секции, учитывая, что ширина несущего полотна по дну одинакова [3, 5], то можно представить

$$Ev_i h_i = Ev_i' h_{i-1}, \quad (7)$$

где v_i' — скорость подхода тягово-несущего органа в i -ю секцию;

v_i — скорость выхода тягово-несущего органа из i -й секции;

E — ширина несущего полотна;

h_i — усредненная толщина грузопотока.

На основании закона сохранения массы Д.М. Бельский [3] пришел к выводу, что:

$$q_i v_i = q_{i-1} v_{i-1}. \quad (8)$$

Очевидно, это условие будет существовать соответственно при натяжениях и жесткостях тягово-несущего органа на межприводных участках МПК.

$$q_i = \frac{q_0}{1 + \frac{S_i}{E_i}}; \quad q_{i+1} = \frac{q_0}{1 + \frac{S_{i+1}}{E_{i+1}}}, \quad (9)$$

где q_0 — погонная нагрузка при натяжении тягово-несущего органа, равном нулю;

E_i, E_{i+1} — жесткости тягово-несущего органа конвейера при натяжениях S_i и S_{i+1} .

При установившемся режиме работы МПК, когда натяжение тягово-несущего органа неизменно, скорость выхода тягово-несущего органа из $i-1$ секции v_{i-1} равна скорости входа тягово-несущего органа в i -ю секцию.

Заменив в уравнении (8) значения v_i по формуле (4) и выразив аналогично скорость v_{i-1} , после преобразования получаем [5]

$$n_i = \frac{\gamma_{i-1} n_{i-1} q_{i-1} [1 + b_{i-1} (S_{i-1,i} - S_{i-2,i-1})]}{\gamma_i q_i [1 + b_i (S_{i,i+1} - S_{i-1,i})]}. \quad (10)$$

Анализ показывает, что при возмущениях, имеющих место в рабочих условиях МЦК, допустима линеаризация этого выражения путем разложения в ряд Тейлора по первым степеням величин [5].

В результате получаем следующее выражение для приращения скорости Δn_i :

$$\Delta n_i = \frac{\partial n_i}{\partial n_{i-1}} \Delta n_{i-1} + \frac{\partial n_i}{\partial q_{i-1}} \Delta q_{i-1} + \frac{\partial n_i}{\partial q_i} \Delta q_i + \frac{\partial n_i}{\partial S_{i-1,i}} \Delta S_{i-1,i} + \frac{\partial n_i}{\partial S_{i,i+1}} \Delta S_{i,i+1} + \frac{\partial n_i}{\partial S_{i-2,i-1}} \Delta S_{i-2,i-1}. \quad (11)$$

В качестве примера определим значение одного из коэффициентов разложения в уравнении (11)

$$a_{ii} = \frac{\partial n_i}{\partial n_{i-1}} = \frac{\gamma_{i-1} q_{i-1,0} [1 + b_{i-1} (S_{(i-1),0} - S_{(i-2,i-1),0})]}{\gamma_i q_{i0} [1 + b_i (S_{(i,i+1),0} - S_{(i-1,i),0})]} = \frac{n_{i0}}{n_{(i-1)0}}.$$

Аналогично вычислим остальные коэффициенты разложения:

$$a_{2i} = \frac{\partial n_i}{\partial q_{i-1}} = \frac{n_{i0}}{q_{i-1,0}}; \quad a_{3i} = \frac{\partial n_i}{\partial q_i} = -\frac{n_{i0}}{q_{i0}};$$

$$a_{4i} = \frac{\partial n_i}{\partial S_{i-1,i}} = \frac{\gamma_{i-1} n_{i-1,0} q_{i-1,0}}{\gamma_i q_{i0}} \times \frac{b_i + b_{i-1} + b_i b_{i-1} (S_{(i,i+1)0} - S_{(i-2,i-1)0})}{[1 + b_i (S_{(i,i+1)0} - S_{(i-1,i)0})]^2} \approx (b_i + b_{i-1}) n_{i0};$$

$$a_{5i} = \frac{\partial n_i}{\partial S_{i,i+1}} = - \frac{\gamma_{i-1} n_{i-1,0} q_{i-1,0}}{\gamma_i q_{i0}} \times \frac{[1_i b_{i-1} (S_{(i-1,i)0} - S_{(i-2,i-1)0})] b_i}{[1 + b_i (S_{(i,i+1)0} - S_{(i-1,i)0})]^2} \approx -n_{i0} b_i;$$

$$a_{6i} = \frac{\partial n_i}{\partial S_{i-2,i-1}} = - \frac{\gamma_{i-1} n_{i-1,0} q_{i-1,0} b_{i-1}}{\gamma_i q_{i0} [1 + b_i (S_{(i,i+1)0} - S_{(i-1,i)0})]} \approx -n_{i0} b_{i-1}.$$

Запишем для наглядности все выведенные выше уравнения взаимосвязи для i -й секции МПК:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta U_i C_{mi}}{R_{\pi i}} - \beta_i \Delta n_i &= \Delta M_{ci}; \\ \Delta M_{ci} &= \frac{k_{4i}}{j_i} \Delta q_{i-1} - \frac{k_{5i}}{j_i} \Delta q_i + \frac{D_i}{2 j_i} \frac{q_{i0}}{q_{i-1,0}} \Delta S_{i-1,i} - \frac{D_i}{2 j_i} \Delta S_{i,i+1}; \\ \Delta q_i &= \frac{q_{i0}}{q_{i-1,0}} \Delta q_{i-1} - k_{3i} \Delta S_{i-1,i} - k'_{3i} \Delta S_{i,i+1} + k_{2i} \Delta d_i; \\ \Delta n_i &= a_{1i} \Delta n_{i-1} + a_{2i} \Delta q_{i-1} + a_{3i} \Delta q_i + a_{4i} \Delta S_{i-1,i} + a_{5i} \Delta S_{i,i+1} + a_{6i} \Delta S_{i-2,i-1}. \end{aligned} \right\} (12)$$

Уравнения (12) в дальнейшем могут быть использованы в описании динамических процессов при исследовании переходных процессов при функционировании МПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугреев Л.И., Солод Г.И. Расчет промежуточных приводов конвейеров. М.: Недра, 1970. 103 с.
2. Сагинов А.С., Данияров А.Н., Акашев З.Т. Основы проектирования и расчета карьерных пластинчатых конвейеров. Алма-Ата: Наука, 1984. 328 с.
3. Беленький Д.М. Магистральные конвейеры. М.: Недра, 1965. 221 с.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1975. 767 с.
5. О выборе закона управления скоростью главных приводов непрерывных станов / Ф.Е. Алхименко, Н.Н. Дружинин, В.М. Колядич, А.Г. Мирер // Электротехническая промышленность // Электропривод. 1975. №6. С. 1-4.

ӘОЖ 622.647

Т.К. БАЛҒАБЕКОВ

Қатпарлы конвейерге электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықталған тартым қондырғысын енгізгендегі есептер үшін эксперименталдық пішім құрастыру

Осылай қойылған сұрақты шешу үшін, кешенді түрде зерттеу әдістері қарастырылды. Олар талдаулардан, әдебиеттердегі берілістерді кеңейтуден, аналитикалық түрдегі зерттеулерден, зертханалық жағдайындағы эксперименттерден және жартылай өндірістік жағдайлардан тұрады, атап айтсақ:

- пішінделу байланыстылығын табу, ол ғылыми ілімділік зерттеуден және тартым қондырғысына қосымша жүктемені дифференциалды бағалаудан тұрады, ол шектілі қозғалтқышты қатпарлы конвейердің қойылымына келтіріледі де, көп қозғалтқышты конвейердің ілімін қолдануға негізделуден, ықтималдық ілімінен, ілімдік механикадан және аналитикалық әдістерден табамыз;

- тартым қондырғысының (ТҚ) пәрменділігін зерттеу ілімі, оның құрылғылық өлшемдерінің тиімділік қатынасының табылуы, тербеліс ілімін қолданудың арқасында жүргізіледі;

- пайдалану өлшемдерін анықтау жабдықтарын құрастыру кезінде, өндірістік факторлардың кездейсоқ өзгеруі жағдайында екенін ескере келе және шектілі қозғалтқышты шынжырлы конвейерлердің өлшемдерінде (өнімділіктің ауытқулары, жетекті тасу-органының тартылымы, конвейердің жолы профилдерінің өзгерулері және т.с.), математикалық пішім үдерістерінің өзгерулерін табу бойынша зерттеу (ол нақтылы жағдайда өлшеу дәлділігін болжауға тиімді),

экспериментті жоспарлау, эксперименталды-статистикалық әдіспен жүргізіледі;

- эксперименттердің қорытындыларын құрастырған кезде, математикалық статистиканың фундаменталды әдісі қолданылады, өлшеудің жалпы іліміндегі жағдайы пайдаланылады;

- конвейерлік тартым құрылғыдағы мөлшерлеу және метрологиялық сипаттаманы бекітулер, келесідей Мемлекеттік стандарттарға сәйкес болуы керек, МЕСТ 8.009-84, МЕСТ 8.010-72, МЕСТ 8.011-72 әрі осыларды қолданудағы әдістемелік көрсеткіштерде болуы қажет.

Қатпарлы конвейер — шынжыр буындарына бекітілген қатпарлар, олар бірін-бірі жауып тұрады, сөйтіп тасымалдайтын төсем құрайды. Қатпарларға шығыршықтар бекітіледі, олар бағыттамалар бойынша сырғып қозғалады. Нақтылап айтатын болсақ, қатпарлы төсем, көптеген қатпарлардан, шынжырдан, жүретін тіректерден және бекітетін элементтерден құралады. Қатпардың көлденең қимасындағы пішіні — тік бұрышты, олар жетекті органға (шынжырға) арақашықтықтармен бекітіледі, ол шынжырдың екі қадамына тең. Қатпарларды бекіту үшін шынжырда арнайы тесіктер бар, сөйтіп болттың көмегімен бекітіліп отырғызылады. Көлденең конвейерлер қозғалтқыш стансалармен қамдалған. Жетекті органның тартылымы кон-

ФИЗИКАЛЫҚ ПІШІМДЕУДЕГІ ӨЛШЕМДЕР

Атаулары	Белгілеуі	Өлшем бірлігі
1. Тау-кен массасының бөлшегінің орташа көлденең қимасы	d_{cp}	[L]
2. Жүретін шығыршықтардың диаметрі	d_p	[L]
3. ТҚ бағыттамасының ұзындығы	L	[L]
4. Жүретін шығыршықтардың арасындағы арақашықтық	l_p	[L]
5. Жетекті-тасу органының жылдамдығы	V	[L][T] ⁻¹
6. ТҚ массасы	m_2	[M]
7. Жетекті-тасу органының көлденең қимаға келтірілген тартылымы	S'	[M][L] ⁻¹ [T] ⁻²
8. Жетекті-тасу органының көлденең қимаға келтірілген сызықтық тығыздығы	ρ_1	[M][L] ⁻³
9. Жүктің жетекті-тасу органының көлденең қимаға келтірілген сызықтық тығыздығы	ρ_2	[M][L] ⁻³
10. Еркін құлаудағы үдеу	g	[L][T] ⁻²
11. Күш өлшегіш бергіштердің қаттылығы	C_2	[M][L] ⁻¹
12. Жетекті-тасу органының қаттылығы	C_1	[M][L] ⁻¹

вейерлерде қатты тартатын қондырғылармен жасалады.

Пайдалану өлшемдерін анықтау жабдыктарында эксперименталды түрде зерттеулер жүргізу өндірістік жағдайда, көптеген әсер ететін факторларға әрі ұйымдастырудағы техникалық қиыншылықтарға байланысты, сондықтан осындай зерттеулерді жүргізу үшін, полигон-физикалық пішім қолданылды, ол қатпарлы конвейер П80-К-ға жобаланып жасалынған. Сонымен қатар, пішімнің бүкіл өлшемдерінде ұқсастылық ілімін пайдаланып және аумақтылықтарын қолданып есептеліп жасалған болатын.

Мәдділердің массаларын өлшеудегі үдерістерді талдау кезінде байқағанымыздай, таспалық немесе қатпарлы конвейерлердегі тасымалдау кезінде, конвейердің аумағы кішірейген жағдайда, салыстырмалы күштің әсері артады, мысалы, күштің шамасы мәддінің қасиетімен анықталады. Осындай күштердің ұқсастылығын тек мынадай жағдайларда ғана сақтауға болады, егер сызықтық аумақтарын өзгертетін болсақ, онда тасымалдайтын мәддінің де тығыздығын өзгерткеніміз дұрыс. Қатпарлы конвейердің «базалық» түрін құратын болсақ, келесідей факторларды ескерген абзал, мәдділердің жол бойы тығыздықтарының өзгертіндіктерін, жүйе қасиетінің серпінділігін және жүк қабылдағыш қондырғының тербелісінің түрлендірулерінің нақты функцияға әсерін, яғни, ұқсастылықтардағы пәрменділіктерді толық қамтамасыз ету керек.

Конвейердегі тартым қондырғысымен массалардың ұқсастылықтары бойынша өлшеу, ұқсастылықтың үшінші іліміне келтіріледі, яғни ұқсастылық критерийі бойынша аумақсыз кешендердің сандық мағыналары тең кезіндегісі, ол өлшемдік жүйеден жасалынған үдерісті анықтайды. Сондықтан физикалық пішімдеудегі есептің бірі, көрсетілген өлшемдерді бөліп көрсету болып табылады. Бұл үшін үдемелі ақпарат ретінде келесідей байланыстылықтар қолданылды, массаның үдерістеріндегі өлшеулерді жазу, тартым қондырғысының пәрменділігін және функцияны түрлендірулердегі әртүрлі факторлардың әсерлерін көрсету.

Өлшемдерді анықтайтын жүйеде, массалардың өлшемдерінің үдерістерін бір таңбалы түрде сипаттайтындыр [1] әдебиеттегі шамада кірістірілген.

Тартып-тасымалдайтын органның тартылымы келесідей шамалардың функциялары болып саналады

$$S' = f(d_{cp}, d_p, L, l_p, V, m_2, \rho_1, \rho_2, g, C_2, C_1). \quad (1)$$

Пішімдегі пәрменділік ұқсастықты қамтамасыз ету үшін, негізгі бірлікке мыналар алынды: l_p , m_2 , g , өйткені дәл келетін анықтауыш, осы бірліктің аумақтылықтарымен құрылған, ол нөлге тең емес.

Сонда (1) өрнегін келесідей түрде жазуға болады:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 \end{vmatrix} = 2.$$

$$\frac{S'}{l_p^{\alpha_{cp}} g^{\beta_{cp}} m_2^{\gamma_{cp}}} = \int \left(\frac{d_{cp}}{l_p^{\alpha_{cp}} g^{\beta_{cp}} m_2^{\gamma_{cp}}}, \frac{d_p}{l_p^{\alpha_p} g^{\beta_p} m_2^{\gamma_p}}, \frac{L}{l_p^{\alpha_L} g^{\beta_L} m_2^{\gamma_L}}, \frac{V}{l_p^{\alpha_V} g^{\beta_V} m_2^{\gamma_V}}, \frac{\rho_1}{l_p^{\alpha_{\rho_1}} g^{\beta_{\rho_1}} m_2^{\gamma_{\rho_1}}}, \frac{\rho_2}{l_p^{\alpha_{\rho_2}} g^{\beta_{\rho_2}} m_2^{\gamma_{\rho_2}}}, \frac{C_2}{l_p^{\alpha_{C_2}} g^{\beta_{C_2}} m_2^{\gamma_{C_2}}}, \frac{C_1}{l_p^{\alpha_{C_1}} g^{\beta_{C_1}} m_2^{\gamma_{C_1}}} \right). \quad (2)$$

Мағыналар α_i , β_i , γ_i келесідей жағдайдан анықтаймыз, яғни (2) жазылымына кіретіндер, кешенді-аумақсыз шамалар. Жоғарыдағы 1 — кестені қолданып dd_{cp} , βd_{cp} , γd_{cp} , есептейміз

$$\frac{d_{cp}}{l_p^{\alpha_{cp}} g^{\beta_{cp}} m_2^{\gamma_{cp}}} = \frac{[L]}{[L]^{\alpha_{cp}} \{[L][T]^{-2}\}^{\beta_{cp}} [M]^{\gamma_{cp}}} = [L]^{1-\alpha_{cp}-\beta d_{cp}} [T]^{2\beta d_{cp}} [M]^{-\gamma_{cp}} = 1.$$

Осыдан келесі теңдеуді табамыз

$$\left. \begin{aligned} 1 - \alpha d_{cp} - \beta d_{cp} &= 0 \\ 2\beta \alpha_{cp} &= 0 \\ -\gamma d_{cp} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Келтірілген (3) теңдеуінен алатынымыз

$$\alpha d_{cp} = 1.$$

Сонымен, ұқсастық критерийі мына өрнекпен анықталады

$$\ddot{I}_1 = \frac{d_{cp}}{l_p^{-1} g^0 m_2^0} = \frac{d_{cp}}{l_p}.$$

Осыған ұқсас түрлендірулерді басқа да өлшемдерге жасап, жүйенің серпінділік қасиетімен және сызықтық аумақтарымен өзара байланыстарын сипаттайтындай қылып мынадай ұқсастық критерийін табамыз

$$\ddot{I}_2 = \frac{\alpha_p}{l_p}, \ddot{I}_3 = \frac{L}{l_p}, \ddot{I}_4 = \frac{Sl_p^2}{gm_2}, \ddot{I}_5 = \frac{V^2}{l_p g},$$

$$\ddot{I}_6 = \frac{\rho_1^3 l_p^3}{m_2}, \ddot{I}_7 = \frac{\rho_2^3 l_p^3}{m_2}, \ddot{I}_8 = \frac{\tilde{N}_2 l_p}{m_2}, \ddot{I}_9 = \frac{\tilde{N}_2 l_p}{m_2}. \quad (4)$$

Осы табылған ұқсастық критерийі, масштаб шамаларының аралығында байланыс орнатуға жағдай жасайды, ол П80-К конвейердің физикалық полигонының пішімінің өлшемдерін сипаттайды. Полигонның ерекше құрылғылық жағдайларына байланысты ұзындық масштабын $Kl_p = 0,335$ етіп орнатамыз. Ал, массаның масштабын мына қатынаспен анықтауға болады

$$K_{m_2} = \frac{m_{2M}}{m_{2H}} = \frac{22,5}{100} = 0,225,$$

мұндағы m_{2M} — пішімдегі ТҚ массасы, кг;

m_{2H} — нақты конвейердегі ТҚ массасы, кг.

Алынған масштабтар бойынша эксперименталды физикалық полигон пішімінің есептері жүргізілді, барлық жол бойы аумақтары ұзындық масштаб Kl_p арқылы анықталады, ал басқа анықтайтын өлшемдер ұзындық масштаб және массаның масштабы арқылы есептеледі, масштабтарды қолданып (4) өрнегімен мына шамаларды табамыз

$$K_V = \sqrt{Kl_p}, K_{\rho_1} = K_{\rho_2} = \frac{K m_2}{K l_p^3}, K_{S'} = \frac{K m_2}{K l_p^2}, K_{c_1} = K_{c_2} = \frac{K m_2}{K l_p}.$$

Стендте зерттеулер жүргізген кезде, төгілетін мәдді ретінде шынжыр кесінділері, құрыш епелектер (шайбалар) қолданылды, диаметрлері $d_{M_1} = 25$ мм, қалыңдығы $h_1 = 5$ мм, және құрыш епелектер $d_{M_2} = 25$ мм, қалыңдығы $h_2 = 25$ мм, мәддінің тығыздығы $\gamma_M = 7,8$ т/м³.

Кесектің аумағын, масштабты стендте пішімдегендегі кезін, формула бойынша есептейміз

$$d_H = \frac{d_M}{\frac{\gamma_H}{\gamma_M} Kl_p K_A}, \quad (5)$$

мұндағы K_L — кесек мәдділердің габаритінің масштабы

$$\hat{E}_{A1} = \frac{d_{M1}}{h_1} = \frac{25}{5} = 5; K_{A2} = \frac{d_{M2}}{h_2} = \frac{25}{25} = 1.$$

Эксперименталды зерттеулер көлденең әсер ететін тартым қондырғысының қозғалтқышының пәрменділік сипаттамасын анықтау үшін жүргізілді. Зертхана-

лық жағдайда эксперименталды зерттеулер әдісі мынадай бөлімдерден құралады:

- тартым қондырғысының механикалық қозғалтқышының түйісудегі шамасын анықтаудан;

- тартым қондырғысының негізгі түйіндерінің жетекті-тасымалдайтын органымен және конвейердің қойылымымен әсерлесуін бақылаудан;

- тартым қондырғысы жұмыс атқарған кезінде өтпелі үдерістер сипаттамасын анықтаудан;

- конвейердің жетекті-тасымалдайтын органының күштеуін, жылжымалы бағыттаманың орын ауыстыруын анықтаудан, және де көлденең әсер ететін тартым қондырғысының жұмыс кезіндегі механикалық жүйедегі шаманы тексеруден.

Эксперименталды зерттеулер жүргізген кезде, тәжірибелер саны әр әлпіде зертханалық немесе басқа да жағдайларға байланысты шектелген. Сондықтан тәжірибелер санын анықтауымыз қажет, әрі әр түрлі өлшемдердің, зерттеулердің сенімділік қорытындылары болуы қажеттігін ескерген дұрыс.

Сонымен мынадай қорытынды жасауымызға болады: пішімдейтін мәдділердің кесектерінің аумақтары, есептелуі бойынша $d_{H1} = 46$ мм, $d_{H2} = 233$ мм, яғни рудалардың ұсақтауыштан өткеннен кейінгі орташа және ұсақ түрлеріне дәл келеді.

Стенд-физикалық пішім, есептелінген өлшемдерге сәйкес келетіндей қылып жобаланған, ол тұйықты көлік жүйесімен реттелетін жүк тасқынын көрсетеді және келесідей негізгі элементтерден тұрады: көлденең конвейер жүретін тіректерімен; жүкті артып-түсіру жұмыстарынан; қатпарлы конвейерден; мәддіні берілісін реттейтін жұмыстардан; тартым қондырғысынан; эксперименталды стендтің басқару орнынан; тіркейтін аппаратадан.

Көлденең орналасқан конвейер стендтың сипаттамалары:

катпардың жалпақтығы, мм	90
ернеудің жалпақтығы, мм.....	110
таситын төсемнің жалпақтығы, мм	200
шығыршықтарды орналастыру қадамы, мм	
көлденеңдегісі.....	132
шынжыр қадамы	9
түрі.....	ПРД
төсемнің жүріс жылдамдығы, м/с	
көлденеңдегісі.....	0,3...0,7
конвейер ұзындығы, м	
көлденеңдегісі.....	4

2 — кесте

НАҚТЫ КОНВЕЙЕРМЕН ЖӘНЕ МАСШАБТЫ СТЕНДТІҢ НЕГІЗГІ ӨЛШЕМДЕРІ

Шамалар	Нақты конвейер П80-К	Масштабты стенд	
		есептелгені	салынғаны
1. Жүретін шығыршықтардың диаметрі, м	0,120	0,048	0,055
2. Жүретін тіректердің арасындағы арақашықтық, м	1,328	0,531	0,530
3. Жетекті-тасу органының жүріс жылдамдығы, м/с	0,8...1,25	0,5...1,0	0,5...1,5
4. Жетекті-тасу органының көлденең қимасының ауданы, м ²	0,152	0,017	0,016
5. Жетекті-тасу органының көлденең қимасына келтірілген тартылым, Н/м ²	3,28*10 ³	6,57*10 ³	6,5*10 ³
6. Жетекті-тасу органының көлденең қимасына келтірілген сызықтық тығыздығы, Нс'/м ⁴	789,400	4721,900	4520,000
7. Жетекті-тасу органының көлденең қимасына келтірілген жүктің сызықтық тығыздығы, Нс'/м ⁴	1973,6	11811,5	7900
8. Тау-кен массасының кесегінің көлденең орташа аумағы, м	0,6	0,201	0,233
9. Күш өлшейтін бергіштің қаттылығы, Н/м	2,1*10 ⁶	1,4*10 ⁶	1,4*10 ⁶
10. Жетекті-тасу органының қаттылығы, Н/м	20400	40833	30800

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ақашев З.Т., Малыбаев С.Қ., Тазабеков И.И., Балгабеков Т.К. Қатпарлы конвейерлердің серпінді өзгерістерін теңгеру тәсілдері: Монография. Қарағанды: ҚарМТУ, 2001. 232 бет.

УДК 656.566

Т.Б. СУЛЕЙМЕНОВ

Теория и практика логистических цепей обслуживания грузов

Рассмотрим влияние того или иного параметра автотранспортной обслуживающей системы, тех или иных организационно-технологических мероприятий на характеристику протекающих в системе процессов, а именно на простой подвижного состава в ожидании обслуживания, простой обслуживающих устройств в ожидании работы, количество обработанного подвижного состава, объем переработанного груза, сезонную и внутринедельную неравномерность входящих автомобильных потоков.

Фазы обслуживания. Автотранспортные обслуживающие системы (АТОС) могут быть однофазовыми и многофазовыми. Например, АТОС, в которых прибывшие автомобили сначала взвешиваются, а затем следуют под погрузку (выгрузку), являются двухфазовыми. В многофазовых системах от фазы к фазе происходит трансформация входящего потока.

Каналы обслуживания.

Число обслуживающих устройств в фазе: N_a , N_b , N_c ,

Пропускная способность фазы, канала обслуживания: V_a , V_b , V_c , ... ,
где $V_a = N_a \cdot v_a$, $V_b = N_b \cdot v_b$, $V_c = N_c \cdot v_c$,

Здесь соответственно v_a , v_b , v_c , ... — производительность одного обслуживающего устройства.

Замкнутые и разомкнутые АТОС.

В разомкнутых АТОС входящие потоки автомобилей формируются во внешней среде; они, как правило, носят вероятностный характер и существенно неравномерны. Разомкнутые АТОС — это, как правило, единичные обслуживающие объекты (перевалочный пункт, грузовая автостанция, контейнерный терминал и т.д.).

В замкнутой АТОС автомобили циркулируют между обслуживаемыми объектами. Их потоки формируются фазами обслуживания. Автомобиль, попавший в замкнутую АТОС, как правило, функционирует только в этой системе. Замкнутые АТОС — это, как правило, сеть обслуживающих объектов.

Режим работы АТОС. Прежде всего, это сменность работы обслуживающих фаз и объектов, моменты начала и окончания рабочих смен (T_n , T_k), длительности рабочих смен ($W = T_k - T_n$), составляющих АТОС.

Накопители и емкости. Склады, бункеры и т.д.

Значения их вместимости U_a , U_b , U_c , ... , *средние значения интенсивностей*, входящих потоков требований на обслуживание: $L_m.c.p.$, $Q.c.p.$, $L_m.c.p.$... и *средние нагрузки* на одно требование: $q.c.p.$, $g.c.p.$, $t.m.c.p.$, ... ,

где $L_m.c.p.$ — интенсивность входящего потока автомобилей, автомоб./сутки;

$Q.c.p.$ — интенсивность прохождения грузов через грузовой пункт, т/сутки;

$L_m.c.p.$ — интенсивность выхода из строя обслуживающих устройств, мех./сутки;

$q.c.p.$ и $g.c.p.$ — соответственно загрузка прибывающего и убывающего автотранспорта, т; $t.m.c.p.$ — длительность восстановления (ремонта) одного обслуживающего устройства, ч и другие.

Неравномерность поступления требований на обслуживание в обслуживающую систему. Различают *три вида* неравномерностей: внутрисуточная, внутринедельная и сезонная (внутригодовая), отличающиеся своими конфигурациями. Примеры таких конфигураций приведены на рисунках 1, 2, 3.

Все упомянутые выше понятия (их численные значения) и другие аналогичные им — суть *параметры* системы. Понятие параметра системы, а также понятие *характеристик* протекающих в системе процессов занимают особое место в комплексе понятий имитационного моделирования. Их особая роль обуславливается тем, что они являются составляющими основополагающей формулы ТМО. Вспомним ее, это:

$$M = f(n),$$

здесь независимая переменная, аргумент — это *параметр* обслуживающей системы, а функция, то есть простой заявок, ожидающих обслуживания, — *характеристика* процессов, протекающих в системе.

Однако к характеристикам обслуживающих процессов относятся не только простой, но и другие элементы качества работы системы. Это, например, общее количество груза, перевезенного за единицу времени, число выполненных за этот же период автомобильных ездов, число необслуженных за рабочую смену автомобилей и т.д.

За единицу времени обычно принимаются сутки (иногда рабочая смена), и, следовательно, характеристики оцениваются своими среднесуточными значениями.

Характеристиками АТОС являются:

M_{cc} — простой транспортных средств в ожидании обслуживания, автомоб./ч;

I_{xe} — простой технических (или иных обслуживающих) устройств в ожидании работы, мех./ч;

D_{cc} — задержка (простой) грузов в АТОС, тонна/ч;

W_{cc} — количество транспортных средств, оставшихся необслуженными, шт.;

See — количество переработанного груза, тонн;

$P_{сс}$ — количество автомобильных ездов и другие показатели, характеризующие качество работы обслуживающей системы.

ВХОДЯЩИЕ ПОТОКИ ТРЕБОВАНИЙ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ

Входящие потоки (ВП) требований на обслуживание в общем виде относятся к области вероятностных процессов. Они исследуются и описываются средствами теории вероятностей и математической статистики.

ВП могут быть потоками единиц транспортных средств (транспортные потоки) и потоками моментов начала и окончания каких-либо событий (как правило, моментов выхода из строя и восстановления обслуживаемых устройств).

Транспортные ВП в нашем случае — это потоки автомобилей и автопоездов. В общем случае это также потоки вагонов, судов, самолетов.

Транспортные ВП определяются двумя составляющими: *во времени и по величине*.

Во времени ВП описываются последовательностью моментов поступления транспортных средств $t_1, t_2, \dots, t_j, \dots$, % или последовательностью интервалов между прибывающими транспортными средствами $E_1 = t_2 - t_1, E_2 = t_3 - t_2, E_3 = t_4 - t_3, \dots, E_j = t(i+1) - t_i, \dots, E_N = t_N - t(N-1)$.

По величине ВП описываются последовательностью грузоподъемностей $g_1, g_2, g_3, \dots, g_i, \dots, g_N$ или величин груза прибывающего (убывающего) с одним автомобилем (автопоездом) $q_1, q_2, q_3, \dots, q_i, \dots, q_n$.

Основными свойствами входящих потоков являются:

Стационарность во времени. Вероятность прибытия транспортной единицы, принадлежащей стационарному во времени потоку в отрезок времени t , зависит только от величины этого отрезка и не зависит от начального момента T_0 , от которого ведется отсчет t .

Стационарность по величине. Вероятность поступления некоторого количества груза q_j или порожнего тоннажа g_i с одной транспортной единицей, принадлежащей стационарному потоку, не зависит от расположения момента прибытия транспортной единицы t на оси времени.

Последствие во времени. Вероятность прибытия транспортной единицы, принадлежащей потоку без последствия, в отрезок времени t зависит только от величины этого отрезка и не зависит от числа прибытий, предшествующих начальному моменту T_0 , от которого отсчитывается время t .

Последствие по величине. Вероятность прибытия некоторого количества груза q_i или порожнего тоннажа g_i с одной транспортной единицей, принадлежащей потоку без последствия, по величине, не зависит соответственно от q_i и g_i , где $n = 1, 2, 3, \dots$

Ординарность. В ординарном потоке вероятность прибытия двух транспортных единиц в интервале dt есть бесконечно малая величина по сравнению с dt . Ординарность характеризует входящий поток только

во времени. Входящий поток транспортных единиц, как правило, всегда можно рассматривать как ординарный.

Входящий транспортный поток, обладающий одновременно свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия, называется простейшим. Простейший входящий поток занимает особое место в ТМО по той причине, что для несложных систем, перерабатывающих подобный поток, разработаны аналитические методы расчета. В теории он характеризуется вероятностным распределением Пуассона. Необходимым (но не достаточным) признаком существования распределения Пуассона является равенство его средней интенсивности $L_{ср}$ и дисперсии σ^2 .

На автомобильном транспорте практически всегда входящие потоки не могут рассматриваться как простейшие.

В то же время, наиболее существенными признаками входящих потоков автомобилей и автопоездов являются: *нестационарность во времени*, *последствие во времени и по величине*.

Существенная нестационарность автомобильных ВП во времени объясняется неравномерной работой автотранспорта в течение суток. Днем интенсивность его работы относительно велика. Ночью она резко падает или исчезает вообще (равна нулю).

Типичная гистограмма такого входящего потока видна, например, на рисунке 1. На гистограмме четко прослеживаются два пика поступления автомобильных транспортных средств в места грузовых операций: «утренний», ярко выраженный — поступление автомобилей со стоянок под первую погрузку и «послеобеденный» — менее мощный, связанный с обеденным перерывом на грузовых пунктах и автотранспорте. После второго пика наступает прогрессивное затухание интенсивности ВП. Однако подобный вид гистограммы существенно преобладает в разомкнутых АТОС (в других случаях, когда автомобили в своем большинстве совершают дальние перевозки и на вторую езду к грузоотправителю не возвращаются, мы наблюдаем «одногогорбую» гистограмму).

Что касается замкнутых автотранспортных систем, значительно менее вероятностных, чем разомкнутые, то в определенных условиях здесь может иметь место и другая закономерность.

Последствие во времени имеет место, как правило, в замкнутых системах. Здесь на величину интервалов (особенно при малых расстояниях перевозок) значительное влияние оказывает работа предыдущей обслуживающей фазы. Например, если предыдущая фаза состоит из одного экскаватора в песчаном карьере, а расстояние перевозок до места разгрузки однотипного автомобиля не превышает 2-3 км, то интервалы между последовательно поступающими в пункт разгрузки автомобилями будут близки к регулярным, и практически равны интервалам погрузки.

Последствие по величине также имеет место, как правило, в замкнутых системах. Особенно оно заметно при небольшом числе автомобилей, циркулирующих на подобном объекте. Если,

например, таких автомобилей два — моделей МАЗ и КамАЗ, то видя под разгрузкой МАЗ, с очень высокой степенью вероятности можно утверждать, что следующим под разгрузку будет подан КамАЗ (при абсолютной надежности автомобилей значение этой вероятности будет равно 1,00).

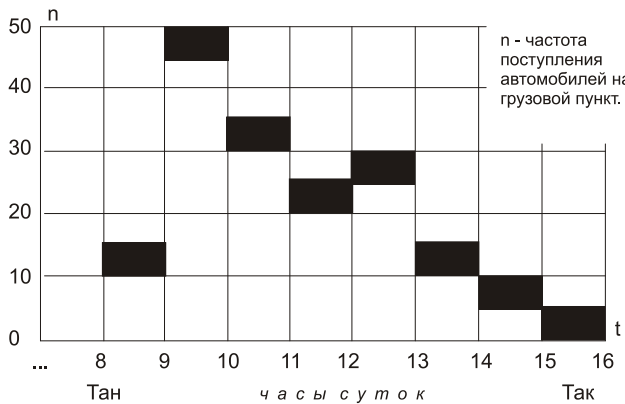


Рисунок 1 — Типичная конфигурация внутрисуточной неравномерности входящего автомобильного потока в разомкнутой системе

Из изложенного выше уже видны основные особенности автомобильных потоков в замкнутой обслуживающей системе. К этому следует добавить, что ВП грузоотправителя состоит из *первоначального* потока — потока автомобилей, поступающих со стоянки под первую погрузку, и *основного* потока — потока автомобилей, поступающих к грузоотправителю после обработки его у грузополучателя. В совокупности эти потоки составляют *общий* ВП. У грузополучателя, естественно, первоначальный поток отсутствует, а понятия основного и общего потоков идентичны (рисунок 2).

Здесь уместно заметить, что детальное знание структуры и закономерности ВП, в каждом

конкретном случае, необходимо для его адекватной имитации на ЭВМ. В разрезе недели потоки транспортных средств существенно различны в будние и выходные дни (рисунок 3).

В разрезе года все виды автомобильных потоков имеют свои существенные сезонные отличия.

Факт наличия трех видов неравномерностей автомобильных потоков (названные выше: внутрисуточная, внутринедельная и сезонная) следует подчеркнуть. Это накладывает ряд специфических требований на исследования упомянутых входящих потоков, методику сбора исходных данных и их статистическую обработку, а также на методические приемы имитации входящих потоков на ЭВМ.

В заключение представляется полезным также отметить отличие входящего автомобильного потока от автомобильного потока на магистрали. Если с первым все ясно, то о втором необходимо иметь в виду следующее. В зависимости от видов магистралей (внутригородские, междугородные, число полос движения и т.д. и т.п.) и региональных условий (районы индустриальные, аграрные, равнинные, горные и т.д. и т.п.) магистральные автомобильные потоки являются композицией множества входящих грузовых потоков, потоков легковых автомобилей различной принадлежности, общественного пассажирского транспорта и большого числа случайных (обобщим их под этим условным наименованием) различных транспортных средств. Поток этот носит крайне вероятностный характер, подчинен своим законам. В разрезе суток он также имеет два пика — утренний и послеобеденный. Однако здесь послеобеденный *пик* смещен на более поздний период и *более резко* выражен, причиной чего, главным образом, является более тесная связь магистрального автомобильного потока с концом рабочего дня.

Конфигурация входящего потока

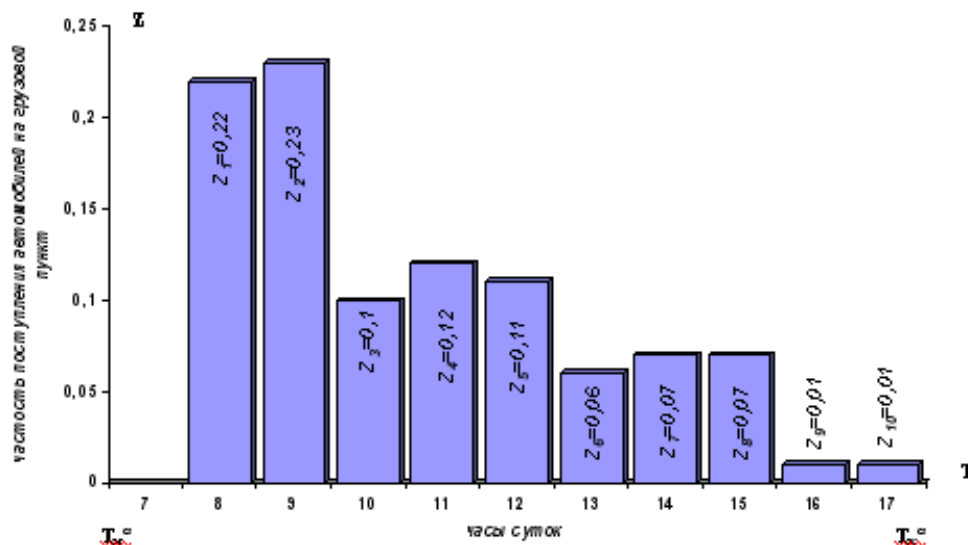


Таблица моделирования	
t_i	Z_i^*
1	0.22
2	0.23
3	0.10
4	0.12
5	0.11
6	0.06
7	0.07
8	0.07
9	0.01
10	0.01
Σ	1.000

Рисунок 2 — Внутрисуточная неравномерность входящего автомобильного потока «В» во времени

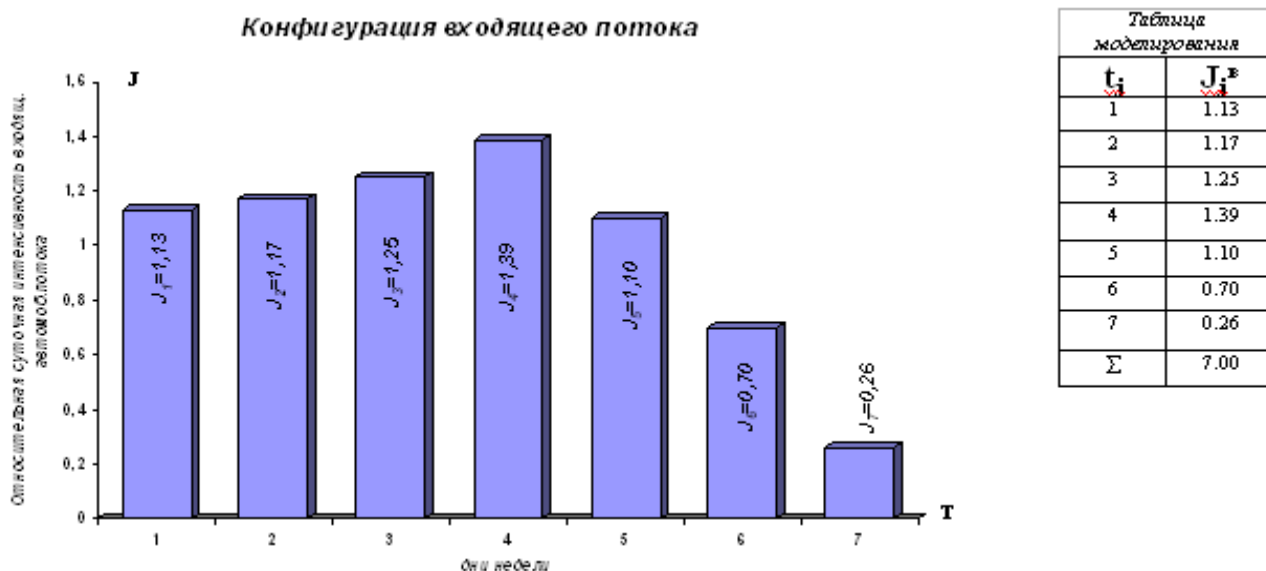


Рисунок 3 — Внутринедельная неравномерность входящего автомобильного потока «В» во времени

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безель Б.П., Хараев Ф.А. Моделирование работы базы материально-технического снабжения. Нальчик, 1971.
2. Безель Б.П., Краснова Е.В., Чинченко Е.М. Моделирование работы перевалочных пунктов // Труды ИКТМ. Вып. 24. 1971.
3. Бранд З. Статистические методы анализа наблюдений. М.: Мир, 1975.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978.
5. Карасев А.Н. Теория вероятности и математическая статистика. М.: Статистика, 1979.
6. Клейтнер Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. М.: Статистика, 1978.
7. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979.
8. Кофман А., Анри-Лабардер А. Методы и модели исследования операции. Целочисленное программирование. М.: Мир, 1977.
9. Миротин Л.Б. Артыков М.А. Автотранспортное обслуживание дорожного строительства. Грузовые автомобильное потоки, их исследование и моделирование на ЭВМ // Труды КАДКТИ. Вып. 4. Фрунзе, 1986.
10. Миротин Л.Б. Сулейменов Т.Б. Постановка задачи оптимизации величины резерва пропускной способности автотранспортных грузовых обслуживающих систем // Автомобильный транспорт Казахстана. Алматы, 1992.
11. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. М.: Наука, 1979. 223 с.
12. Организация перевозочного процесса / Под ред. Комарова А.В., ИКТП. М.: Транспорт, 1968.
13. Рихтер К.Ю., Фишер П., Шнейдер Г. Статистические методы в транспортных исследованиях. М.: Транспорт, 1978.
14. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука. М.: Мир, 1978.

УДК 628.33:662.1

А.Ш. ШАЙКЕЖАН
А.О. САРСЕМБАЕВА**О комплексном использовании сырьевых материалов для синтезирования клинкеров белитового состава**

Минеральная часть энергетических углей играет существенную роль в топочных процессах и при утилизации зольных остатков. Не всегда представляется возможным определить количественный минералогический состав «балласта» углей.

Методы оценки минерального состава по химическим данным получили общее название рационального анализа [1], которому подвергали экибастузские угли с химическим составом минеральной части, представленным в таблице 1.

Пересчеты на минеральный состав требуют качественной диагностики минералов рентгеновским методом и термическим анализом. Минералогический состав «балласта» представлен в таблице 2.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ
ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ

Компонент	Мас., %	Молекулярная масса
SiO ₂	59,10	60,90
Al ₂ O ₃	27,30	101,80
Fe ₂ O ₃	3,60	159,68
CaO	1,80	56,10
MgO	0,70	40,30
п.п.п.	4,30	
Сумма	96,80	

Таблица 2

ГЛАВНЫЕ МИНЕРАЛЫ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ

Минерал	Формула	Молекулярная масса
Каолинит	Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O	258,17
Монтмориллонит	Al ₂ O ₃ · 4SiO ₂ · 2H ₂ O	360,20
Кварц	SiO ₂	60,90

Магнезит	MgCO ₃	84,30
Гипс	CaSO ₄ · 2H ₂ O	172,20

Пересчет упрощается, если его начинать со щелочноземельных элементов. Так как молекулярная масса CaO равна 56,10, а молекулярная масса гипса равна 172,20, то, следовательно, 1 часть CaO будет эквивалентна $172,20/56 = 3,07$ части гипса (коэффициенты перехода приведены в таблице 3).

Содержание CaO в минеральной части угля составляет 1,8%, отсюда вычисляем количество гипса $1,8\% \cdot 3,07 = 5,53\%$. Аналогично рассчитывается содержание магнезита и сидерита. Сравнительное изучение рентгенограмм позволило выяснить, что соотношение каолинита и монтмориллонита составляет 9:1. Исходя из этой пропорции и при допущении, что весь глинозем в количестве 27,30% входит в каолинит и монтмориллонит, содержание Al₂O₃ в каолините составляет $0,9 \cdot 27,30\% = 24,57\%$, следовательно, в монтмориллоните $0,1 \cdot 27,30\% = 2,73\%$.

Таблица 3

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА ПРИ ПЕРЕСЧЕТЕ АНАЛИЗОВ «БАЛЛАСТА» УГЛЯ НА КОЛИЧЕСТВЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ

Искомая составная часть	Отправная составная часть	Коэффициент перехода
Гипс	CaO	3,07
Магнезит	MgO	2,09
Сидерит	Fe ₂ O ₃	0,72
Каолинит	Al ₂ O ₃	2,54
Монтмориллонит	«	3,54
Кремнезем	Каолинит	0,47
«	Монтмориллонит	0,67

Молекулярная масса глинозема 101,96 связывает молекулярную массу каолинита 258,17, так что 24,57% Al₂O₃ будет соответствовать $24,57 \cdot 258,17 / 101,96 = 62,21\%$ каолинита. Точно так же установлено количество монтмориллонита, которое составляет $2,73 \cdot 360,20 / 101,96 = 9,64\%$.

Расчетное содержание кремнезема в каолините равно 47%; отсюда количество SiO₂, связанное в каолините: $62,21 \cdot 0,47 = 29,23\%$. В монтмориллоните содержание кремнезема равно 67%, поэтому количество SiO₂, связанное в монтмориллоните «балласта» угля, составляет $9,64 \cdot 0,67 = 6,45\%$. Содержание кварца в угле $59,10 - 29,23 - 6,45 = 23,42\%$.

Результаты рассмотренного выше пересчета сведены в таблицу 4.

Необходимо отметить, что сумма вычисленных содержаний минералов больше 100% на 4,87%. Эта величина объясняется тем, что часть оксидов остается в свободном состоянии. Здесь надо учесть различные оксиды и органические вещества, не вошедшие в пересчет.

Таким образом, рациональный анализ, полученный рассмотренным пересчетом, позволяет приблизительно судить о физических свойствах минеральной части экибастузских энергетических

углей и анализировать поведение ее в раскаленном виде.

Таблица 4

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ (ПЕРЕСЧЕТ НА КОЛИЧЕСТВЕННО-МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ)

Минерал	Мас., %
Гипс	5,53
Сидерит	2,61
Магнезит	1,46
Каолинит	62,21
Монтмориллонит	9,64
Кварц	23,42
Всего	104,87

На основе данных, приведенных выше, опробована возможность получения вяжущих при пылевидном и слоевом способе сжигания каменного угля в технологическом процессе получения тепловой энергии. Максимальная температура горения смеси пылеугольного топлива и известковой добавки достигает 1300°C. По химическому составу при этом минеральный остаток топливной смеси достаточно близок к портландцементному клинкеру. Неусвоенный остаток кальция составляет около 5%, что значительно выше допустимых значений. Тем не менее полученный нами продукт можно отнести к вяжущим независимо от такого содержания в них CaO_{св.}, так как он может находиться (до 14%) в активном состоянии и отличаться по механизму действия от обычного свободного оксида кальция, наблюдаемого в клинкере вращающихся печей [2].

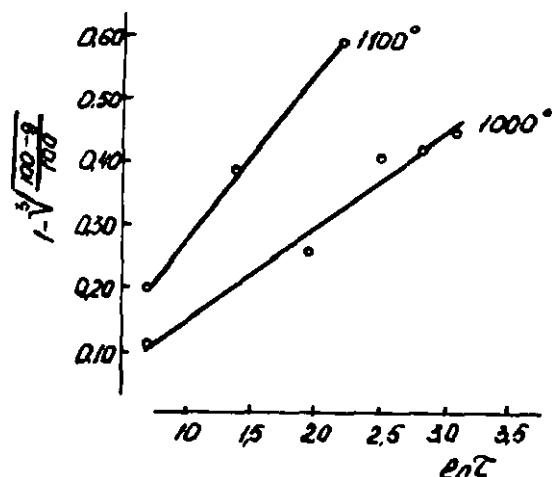
До сих пор не был известен материал, обеспечивающий синтезирование белитового клинкера (C₂S-90% из смеси с КН = 0,67) при 1100°C за 15 мин. Таким материалом оказались гранулированные шлаки электротермического производства фосфора. Кинетика образования C₂S при 1000 и 1100°C удовлетворительно описывается (в соответствии с рисунком) уравнением Таммана-Фишбека. Величина кажущейся энергии активации равна 88 кДж/моль.

Высокая реакционная способность гранулированных электротермофосфорных (ЭТФ) шлаков объясняется их низкой температурой размягчения (1050-1100°C) и присутствием в них равномерно распределенного до 6% фтористого кальция (в шлаке П — 5,13%). На процесс образования C₂S последний оказывает сильное катализирующее действие.

Конечный продукт обжига почти на 90% состоит из двухкальциевого силиката с растворенным в нем C₃P, части CaF₂ и MgO. Алуминат и алюмоферрит в сумме не превышает 5%. C₂S представлен α-модификацией. При 1200°C α-форма наблюдается после 5 мин.

Смесь 1 обжигали при 1000-1200°C с целью выяснения влияния продолжительности обжига на кристаллизацию фаз. Кристаллы белита растут от 2-4 (1000°C, 30 мин) и 10 мкм (1200°C, 30 мин) до 5-6 и 15 мкм после, 60 мин. Они образуют сростки. После обжига при 1200°C часто встречаются полисинтетические двойники. Из примесей

наблюдали изотропные зерна округлой формы с относительно низким показателем светопреломления (очевидно, $C_{11}A_7\text{-}CaF_2$). При обработке спека 2%-й лимонной кислотой P_2O_5 полностью переходит в раствор так же, как C_2S , $C_{11}A_7\text{-}CaF_2$ и C_4AF . В нерастворимой части остается лишь половина от общего количества флюорита с незначительной примесью периклаза.



Кинетические данные реакции образования C_2S

В спеках, обожженных 60 мин при 1200°C и 120 мин при 1100°C , наряду с α - встречается α' - C_2S .

Обращала на себя внимание высокая устойчивость белитового клинкера против «силикатного распада», что было использовано для получения огнеупорного материала. Температура обжига исходного белитового клинкера 1300°C и выше. Зерновой состав шихты: 5-1 мм — $70 \div 80\%$; $1,00 \div 0,8$ мм — $10 \div 15\%$, мельче 0,08 мм $10 \div 15\%$. Связка — вода 3-5%. Давление прессования 80-100 МПа. Температура обжига 1350 - 1400°C . В этих условиях огнеупорные изделия характеризуются такими показателями: кажущаяся пористость 23-25%; объемная огневая усадка до 10%; предел прочности при сжатии 50 МПа; огнеупорность — выше 1770°C ; дополнительная усадка при 1500°C 1,3-1,4%. Температура начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа не ниже 1400°C ; термостойкость 3-4 водяных теплосмен. Такие образцы огнеупоров хранятся в лаборатории более 10 лет и не показывают признаков ни силикатного распада, ни гидратации.

ЭТФ шлаки также могут быть использованы в смеси с доломитом для получения стабилизированного периклазо-белитового огнеупора. Рентгенограмма доломита свидетельствует, что все рефлексы принадлежат основному минералу, который декарбонизируется как обычно, в два этапа — при 745 и 890°C . Известное положение о том, что периклаз в смесях с КН не менее 0,67 и в массе огнеупора не реагирует с C_2S и не образует неогнеупорных тройных силикатов с оксидом кальция, неоднократно нашло экспериментальное подтверждение в наших исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уоррел У. Глины и керамическое сырье. М.: Мир, 1978. 240 с.
2. Шайкежанов А.Ш. и др. Ресурсосберегающая технология в изготовлении фундаментов // Сб.тр. «Проблемы фундаментостроения в грунтовых условиях новой столицы». Акмола, 1997. С. 487-492.

УДК 539.3:534.1

П.М. ЖАНГЕЛЬДИНА

Устойчивость кольцевых пластин при чистом сдвиге

Тонкие кольцевые пластины, работающие на сдвиг, встречаются в турбинах, в корпусах двигателей, в зубчатых колесах, в дисковых муфтах трения, в переборках отсеков подводных лодок, в центрифугах, вентиляторах и в других деталях машин и механизмов. Поэтому исследование устойчивости таких пластин при различных закреплениях контуров имеет определенное теоретическое и практическое значение.

Рассмотрим кольцевую пластину, на которую по контурам действуют равномерно распределенные касательные силы S_1 и S_2 . Уравнение устойчивости в этом случае имеет вид [1]

$$D\nabla^4 \omega - 2S \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial \omega}{r \partial \theta} \right) = 0,$$

где ∇^4 — бигармонический оператор Лапласа в полярных координатах;
 ω — функция прогиба;
 D — цилиндрическая жесткость
 $S = S_1 R_1^2 / r^2 = S_2 R_2^2 / r^2$ — сдвигающее усилие в плоскости пластины;
 R_1, R_2 — внутренний и наружный радиусы

пластины.

Это уравнение может рассматриваться как функционал уравнения Эйлера

$$F = \int_{R_1}^{R_2} \int_0^{2\pi} \left\{ -\frac{S_1 R_1}{r^2} \cdot \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial \theta} + \frac{D}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} \right)^2 + \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \omega}{\partial \theta^2} \right)^2 + 2\mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} \cdot \frac{1}{r} \left(\frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \omega}{\partial \theta^2} \right) + 2(1-\mu) \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial r \partial \theta} - \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial \theta} \right)^2 \right] \right\} r \cdot dr \cdot d\theta. \quad (1)$$

Перейдем далее к новой переменной и новой функции по соотношениям:

$$z_1 = \ln r / R_1, \quad \omega = e^{z_1} \omega_1. \quad (2)$$

При этом функционал F преобразуется так:

$$F = \frac{D}{2R_1^3} \int_0^t \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z_1^2} + \frac{\partial \omega_1}{\partial z_1} \right)^2 + \left(\omega_1 + \frac{\partial \omega_1}{\partial z_1} + \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial \theta^2} \right)^2 + \right. \\ \left. + 2\nu \left(\frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z_1^2} + \frac{\partial \omega_1}{\partial z_1} \right) \cdot \left(\omega_1 + \frac{\partial \omega_1}{\partial z_1} + \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial \theta^2} \right) + \right. \\ \left. + 2(1-\nu) \left(\frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z_1 \partial \theta} \right)^2 - 2\lambda \left(\omega_1 + \frac{\partial \omega_1}{\partial z_1} \right) \frac{\partial \omega_1}{\partial \theta} \right] dz_1 d\theta, \quad (3)$$

где $t = \ln(R_2/R_1) = \ln(\beta^{-1})$, $\lambda = S_2 R_2^2/D$.

Потеря устойчивости круговой пластины от сдвига происходит, как показывают эксперименты, с образованием косых волн на её поверхности, причём в направлении длины волны образуется одна полуволна. Чтобы представить эту картину выпучивания в простой аналитической форме, введем косоугольную систему координат:

$$y = \theta + z_1 \operatorname{tg} \alpha, \quad z = z_1 / \cos \alpha,$$

где α — угол наклона волн к радиальному направлению;

y и z — косоугольная система координат.

С учётом вышеуказанных подстановок и преобразований имеем:

$$F = \frac{D}{2R_1^3} \int_0^t \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{\partial^2 \omega_1}{c^2 \partial z^2} \right)^2 + (1+k)^2 \left(\frac{\partial^2 \omega_1}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1+2k^2 - \right. \\ \left. - \nu) \left(\frac{\partial^2 \omega_1}{c \partial z \partial y} \right)^2 + 2(k^2 + \nu) \frac{\partial^2 \omega_1}{c^2 \partial z^2} \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial y^2} + 4k(1+k^2) \times \right. \\ \times \frac{\partial^2 \omega_1}{c^2 \partial z \partial y} \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial y^2} + 4k \frac{\partial^2 \omega_1}{c^3 \partial z^2} \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z \partial y} + 2(1+\nu) \frac{\partial^2 \omega_1}{c^3 \partial z^2} \frac{\partial \omega_1}{\partial z} + \\ + 2k(1+k^2)(1+\nu) \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial y^2} \frac{\partial \omega_1}{\partial y} + 2k(1+\nu) \frac{\partial^2 \omega_1}{c^2 \partial z^2} \frac{\partial \omega_1}{\partial y} + \\ + 2(1+\nu)(1+k^2) \frac{\partial^2 \omega_1}{c \partial y^2} \frac{\partial \omega_1}{\partial z} + 4k(1+\nu) \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z \partial y} \frac{\partial \omega_1}{c \partial z} + \\ + 4k^2(1+\nu) \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z \partial y} \frac{\partial \omega_1}{c \partial y} + 2\nu \frac{\partial^2 \omega_1}{c^2 \partial z^2} \omega_1 + 2(1+\nu k^2) \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial y^2} \times \\ \times \omega_1 + 4\nu k \frac{\partial^2 \omega_1}{c \partial z \partial y} \omega_1 + 2(1+\nu) \left(\frac{\partial \omega_1}{c \partial z} \right)^2 + 2k^2(1+\nu) \times \\ \times \left(\frac{\partial \omega_1}{\partial y} \right)^2 + 4k(1+\nu) \frac{\partial \omega_1}{c \partial y} \frac{\partial \omega_1}{\partial z} + 2(1+\nu) \frac{\partial \omega_1}{c \partial z} \omega_1 + 2k \times \\ \times (1+\nu) \frac{\partial \omega_1}{\partial y} \omega_1 + \omega_1^2 - 2\lambda \left(\omega_1 + \frac{\partial \omega_1}{c \partial z} + k \frac{\partial \omega_1}{\partial y} \right) \frac{\partial \omega_1}{\partial y} \Big] c dz dy, \quad (4)$$

где $k = \operatorname{tg} \alpha$, $c = \cos \alpha$.

Рассмотрим пластину, защемлённую по обоим контурам. Функцию прогиба, удовлетворяющую всем граничным условиям, запишем в виде

$$\omega_1 = A \sin^2 m_1 z \cos n y, \quad (5)$$

где $m_1 = \frac{\pi}{t} \cos \alpha = m \cos \alpha$;

n — число узловых диаметров.

Подставляя (5) в (4), интегрируя и минимизируя функционал F , находим

$$\lambda = \left\{ n^2 (k^2 + 1)^2 / 2 + [0,5 + 4m^2 (1 + 2m^2) / 3] / n^2 + \right. \\ \left. + 4m^2 (3k^2 - 1) / 3 + k^2 - 1 \right\} / k. \quad (6)$$

Минимизируя λ по k , находим критическое значение параметра k :

$$k = \left(\sqrt{p^2 + q} - p \right)^{1/2}, \quad (7)$$

где $p = [1 + (1 + 4m^2) / n^2] / 3$;

$$q = 8(2m^4 + m^2 + 3/8) / 9n^4 + 2(4m^2 / 3 - 1) / 3n^2 + 1/3.$$

Подставляя далее k в (6), для каждого n находим критический параметр нагрузки. Наименьшие значения λ и соответствующие им значения n и k для различных $\beta = R_1/R_2$ приведены в таблице. Приближённое решение этой задачи приведено в работе [2]. Максимальное расхождение результатов не превышает 4,8%.

При $\beta \rightarrow 1$ количество полуволн становится очень большим, поэтому можно его принять как непрерывную величину и проводить по нему минимизацию критической нагрузки. Минимизируя (6) по n^2 , найдём

$$n_{\text{сб}} = \sqrt{1 + 8m^2 (1 + 2m^2) / 3} / (1 + k^2).$$

Подставляя $n_{\text{кр}}$ в (6) и минимизируя полученное выражение по параметру k , находим

$$k_{\text{сб}} = \left(\frac{2,73m^2 - 0,318}{4,73m^2 + 1,18} \right)^{1/2}.$$

Тогда окончательное выражение для критического параметра нагрузки примет вид

$$\lambda = 8m \left[6m^2 + \sqrt{48 \sqrt{(m^2 + 0,25)^2 - 0,125}} \right]^{1/2} / 3.$$

При больших β ($m^2 + 0,25)^2 \gg 0,125$, $m^2 \gg 0,25$ и

$$S_{\text{сб}} = 9,6m^2 D / R_2^2 \approx 9,6\pi^2 D / (R_2 - R_1)^2.$$

В этом случае $k_{\text{кр}} \approx 0,76$ ($\alpha = 37^\circ$), $n = 1,212m$, а длина полуволн $l \approx 0,825(R_2 - R_1)$.

При больших β кольцевую пластину можно рассматривать как полосу бесконечной длины с шириной $b \approx (R_2 - R_1)$. Рассматривая защемлённую по краям полосу бесконечной длины, Саутвелл получил [3]

$$S_{\text{сб}} = 8,98\pi^2 D / b^2, \quad l = 0,8b.$$

Близость полученных результатов свидетельствует о достаточной точности применяемого метода решения задачи.

Пусть теперь внутренний край пластины защемлен, а наружный свободен. Прогиб аппроксимируем выражением:

$$\omega_1 = A(1 - \cos m_1 z) \cos n y. \quad (8)$$

В этом случае уравнение для определения критической нагрузки имеет следующий вид:

$$\lambda = \left[n^2 (1 + k^2) / 2 + (m^4 + 2m^2 + 3) / 6n^2 + m^2 (3k^2 - 1) / 3 + k^2 - 1 \right] / k. \quad (9)$$

Минимизируя λ по k , получаем

$$\lambda = n^2 (k^4 + 6k^2 p + 3q) / 2k, \quad (10)$$

где k определяется выражением (7), а

$$p = (m^2 + 1 + n^2) / 3n^2;$$

$$q = \left[(m^4 + 2m^2 + 3) / n^2 + 2m^2 + 3n^2 - 6 \right] / 9n^2.$$

Наименьшие значения критического параметра нагрузки и соответствующие им значения n и k также приведены в таблице.

При больших β получаем

$$k = 0,76 (\alpha = 37^\circ), \quad n = 0,605m, \quad l = 1,65(R_2 - R_1);$$

$$S_{\text{сб}} \approx 2,4\pi^2 D / (R_2 - R_1)^2.$$

Таковыми же будут критические нагрузки и формы потери устойчивости бесконечной полосы, защемленной по одному краю, со свободным другим краем при чистом сдвиге.

НАИМЕНЬШИЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА НАГРУЗКИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИМ ПАРАМЕТРЫ ФОРМ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ

β	Защемление контуров			Шарнирное опирание			Защемление свободно		
	n	k	λ	n	k	λ	n	k	λ
0,1	2	0,664	18,34	2	0,602	9,92	1	0,64	5,5
0,2	3	0,66	36,75	2	0,639	17,81	2	0,556	11,0
0,3	4	0,672	66,3	2	0,735	31,34	2	0,64	17,3
0,4	5	0,682	111,5	3	0,685	52,0	2	0,76	29,2
0,5	6	0,718	183,0	4	0,681	89,06	3	0,71	50,6
0,6	8	0,73	365	5	0,709	166,8	4	0,746	95,7

0,7	11	0,75	735	7	0,713	334,6	6	0,71	188
-----	----	------	-----	---	-------	-------	---	------	-----

Очень легко получить решение и для шарнирно опертой по краям пластины. В этом случае функцию прогиба представляем в виде:

$$\omega_1 = A \sin m_1 z \cos ny.$$

Тогда критический параметр нагрузки определяется выражением

$$\lambda = 3n^2 (q + k^2 p + k^4 / 3) / 2k, \quad (11)$$

где k определяется формулой (7), а

$$p = (n^2 + 3m^2 + 1) / 3n^2;$$

$$q = \left[(m^2 + 1) / n^2 + 2m^2 - 2 + n^2 \right] / 3n^2.$$

Наименьшие значения критического параметра нагрузки и соответствующие им значения n и k даны в таблице.

При больших β получаем

$$k = 0,709 (\alpha = 35^\circ), \quad n = m / 1,22, \quad l = 1,22(R_2 - R_1);$$

$$S_{\text{сб}} \approx 5,64\pi^2 D / (R_2 - R_1)^2.$$

Для шарнирно опертой полосы при сдвиге энергетическим методом С.П. Тимошенко [4] получил

$$S_{\text{сб}} = 5,7\pi^2 D / b^2,$$

что отличается от нашего результата только на 1%.

Впрочем, в этом случае для полосы имеется и точное решение, согласно которому формы потери устойчивости совпадают полностью, а

$$S_{\text{сб}} = 5,35\pi^2 D / b^2.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. М.: Машиностроение, 1978. 312 с.
2. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. Киев: Будівельник, 1973. 468 с.
3. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. М.: Наука, 1967. 984 с.
4. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек. М.: Наука, 1971. 807 с.

УДК (519.9+518.5):532.54

*Н.И. КАРАСЕВ
Н.И. ТОМИЛОВА*

Математическая модель узловых напоров для задач потокораспределения в теплоснабжающих системах мегаполисов

Метод узловых давлений (МД), развитый в теории гидравлических цепей [1], обобщает метод узловых потенциалов из теории электрических цепей, сочетая преобразования Максвелла к узловым напорам с методом Ньютона, и базируется на процедуре линеаризации системы уравнений материального баланса в узлах с замыкающими соотношениями, описывающими стационарное изотермическое течение жидкости на пассивных и активных ветвях гидравлических цепей теплоснабжающих систем (ТСС). На основе исследований, выполненных в [1], сделан вывод о большем быстродействии и лучшей сходимости метода контурных расходов (МКР) по сравнению с МД, что на многие годы исключило попытки привлечения МД для конструирования автоматизированных решателей задач потокораспределения для информационных технологий, обеспечивающих разработку теплогидравлических режимов ТСС.

Однако в задачах машинного анализа сложных электрических цепей метод узловых потенциалов получил преимущественное развитие из-за большей

вычислительной эффективности. Именно это обстоятельство побудило нас обратить внимание на другой подход к формированию системы уравнений узловых напоров для сложных гидравлических цепей, который опирается на инверсные характеристики пассивных и активных элементов трубопроводных сетей, замыкающих системы уравнений стационарного изотермического режима ТСС. Вычислительная эффективность этого подхода, как показали последующие исследования его программной реализации на реальных гидравлических цепях большой размерности [2], намного превосходит показатели эффективности метода МД, описанного в [1]. Модель стационарного гидравлического режима большой теплоснабжающей системы (ТСС) может быть выражена следующей нелинейной системой уравнений, записанной относительно узловых напоров исходя из закона о материальном балансе в линейно-независимых узлах гидравлической цепи

$$f_j(h_1, h_2, \dots, h_{m-1}) = \sum_{i=1}^n a_{ji} q_i (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k) - Q_j = 0, \quad (1)$$

$$\forall j = \overline{1, m-1},$$

$$\sum_{j=1}^m Q_j = 0,$$

где h_i, q_i, Q_j — соответственно, напор в i -м узле, расход на i -м участке, узловой расход в j -м узле; a_{ji}, n, m — соответственно, элемент матрицы соединений, число участков и узлов в гидравлической цепи.

$$q_i (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k) = \begin{cases} R_{0i} + R_{1i} (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k) + R_{2i} (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k)^2, \\ \forall i = \overline{1, n_1}, \\ \text{Sgn}(\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k) \left[\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k / r_i \right]^{1/\alpha_i}, \\ \forall i = \overline{n_1+1, n}, \end{cases} \quad (2)$$

где $R_{0i}, R_{1i}, R_{2i}, n_1, r_i, \mu_i$ — соответственно, параметры энергетической характеристики i -го насосного агрегата, число насосных агрегатов, гидравлическое сопротивление i -го участка и признак принадлежности участка к активной либо пассивной ветви цепи.

Если предположить существование решения $h^* = (h_1^*, h_2^*, \dots, h_{m-1}^*)$ векторного уравнения узловых напоров $f(h) = 0$ и заменить в нём $h^* = h^0 + \delta h$, где $h^0 = (h_1^0, h_2^0, \dots, h_{m-1}^0)$ — некоторое начальное приближение к решению h^* , то после разложения векторного уравнения $f(h^0 + \delta h) = 0$ в двучленный ряд Тейлора по степеням малых приращений напоров в узлах δh получим векторное уравнение

$$f(h^0 + \delta h) = f(h^0) + f'(h^0) \delta h + O(\delta h^2), \quad (3)$$

покоординатная запись которого приводит к следующей системе линейных алгебраических уравнений относительно малых приращений напоров в линейно-независимых узлах:

$$\begin{cases} \frac{\partial f_1(h^0)}{\partial h_1} \delta h_1 + \frac{\partial f_1(h^0)}{\partial h_2} \delta h_2 + \dots + \frac{\partial f_1(h^0)}{\partial h_{m-1}} \delta h_{m-1} = -f_1(h^0), \\ \frac{\partial f_2(h^0)}{\partial h_1} \delta h_1 + \frac{\partial f_2(h^0)}{\partial h_2} \delta h_2 + \dots + \frac{\partial f_2(h^0)}{\partial h_{m-1}} \delta h_{m-1} = -f_2(h^0), \\ \frac{\partial f_{m-1}(h^0)}{\partial h_1} \delta h_1 + \frac{\partial f_{m-1}(h^0)}{\partial h_2} \delta h_2 + \dots + \frac{\partial f_{m-1}(h^0)}{\partial h_{m-1}} \delta h_{m-1} = -f_{m-1}(h^0), \end{cases} \quad (4)$$

где коэффициенты $\frac{\partial f_i(h^0)}{\partial h_j} (i, j = \overline{1, m-1})$ при δh_i есть

элементы матрицы Якоби для нелинейной вектор-функции $f(h)$, вычисляемые в точке h^0 .

Решая линейную систему (4) относительно приращений или поправок $\delta h_j, \forall j = \overline{1, m-1}$, получим лишь их приближённые значения δh_j^0 , с помощью которых можно улучшить исходные значения всех напоров в узлах. Представленные рассуждения привели к известному итерационному методу

Ньютона — в данном случае для системы нелинейных уравнений узловых напоров. Элементы Якобиана для линеаризованной системы уравнений узловых напоров могут быть выражены посредством следующих соотношений:

$$\frac{\partial f_j(h^l)}{\partial h_t} = \sum_{i=1}^n a_{ji} q_i (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l) a_{it}^T \mu_i, \quad j, t = \overline{1, m-1}; \quad (5)$$

$$q_i (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l) = \frac{1}{r_i \alpha_i} \text{Sgn}(\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l) \text{Sgn}(\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l) \times \left(\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l / r_i \right)^{\frac{1}{\alpha_i}-1} = \frac{1}{r_i \alpha_i} \left(\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l / r_i \right)^{\frac{1}{\alpha_i}-1}, \quad (6)$$

$$\forall i = \overline{n_1+1, n}$$

$$q_i (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l) = \text{Sgn}(\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l) (R_{1i} + 2R_{2i} (\mu_i \sum_{k=1}^m a_{ik}^T h_k^l)), \quad (7)$$

$$\forall i = \overline{1, n_1}.$$

Введем векторно-матричные обозначения для линеаризованной системы узловых напоров и получим компактные соотношения для диагональных и недиагональных элементов Якобиана

$$D \delta H = F, \quad (8)$$

где $\delta H = [\delta h_1, \delta h_2, \dots, \delta h_{m-1}]^T$ — вектор поправок узловых напоров;

$F = [-f_1(h^l), -f_2(h^l), \dots, -f_{m-1}(h^l)]^T$ — вектор правых частей;

$$D = \{d_{jt}\}_{(m-1) \times (m-1)}, \quad d_{jt} = \frac{\partial f_j(h^l)}{\partial h_t}, \quad j, t = \overline{1, m-1}.$$

Якобиан вектор-функции узловых напоров.

Для пассивных элементов диагональный элемент Якобиана вычисляется из следующего соотношения:

$$d_{jj} = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{1}{\alpha_i} |\Delta h_i^l|^{\frac{1}{\alpha_i}-1} r_i^{-\frac{1}{\alpha_i}},$$

$$\text{а для активных ветвей } d_{jj} = -\sum_{i=1}^{n_j} [R_{1i} + 2R_{2i} \Delta h_i^l].$$

В самом общем случае диагональные элементы определяются следующим образом:

$$d_{jj} = \sum_{i=1}^{n_j^1} \frac{1}{\alpha_i} |\Delta h_i^l|^{\frac{1}{\alpha_i}-1} r_i^{-\frac{1}{\alpha_i}} - \sum_{i=1}^{n_j^2} [R_{1i} + 2R_{2i} \Delta h_i^l], \quad (9)$$

$$\forall j = \overline{1, m-1}.$$

Как известно, режимы движения энергоносителя в реальных тепловых сетях характеризуются квадратичным законом потерь, а поэтому $\alpha_i = 2, \forall i = \overline{1, n}$

$$\text{и } d_{jj} = \sum_{i=1}^{n_j^1} \frac{1}{2 \sqrt{|\Delta h_i^l|} \cdot r_i} - \sum_{i=1}^{n_j^2} [R_{1i} + 2R_{2i} (\Delta h_i^l)]. \quad (10)$$

Недиагональные элементы матрицы D могут получать числовые значения из следующих соотношений. Если узлы j и t связаны i -м пассивным элементом, то

$$d_{jt} = \frac{\partial f_j(h)}{\partial h_t} = -\frac{1}{\alpha_i} |\Delta h_i|^{(\frac{1}{\alpha_i}-1)} \cdot r_i^{-\frac{1}{\alpha_i}},$$

$$\forall i = \overline{n1+1, n}, j, t = \overline{1, m-1}, j \neq t.$$

Для тепловых сетей $\alpha_i = 2$ для $\forall i = \overline{n1+1, n}$, а поэтому

$$d_{jt} = \frac{\partial f_j(h)}{\partial h_t} = -\frac{1}{2\sqrt{|\Delta h_i|} \cdot r_i}, j, t = \overline{1, m-1}, j \neq t, i = \overline{n1+1, n}. \quad (11)$$

Если узлы j и t связаны активным i -м элементом, то

$$d_{jt} = \frac{\partial f_j(h)}{\partial h_t} = R_{ji} + 2R_{2i}(\Delta h_i), j, t = \overline{1, m-1}; j \neq t; i = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Следующие свойства матрицы коэффициентов D в линеаризованной системе уравнений узловых напоров позволяют выбрать эффективные методы решения большеразмерных линейных систем:

- матрица D является симметрической, так как для

неё справедливы отношения $\frac{\partial f_j(h)}{\partial h_t} = \frac{\partial f_t(h)}{\partial h_j}$ или

$d_{jt} = d_{ij}$. Настоящее свойство объективно обеспечено топологией технологической структуры теплоснабжающих систем, в которых каждая ветвь соединена парой узлов, а поэтому при табличном представлении структуры сети тождественность элементов, симметрично расположенных относительно главной диагонали, неизбежна;

- для всех узлов трубопроводной сети, непосредственно не связанных с опорным узлом, обеспечено строгое равенство диагональных элементов сумме (по модулю) остальных элементов в соответствующей строке матрицы D , как это следует из полученных соотношений (11)-(12);

- в реальных технологических схемах ТСС с одним независимым узлом могут быть связаны две-пять ветвей, а поэтому матрица D имеет много незаполненных элементов, т.е. относится к классу слабо заполненных матриц, а линеаризованная система $D\delta H = F$ — к классу больших разреженных систем уравнений. Для ТСС любой технологической схемы заполненность матрицы D является своеобразной *структурной константой*, так как зависит только от числа узлов, ветвей и их соединений. Свойство слабой заполненности матрицы D определяет необходимость применения специальных методов нахождения корней линеаризованной системы $D\delta H = F$, исключающих операции с нулевыми элементами;

- система линеаризованных уравнений узловых напоров $D\delta H = F$ хорошо обусловлена, так как приведенные выше свойства матрицы D для реальных сетей с физически правдоподобными значениями параметров элементов обеспечивают выполнимость условия существования и единственности решения $\det D \neq 0$.

Однако тщательные исследования алгоритмов прямых методов на базе гауссовских исключений с эффективными процедурами учета заполненности

матрицы коэффициентов сделали эти методы более предпочтительными по сравнению с итеративными [3-4]. В этой связи однозначно решается вопрос выбора численного метода для решения большеразмерной системы линеаризованных уравнений узловых напоров — это эффективные алгоритмы метода исключения Гаусса с эффективными методами порядка исключения неизвестных. Реализация этих алгоритмов связана с использованием сложных схем хранения и доступа к данным в памяти реализующей вычислительной системы, а поэтому эффективность алгоритмов для разреженных матриц более чем в какой-либо другой области вычислений зависит от качества их машинной реализации.

Ньютоновский процесс сходится со скоростью квадратичной сходимости в малой окрестности корня $h^* + \delta h$ нелинейной системы уравнений узловых напоров (1) при условии $\det \left[\frac{\partial f(h)}{\partial h} \right] \neq 0$. Последнее

условие есть не что иное, как условие хорошей обусловленности линеаризованной системы уравнений узловых напоров, которое выполнимо всегда при соответствующем выборе начального приближения.

Достаточно эффективным критерием завершения итерационного процесса Ньютона для систем уравнений общего вида является условие $\|h' - h^{l+1}\| \leq \varepsilon$. Действительно, вблизи корня ньютоновские итерации сходятся квадратично, а поэтому, если этот критерий выполнен, то $\|h^{l+1} - h^*\| \approx \varepsilon^2 \ll \varepsilon$. Выбирая $\varepsilon \approx 10^{-5} - 10^{-6}$, можно получить решение с не менее чем десятком значащих цифр в среде машинной арифметики двойной точности. Однако исходя из необходимости обеспечения равномерного приближения к решению по множеству узлов, достаточно эффективным условием выхода из ньютоновского итерационного процесса для систем нелинейных уравнений узловых напоров оказывается критерий

$$\left| \max_j f_j(h^l) \right| \leq E_1, j = \overline{1, m-1}, l = 0, 1, 2, \dots, l, l+1, \quad (13)$$

где E_1 — заданная допустимая максимальная невязка материального баланса по множеству линейно-независимых узлов моделируемой ТСС.

Удачное завершение ньютоновского итерационного процесса приводит к решению задачи определения напоров в узлах ТСС, т.е. к нахождению значений всех компонентов векторов $(h^*, \Delta h^*, P^*)$.

Тогда решение задачи о потокораспределении на всех активных и пассивных ветвях ТСС сводится к вычислению компонентов вектора расходов с помощью следующих инверсных (расходно-напорных) характеристик:

$$q_i^* = \text{Sgn}(\Delta h_i^*) \sqrt{|\Delta h_i^*| / r_i}, \forall i = \overline{n1+1, n};$$

$$q_i^* = R_{0i} + R_{1i} \Delta h_i^* + R_{2i} (\Delta h_i^*)^2, \forall i = \overline{1, n1}. \quad (14)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. М.: Наука, 1985. 277 с.
2. Карасев Н.И. и др. Моделирование установившихся гидравлических режимов больших теплоснабжающих систем с дроссельным управлением // Электронное моделирование. 1990. №1. С. 72-76.
3. Влах И., Сингхал К. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 560 с.
4. Джордж А., Лю Дж. Численное решение больших разряженных систем уравнений / Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 333 с.

УДК 621.0892

Т.Л. ТЕН

Физические измерения и их термодинамические модели

Исследование основной проблемы термодинамики информационных процессов — установление предельных соотношений между важнейшими термодинамическими и информационными характеристиками — естественно начать с первичного информационного процесса — измерения. Именно измерение является главным источником получения количественной информации о явлениях и объектах материального мира (как природных, так и технических). Для дальнейшего существенно, что никакое управление немыслимо без измерения и любая система (любой процесс) управления обязательно содержит в себе измерительный элемент (этап).

Для термодинамического рассмотрения процесса измерения представляется целесообразным [1] выделить три стороны проблемы:

- связано ли получение информации с уменьшением статистической энтропии системы (с негэнтропийным эффектом) и какова эта связь;
- каково компенсирующее этот негэнтропийный эффект увеличение энтропии в системе за счет диссипации энергии (и какова диссипация энергии, если негэнтропийный эффект отсутствует);
- за счет чего удается после измерения обеспечить дополнительный негэнтропийный эффект в другой подсистеме посредством управляющего воздействия.

В зависимости от ответа на третий и связанный с ним первый вопросы мы будем различать два вида измерения: активное и пассивное. Основным признаком классификации является, соответственно, возможность (или невозможность) непосредственного использования результата измерения в качестве управляющего воздействия. Возможность непосредственного использования результата измерения для управления в активном измерении обеспечивается тем, что и сам результат измерения, и измеряемый параметр представлены активно: в виде скалярной физической величины; для пассивного измерения такие ограничения не требуются. Кроме того, следствием данной классификации является то, что, как будет показано ниже, активное измерение непременно связано с негэнтропийным эффектом, а пассивное — нет.

Под измерением обычно понимается любой процесс однозначного преобразования измеряемой физической величины в некоторую другую физическую величину, называемую регистрирующим параметром.

Так как активное измерение непременно предшествует управлению, представим его как термодинамический процесс перехода системы из

одного равновесного состояния в другое. Будем предполагать, что:

1) измеряемая физическая величина является внутренним параметром (обобщенной координатой или обобщенной силой) исследуемой системы;

2) в качестве регистрирующего параметра выбрана скалярная физическая величина, которая характеризует состояние измерительного прибора (ИП) — является его обобщенной координатой и потому допускает ее использование в качестве управляющего параметра;

3) в процессе взаимодействия ИС с ИП (т.е. в процессе измерения) устанавливается новое стационарное значение регистрирующего параметра, однозначно связанное с измеряемой величиной.

Для реализации активного измерения достаточно ограничиться одним этапом преобразования, т.е. одним актом элементарного информационного взаимодействия ИС с ИП, когда:

а) измеряемая величина удовлетворяет условию 1) и притом является обобщенной силой;

б) она может быть непосредственно преобразована в регистрирующий параметр, удовлетворяющий условиям 2), 3).

В общем случае это не так, и для измерения может использоваться длинная цепь последовательных преобразований (см., например, [2]). Представляется, однако, что для выяснения общих термодинамических закономерностей достаточно рассмотреть цепочку из пяти этапов (преобразований):

$$l \rightarrow \lambda \rightarrow q \rightarrow F \rightarrow y \rightarrow x. \quad (1)$$

Здесь q — обобщенная координата, F — обобщенная сила, а x — регистрирующий параметр. Таким образом, конечная часть цепочки (1) — от q до x — соответствует, согласно предыдущему, активному измерению.

Если, например, измеряемый параметр — давление газа, т.е. обобщенная сила F , то, согласно а), б), как легко видеть, достаточно ограничиться одним актом элементарного информационного взаимодействия ($F \rightarrow x$, где x — например, перемещение сжимаемой газом пружины). Для этого достаточно соединить резервуар исследуемого газа с прибором в виде небольшого цилиндра с поршнем, сжимающим пружину.

Если же измеряемый параметр — объем газа (обобщенная координата q , соответствующая положению поршня в исследуемом цилиндре), то требуется датчик для преобразования q в обобщенную силу F . Например, это может быть потенциометрический датчик. Существенно, что

любой такой датчик должен включать в себя источник энергии. Если в первом случае (при измерении давления) источником свободной энергии, обеспечивающей взаимодействие ИС с ИП, была сама ИС, то во втором случае (при измерении объема) — ИС вместе с датчиком, включающим в себя источник энергии, например, электрической.

Действие обобщенной силы F на ИП, приводящее к соответствующему изменению координаты x , не всегда может реализоваться непосредственно. Например, если F — измеряемое напряжение в исследуемой электрической цепи, а x — угол поворота стрелки с пружиной, то y — установившееся в процессе измерения значение тока, или заряда, или напряжения в цепи прибора, непосредственно действующее на стрелку. Параметр y и устройство, реализующее этап $F \rightarrow y$ (1), будем называть согласующим.

Таким образом, для термодинамического анализа активного измерения в общем случае следует несколько усложнить модель элементарного информационного взаимодействия, включив в нее согласующий элемент (с непосредственно измеряемым параметром y).

На основании сказанного можно конкретизировать модель активного измерения следующим образом.

Всякое активное физическое измерение связано со взаимодействием двух систем — исследуемой и измерительного прибора — таким, что происходит обмен энергией между ИС и ИП, вследствие чего изменяется значение параметра x регистрирующего устройства измерительного прибора. Диссипативные процессы, связанные с энергетическим обменом между ИС и ИП, являются единственной возможной причиной необратимости физического измерения.

Предполагается, что ИС и ИП помещены в термостат с температурой T . Тепловые флуктуации параметров F , y и x являются единственной неустранимой причиной погрешности измерения. Измерение построено на том, что имеется однозначное соответствие между средними (по реализации флуктуации) значениями F , y , x , и по значению x судят об измеряемой величине F . Предполагается линейная связь между F , y , x .

Сказанное до сих пор относится к активному измерению.

Видно, что для термодинамических характеристик активного измерения существенна только классическая (макроскопическая) часть измерительного прибора.

Могут быть, однако, многочисленные ситуации, когда измеряемый параметр l (классический или квантовый) не удовлетворяет условию 1) и поэтому должен быть преобразован в физическую величину, удовлетворяющую условию 1). На пути этого преобразования часто (явно или неявно) присутствует промежуточный этап, на котором l оставляет след λ (1) в некотором закодированном виде. Поясним сказанное на примерах возможных пар $l - \lambda$:

- частота обнаруживаемого сигнала — положение (или номер) перестраиваемого резонатора приемника;

- дальность до объекта — временной интервал, отмеченный зондирующим и отраженным импульсами;

- угол, под которым виден излучающий (или отражающий) объект, — угол поворота антенны приемника (или ее номер, если используется многоканальная схема);

- разность фаз или скорости двух электромагнитных сигналов — интерференционная картина в месте их встречи и т.п.

Видно, что след λ представляет собой позиционный код измеряемой величины и явно присутствует при таких измерениях, когда предполагается наличие наблюдателя. Поэтому часто λ принимается в качестве окончательного результата измерения, как это следует из приведенных примеров.

Таким образом, начальная часть цепочки (1) $l \rightarrow \lambda$ схематически изображает пассивное измерение.

Для преобразования λ к F недостаточно использовать датчик типа, описанного выше в преобразовании $q \rightarrow F$ (например, потенциометрический датчик). Необходимо еще предварительно преобразовать отрезок длины (или времени) в обобщенную координату — скалярную физическую величину.

Ранее этап преобразования $l \rightarrow \lambda$ на схеме (1) реализовался человеком-оператором — путем последовательного совмещения некоторого считывающего механизма с началом и концом отрезка (так называемый полуавтоматический съем данных). Мы рассматриваем лишь физические системы, поскольку описание действий человека как физической системы затруднительно. Кроме того, в современных автоматических системах реализуется автоматический съем данных, который, как правило, бывает связан с процессом обнаружения. Разность моментов обнаружения пробного зондирующего сигнала, отраженного от начала и конца отрезка, пропорциональна его длине.

Таким образом, пассивное измерение либо прямо сводится к процессу обнаружения (первые три примера пар $l - \lambda$, приведенные выше), либо требует применения этапа обнаружения для считывания пассивного результата измерения.

Поэтому в качестве модели пассивного измерения принимается в дальнейшем процесс обнаружения.

Опишем здесь кратко *термодинамическую модель* процесса обнаружения. Всюду в дальнейшем будем исследовать согласованный приемник, когда его постоянная времени τ совпадает с длительностью $\hat{\tau}$ сигнала. В согласованном приемнике $\Delta\nu = 1/\tau$ — эффективная полоса пропускания и одновременно эффективная ширина спектра сигнала. Такой приемник представляет собой колебательную систему с одной степенью свободы, т.е. подобен осциллятору.

Будем всюду предполагать, что этот приемник помещен в термостат с температурой T . Тогда его средняя энергия в равновесии равна T . При появлении на его входе сигнала энергия последнего поглощается приемником и затем диссипируется в термостате. Однако до того как рассеяться, сигнал наводит в приемнике ток и эдс, которые вызывают срабатывание некоторой схемы, выдающей стандартный выходной

сигнал, означающий, что обнаружение на данном отрезке времени длительности τ произошло.

Среднеквадратическое значение флуктуации энергии классического осциллятора равно его средней энергии T . Поэтому приемник нельзя рассчитывать на прием сколь угодно малого сигнала, так как он тогда будет непрерывно срабатывать от флуктуации, т.е. от теплового шума. Для уменьшения этих ложных срабатываний (ложных тревог) устанавливается некоторый порог, превышающий (как правило, в несколько раз) значение среднеквадратической флуктуации энергии (а значит, и среднее значение энергии) T . Чем выше порог, тем меньше вероятность ложных тревог ω_- (или ошибки 1-го рода), но и тем выше требования к энергии сигнала, так как обнаружение состоится при превышении порогового уровня E_n энергией сигнала (на входе приемника) E_c .

Кроме того, за счет флуктуации энергии шума в смеси сигнала с шумом оказывается необходимым не просто превысить пороговое значение E_n , но и обеспечить запас энергии. Чем выше этот запас ($E_0/E_n > 1$), тем ниже вероятность ω_+ необнаружения (ошибки второго рода).

Рост энтропии термостата при обнаружении $\Delta S_T = E_c/T$. Выяснение связей между диссипируемой энергией (т.е. энергией сигнала E_c на входе приемника) и информационными характеристиками процесса обнаружения является основной задачей анализа модели пассивного измерения. Требование к надежности обнаружения (величине, обратной вероятностям ошибок ω_- или ω_+) оказывается

возможным связать с необходимым значением точности определения I и F (см. (1)). Само измерение F происходит на втором этапе и является активным измерением.

Обратим внимание на то, что следует отличать описанный только что процесс пассивного измерения от процесса фиксации (запоминания) результата активного измерения в пассивном виде. Этап пассивного измерения предшествует этапу активного измерения: управляющий сигнал непосредственно следует за измерительным (регистрирующим), а управляющее устройство находится в непосредственном контакте с измерительным.

Если же управляющее устройство удалено от измерительного во времени или в пространстве, то результат измерения требуется либо напомнить, либо передать по линии связи, либо ввести в машину для его обработки. Во всех этих случаях следует преобразовать регистрирующий параметр к виду, удобному для запоминания или счета, или энергетически выгодному для передачи. Это означает переход из аналоговой в цифровую форму. Цифровая форма представления числа (позиционный код), по приведенной классификации, является пассивной, так как не может быть непосредственно (без преобразования вновь в аналоговый сигнал) использована для управления.

Таким образом, активный сигнал является всегда аналоговым — скалярной физической величиной, а пассивный может быть в виде любого позиционного кода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем. М.: Интернет университет, 2005.
2. Информационно-измерительная техника и технологии / Под ред. Г.Г. Раннеева. М.: Высш. шк., 2002.

УДК 338.31:622.324.5

Ю.П. ХАРЬКОВСКИЙ
В.М. ХАРЬКОВСКАЯ

Экономическая эффективность использования газа метана в промышленных и бытовых целях

Карагандинский угольный бассейн располагает огромными запасами каменного и бурого углей, исчисляемыми десятками миллиардов тонн. Однако в связи с переходом на рыночные отношения на шахтах бассейна резко упала добыча угля до 8-10 млн. тонн в год. Из 26 шахт в эксплуатации осталось 8. Остальные из-за нецелесообразности эксплуатации в рыночных условиях были ликвидированы. Высокая себестоимость, значительные объемы инвестиций сделали добычу на большей части действующих шахт не рентабельной. Брошенные запасы закрытых и закрываемых шахт насчитывают сотни миллионов тонн не востребованного угля. В этих условиях актуальной становится проблема создания и применения альтернативных способов добычи углеводородных ресурсов на ликвидированных шахтах. Одним из таких способов является использование шахтного газа метана в промышленных и бытовых целях.

Большинство каменноугольных месторождений Казахстана являются газозольными. Метаносность таких высокометаморфизированных угольных пластов возрастает с увеличением глубины их залегания и достигает 40-50 м³/т. Сорбированный метан угленосной толщи, а также метан свободных скоплений, с одной стороны, является источником взрывов в угольных шахтах, приводящих к жестким авариям и гибели шахтеров, а с другой стороны, является источником ценного газообразного энергоносителя.

Карагандинский угольный бассейн является наиболее газоносным среди угольных бассейнов и месторождений бывшего СССР. Газы угольных пластов содержат метан, углекислый газ, азот, сероводород, водород и тяжелые углеводороды. Наибольшей газоносностью отличаются пласты ашляринской и карагандинской свит. На глубинах порядка 400 м в Карагандинском районе в основных пластах карагандинской свиты количество газа

достигает 22-25 м³/т, повышаясь в Шерубайнуринском районе до 25-27 м³/т.

На глубине 600 м газоносность составляет: в Карагандинском районе — 10-15 м³/т; в Тентекском и Шерубайнуринском районах — 22-24 м³/т.

С повышением степени метаморфизма от долинской свиты (газовые угли) к ашляринской газоносность пластов возрастает. Например, в Карагандинском районе от 10-15 м³/т до 25-30 м³/т, или в 1,2-1,5 раза.

В отработанных шахтных полях, в толще обрушенных и разгруженных спутников и вмещающих пород закрытых и ликвидированных шахт содержание метана достигает 70-90%, а запасы составляют более одного млрд. м³.

В Карагандинском бассейне практически не имеется опыта использования метана, за исключением отдельных действующих шахт в качестве топлива в шахтных котельных, при условии концентрации его в метановоздушной смеси порядка 20-25%.

Соответствующими институтами было изучено и другое направление использования метана — криогенная технология, в основе которой лежит разная температура перехода газовых компонентов метановоздушной смеси в жидкое состояние. Преимущества этой технологии заключаются в следующем. Создана и существует целая отрасль криогенной технологии (в частности, завод «Криогенмаш»), которая выпускает основные компоненты требуемого технологического оборудования. Технология криогенного разделения газовых смесей промышленно освоена и не требует экспериментов.

По этой технологии имеется возможность одновременно с получением чистого жидкого метана получить жидкий азот и жидкий кислород. Жидкий азот в нашем регионе может использоваться при локализации и тушении очагов эндогенных пожаров в шахтах и рудниках, а кислород также найдет применение для нужд потребителей.

В Карагандинском угольном бассейне в последние годы проводятся наблюдения за характером газовыделения из отдельных скважин, в свое время пробуренных для отсоса газа из выработанного пространства действующих лав с помощью вакуумных установок. Величина газовыделения из этих скважин, как правило, колеблется в больших пределах. Концентрация газа обычно относительно невысокая и составляет 10-45%. Содержание метана зависит от колебания

атмосферного давления. При повышении атмосферного давления воздух по скважине идет в отработанное пространство, разбавляя в нем метан. При понижении атмосферного давления газ дренирует на дневную поверхность, но уже с пониженным содержанием метана.

С целью исключения поступления атмосферного воздуха в отработанное пространство в период повышения атмосферного давления институтом ДГП КазНИИБГП разработано и испытано перекрывающее клапанное устройство. С помощью указанного устройства, установленного на скважинах, получено повышение концентрации метана до 70-80%.

Измерения количества дренируемого газа показывают, что из ликвидированных шахт бассейна можно добывать метан с содержанием его до 70-90% в количестве не менее 10 м³/мин только с трех ликвидированных шахт, в том числе: шахта им. 50-летия Октябрьской Революции — 6 м³/мин; «Майкудукская» — 2 м³/мин; «Северная» — 2 м³/мин с суммарным годовым дебитом 5 млн. м³.

Таким образом, с установкой клапанных устройств представляется возможность значительно повысить содержание метана, благодаря чему появилась перспектива добычи кондиционного газа для последующего его использования. В рамках выполнения программы «Метан-2004» разработана технология добычи метана с последующей закачкой его в баллоны.

Закачку метана производят с помощью специальных компрессоров под давлением 200-250 кгс/см² для дальнейшего использования в промышленных и бытовых целях в сжиженном виде.

Основные направления использования газа метана следующие:

1. В газообразном виде на шахтных котельных действующих шахт.

2. Использование газа — метана в сжиженном виде:

- для заправки автомобилей взамен бензина и пропанобутановой смеси;

- для бытовых нужд для снабжения газом населения (индивидуальное с помощью баллонов) и через газовые емкости, расположенные на внутридворовых площадках для коллективного пользования.

Расчет экономической эффективности использования шахтного газа метана взамен угля в котельных шахты приведен ниже.

РАСЧЕТ ЗАТРАТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГАЗА МЕТАНА В КОТЕЛЬНЫХ

I. Исходные данные

1. По центральному району через скважины можно получить 84,0 млн. м³ газа,

2. Расчетный расход газовой смеси для котла КВТС-10 при 30% концентрации составляет 3000 м³/час (проект котельной ш. И.А. Костенко) 1000 м³/час — газ, 2000 м³/час — воздух, тогда в сутки расход газа составляет 1000 м³ x 24 = 24000 м³, в год 24 000 x 30 x 12 = 8 640 000 м³,

3. Срок использования газа метана по центральному району — 84 000 000 : 864 000 = 9,7 лет.

II. Общие затраты суммы

2.1 Единовременные затраты	46 449,1 тыс. тенге
2.1.1. Проектные работы	1000,0 тыс. тенге
2.1.2. Переоборудование котла КВТС-10 для работы на газе (в ценах 1991 г. — 40,0 тыс. тенге)	4000,0 тыс. тенге
2.1.3. Строительство вакуумной и газораспределительной установки (в ценах 1991 г. — 300,0 тыс. тенге)	30 000,0 тыс. тенге

в т.ч. СМР — 220,0 т. тенге	22 000,0 тыс. тенге
оборудование 80,0 т. тенге	8000,0 тыс. тенге
2.1.4. Строительство газопровода от скважин до вакуумной	11 449,1 тыс. тенге
- укладка труб (7 км Ø250)	676,1 тыс. тенге
- стоимость труб	10 773,0 тыс. тенге
2.2 Текущие затраты (при эксплуатации)	381,3 тыс. тенге
2.2.1. Обслуживание вакуумной	77,3 тыс. тенге
8 х 6733 = 53,9 тыс. тенге (рабочие)	
1 х 23 400 = 23,4 тыс. тенге (ИТР)	
2.2.2. Электроэнергия	304,0 тыс. тенге
2 насоса х 100 кВт/час=200 кВт/час	
200 х 24 х 30 = 144 000 кВт/месяц	
стоимость 1 кВт/час — 2 тенге	
144 000 х 2 х 1,16 = 304 000 тенге	

3. Всего по общим затратам	90 832,4 тыс. тенге
-----------------------------------	----------------------------

$$46\,449,1 + (381,3 \times 12 \times 9,7 \text{ лет}) = 90\,832,4 \text{ тыс. тенге}$$

III. Стоимость 1 м³ газа при условии окупаемости всех затрат за 9,7 лет составляет:

$$90\,832,4 : 84\,000,0 = 1,08 \text{ тенге за } 1 \text{ м}^3$$

IV. Для выяснения конкурентоспособности газа относительно угля проведены следующие сравнения:

Для получения одинаковой производительности при работе котла КВТС-10 на угле и газе (т.е. 10 тонн пара в час):

- расход угля составляет — 1100 кг/час;

- в сутки 1100 кг/час х 24 = 26,4 тонн

При стоимости угля 1550 тенге за тонну необходимые затраты по углю

$$26,4 \times 1550 = 40\,920 \text{ тенге};$$

- расход газа составляет — 1000 м³/час;

- в сутки 1000 м³ х 24 = 24 000 м³;

при той же цене 40920 тенге стоимость 1 м³ газа определяется:

$$40\,920 : 24\,000 = 1,7 \text{ тенге.}$$

Эффективность использования сжатого газа метана в качестве моторного топлива определена в сравнении с использованием традиционного моторного топлива (бензин всех марок, пропанобутановая смесь, солярка).

В результате экономического сравнения следует:

- использование газа метана в качестве моторного топлива для автомобилей в 4-5 раз дешевле бензина и солярки;

- использование газа метана в качестве моторного топлива взамен пропанобутановой смеси дешевле в 2-3 раза.

Эффективность использования сжатого газа метана для бытовых нужд определена в сравнении с использованием традиционной пропанобутановой смеси для этих же целей.

Индивидуальные баллонные установки применяют для снабжения газом многоквартирных или малоэтажных жилых домов, общественных помещений и т.п.

Газовые баллоны транспортируются потребителям с помощью специальных автомашин с загрузкой на них 48 баллонов по 50 л каждый. В каждом баллоне вмещается 10 м³ сжатого газа метана.

Стоимость добычи и использования метана с учетом его доставки потребителям составит около 20,0 тенге/м³.

Годовая чистая прибыль от использования сжиженного газа метана составит более 5,0 млн.тенге при суточной производительности оборудования АГНКС-75 — 9000 м³.

Эффективность капитальных вложений (ВНП) составит 16,8%, а срок окупаемости станции АГНКС-75 составит около 6 лет.

Таким образом, технико-экономические расчеты показали, что добыча и использование шахтного газа метана в качестве моторного топлива для автомобилей, а также для бытовых целей взамен традиционных энергоносителей являются экономически целесообразными мероприятиями в современных рыночных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет по работе «Программа метан» / ВТК. 2004.
2. Адилев К.Н., Новиков В.Я., Ахметбеков Ш.У. и др. Технические предложения по добыче и использованию углеводородных ресурсов. 1998.
3. Черненко Н.И., Шафир Г.С. Состояние и перспективы газификации углей: Обзор / ЦНИИЭИ уголь. М., 1982.

УДК 624.154.5:69.003.12

З.А. МУЛДАГАЛИЕВ

А.С. КАДЫРОВ

Б.К. КУРМАШЕВА

**Экономико-математическое моделирование
установления оптимальных показателей назначения
землеройных машин для строительства способом**

«стена в грунте»

Для выбора наиболее эффективного способа устройства набивных свай необходимо сравнивать все варианты производства свайных работ, возможные в данных условиях строительства. Однако в практике проектирования при сравнении вариантов, как правило, рассматривается не более трех технологических схем, что не позволяет учесть многие факторы, влияющие на строительство, и, следовательно, обеспечить наибольшую экономическую эффективность. Поэтому актуальной задачей является разработка методики выбора способа устройства свай.

Анализ решения аналогичных задач в других отраслях строительства [1, 2] показывает целесообразность использования экономико-математического моделирования. Основная сложность разработки экономико-математической модели (ЭММ) заключается в правильном выборе системы критериев оптимальности с условием, чтобы ЭММ отражала взаимосвязь перечисленных факторов.

Для оценки вариантов устройства набивных свай авторами была принята следующая система критериев: экономический эффект $\mathcal{E}$; приведенные затраты на объем строительства $P_{3,0}$; трудоемкость выполняемых работ T_3 . В этом случае ЭММ может быть представлена тремя целевыми функциями и имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{Y} = \sum_{\theta=1}^k \dot{Y}_{\theta} \rightarrow \max, \\ \ddot{I}_{\zeta i} = \sum_{i=1}^n \ddot{I}_{\zeta i} \rightarrow \min, \\ \dot{\mathcal{O}}_{\zeta} = \sum_{i=1}^n \dot{\mathcal{O}}_{\zeta i} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\theta}$ — экономический эффект от изменения θ -го организационно-технологического показателя;
 k — число показателей, влияющих на экономическую эффективность строительного процесса;

$P_{3,0i}$ — приведенные затраты на объем выполняемых работ i -й операции технологического процесса;

T_{3i} — трудоемкость работ i -й операции;

n — число операций в технологическом процессе.

Решение поставленной многокритериальной задачи выполнялось методом последовательной оптимизации в следующей последовательности. Методами математического анализа и дискретного программирования осуществлялась оптимизация функции приведенных затрат на объем выполняемых работ (комбинаторная задача). Затем определялись варианты, трудоемкость которых не превышает нормативной. По нормативному сроку строительства устанавливалось число параллельных потоков и оптимизировалась функция экономического эффекта.

Принятая методика исследования является результатом анализа наиболее обобщенного показателя, вошедшего в ЭММ, — экономического эффекта $\mathcal{E}$, который представляет собой совокупность

эффектов, полученных при изменении параметров технологического процесса. Для устройства набивных свай экономический эффект определяется

$$\dot{Y} = \left(\ddot{I}_{\zeta i \dot{y}} - \ddot{I}_{\zeta i \dot{n}} \right) + \dot{A}_i \ddot{N} (\dot{\mathcal{O}}_i - \dot{\mathcal{O}}_{\dot{n}}) + 0,005 k_i \ddot{N} \times \\ \times \left(1 - \frac{\dot{\mathcal{O}}_{\dot{n}}}{\dot{\mathcal{O}}_i} \right) + 0,6 (\dot{\mathcal{O}}_{\zeta j} - \dot{\mathcal{O}}_{\zeta \dot{n}}) + 0,15 (\mathcal{E}_{\dot{y}} - \mathcal{E}_{\dot{n}}), \quad (2)$$

где $P_{3,0\dot{y}}, T_{3\dot{y}}, P_{\dot{y}}$ — соответственно, приведенные затраты на объем строительных работ по устройству свайного фундамента, трудоемкость и заработная плата по эталонному варианту;

$P_{3,0cp}, T_{3cp}, P_{cp}$ — то же, по сравниваемому варианту;
 T_{cp}, T_n — соответственно фактический и нормативный сроки производства работ по устройству свайного фундамента;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

C — сметная стоимость фундамента;

k_n — норма накладных расходов;

0,005 и 0,6 — коэффициенты, определяющие условно-постоянную часть накладных расходов и условную экономию накладных расходов при снижении трудоемкости и 1 чел.-дн.;

0,15 — коэффициент, учитывающий экономию накладных расходов при снижении размера заработной платы.

Очевидно, что наибольший экономический эффект обеспечивается в том случае, когда приведенные затраты на объем работ, трудоемкость и срок устройства фундамента будут наименьшими.

Для исследования функции приведенных затрат в качестве переменных величин были приняты скорость выполнения работ V_j j -м оборудованием и мощность N_j j -го оборудования. Тогда формула приведенных затрат на объем свайных работ будет иметь вид

$$\ddot{I}_{\zeta i} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\dot{a}_j}{V_j} + \frac{b_j N_{ij}}{V_j} + \frac{c_j N_{ij}}{V_j} + d_j \right), \quad (3)$$

где m — число машин в комплекте.

Предлагаемый коэффициент a характеризует приведенные затраты в зависимости от стоимостного выражения скорости производства свайных работ в конкретных условиях. Коэффициенты b и c характеризуют приведенные затраты в зависимости от стоимостного выражения удельной энергоемкости используемых машин. Разница между этими коэффициентами заключается в том, что b учитывает использование машин с дизельным и бензиновым двигателями, а c — с электрическим. Коэффициент d характеризует условно-постоянную часть приведенных затрат на объем свайных работ (стоимостное выражение затрат на перебазировку техники, материальные затраты).

Коэффициенты a_i, b_i, c_i и d_i определяются из выражений:

$$a_j = \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^m \left[\frac{k_{\dot{a}i} \cdot k'_i + \dot{A}_i}{\dot{\mathcal{O}}_{\dot{a} \dot{a} j}} k_j + C_{opj} + k'_i \mathcal{D}_i (m_{oj} + m_{ij}) \right] \frac{Q_j}{k_{\dot{a} \dot{a} j}},$$

$$b_j = 1,03(1 + \varepsilon) \frac{k'_i}{k_1} \sum \ddot{O}_o g_{ij} \left[(k_{Nj} k_{aj} - k_x) k_{aj} + k_x \right] Q_j,$$

$$c_j = \frac{k''_i}{k_1} \ddot{O} \sum_{j=1}^m \frac{k_{ij}}{k_{aj}} Q_j; \quad d_j = k'_i \sum_{j=1}^m A_{oj} + C_i,$$

где E_{oj}, k_j, C_{oj} — единовременные затраты, стоимость, затраты на обслуживание и ремонт j -й машины механизированного комплекса;
 k'_i, k''_i — коэффициенты накладных расходов соответственно на эксплуатацию машин и заработную плату рабочих;
 $k_{ам}$ — коэффициент амортизационных отчислений;
 k_1 — коэффициент перехода от расчетной скорости выполнения работ к производственной норме выработки;
 k_{Nj} — коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя j -й машины по мощности;
 $k_{оvj}, k_{омj}$ — коэффициенты использования двигателей j -й машины, соответственно по времени и по мощности;
 $k_{эj}$ — коэффициент использования электродвигателя j -й машины по времени;
 Q_j — объем работ, выполняемый машиной;
 $T_{одj}$ — время работы j -й машины в году;
 $N_{nj}, N_{эj}$ — соответственно мощность двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя машины, затрачиваемая при производстве работ;
 C — цена электроэнергии и смазочных материалов для электродвигателей;
 C_m — цена топлива;
 g_{nj} — удельный расход топлива двигателя внутреннего сгорания j -й машины при номинальной мощности;
 ε — коэффициент, учитывающий работу машин в зимний период;
 k_x — коэффициент, учитывающий холостую работу машины;
 C_m — стоимость материала;
 P_o — усредненная заработная плата рабочих, участвующих в процессе;
 m_{oj}, m_{mj} — число рабочих, соответственно занятых на общестроительных работах, выполняемых j -й машиной и обслуживающих j -ю машину.

Параметры N и V в полученной функции взаимосвязаны между собой, что является важным граничным условием при исследовании функции приведенных затрат методами математического анализа. Такие зависимости были установлены для процесса проходки скважин шнековым и ковшовым буром под обсадными трубами и без них. Для шнекового бурения скважин

$$V = \sqrt[3]{\frac{N \cdot g \left(P \cdot H - mg \ln \frac{mg + PH}{mg} \right)}{3600 P^2 H}}, \quad (4)$$

где g — ускорение свободного падения тел, м/с²;
 P — вес грунта, расположенного на единице длины винтового транспорта, Н/м;
 m — масса шнекового рабочего органа, кг;
 H — глубина проходки скважины, м.
 Для бурения скважин ковшовым буром

$$V = \frac{N}{2\pi RB}, \quad (5)$$

где R — радиус скважины, м;
 B — удельная сила сопротивления вращению инструмента со стороны забоя, Н/м.

Для проходки скважин под защитой обсадной трубы была установлена скорость ее погружения и мощность установки, затрачиваемая при этом:

$$V = \sqrt{\frac{m_1 g + Q_o}{m} H - \frac{N}{m B R \omega}}, \quad (6)$$

где m_1 — масса обсадной трубы, кг;
 Q_o — начальное усилие подачи, Н;
 ω — угловая скорость поворота обсадной трубы вокруг вертикальной оси, с.

Анализ формул (4) и (5) позволил записать граничное условие $V = f(N)$ в общем виде

$$V = u N^k, \quad (7)$$

где u — коэффициент взаимосвязи скорости V и мощности N , зависящий от физико-механических свойств грунтов, геометрических параметров скважин и буровой машины;
 k — число переменных факторов, влияющих на взаимосвязь N и V (при бурении ковшовым буром и шнекогрейфером $k=1$; винтовым буром — $k=2$; шнековым буром — $k=3$).

В результате исследований ЭММ с учетом граничного условия (7) было установлено наличие минимума приведенных затрат на объем выполняемых работ и получены зависимости, позволяющие определить координаты $N_{онм}$ и $V_{онм}$ оптимальной точки исследуемой целевой функции $\Pi_{з.о.}$ при непрерывной и циклической проходке скважины способами вращательного бурения.

При непрерывной проходке

$$N_{ii\phi} = \frac{a}{(k-1)(b+c)}; \quad V_{ii\phi} = \left[\frac{a}{(k-1)(b+c)k} \right]^{\frac{1}{k}}. \quad (8)$$

При цикличной

$$N_{ii0} = \frac{ak_e}{(b+c)[k+k_u(k-1)]},$$

$$V_{ii0} = \left[\frac{ak_i}{(b+c)[k+k_u(k-1)u]} \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (9)$$

где k_u — коэффициент использования бурильной установки непосредственно для разрушения грунта.

Зависимости (8) и (9) при оптимизации функции экономического эффекта рассматриваются как граничные условия.

Оптимальная технология устройства набивных свай принимается в результате сравнения всех вариантов производства работ, возможных в конкретных условиях строительства.

Проведенные исследования позволили разработать следующую методику проектирования набивных свай. На основании сведений о строительной площадке, перечня имеющихся машин и механизмов, геометрических параметров набивных свай, технико-экономических показателей процессов и

других формируются все возможные технологические варианты производства работ и нормокомплекты оборудования. Множество полученных вариантов подразделяется на подмножества по типу машины, выполняющих ведущую операцию — проходку скважин. В каждом подмножестве с использованием формул (8) и (9) определяется машина, работающая с наименьшими приведенными затратами, и соответствующие ей технологические схемы устройства набивных свай. Для каждой технологической схемы рассчитываются трудовые затраты и отбираются варианты, трудоемкость которых не превышает нормативной. На основании нормативного срока производства работ по устройству свайного фундамента определяется число строительных потоков. По каждому технологическому варианту рассчитывается экономический эффект и выбирается вариант с максимальным экономическим эффектом, являющимся оптимальным. Для окончательного варианта разрабатываются технологические карты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков А.А. Оптимизация технологии и организации строительства. Киев: Будівельник, 1977.
2. Рыбальский В.И. Кибернетика в строительстве. Киев: Будівельник, 1975.

ӘОЖ 339(574)=512.122

Ө. НҰРҒАЛИЕВ

Өнімнің бәсекелік қабілеттілігін қамтамасыз ету

Нарықтық шаруашылықтың өзін-өзі реттеу механизмінің негізгі элементтерінің бірі — бәсеке. Бірақта нарықтық экономикаға өту кез келген кәсіпорынға аса күрделі мәселелер туындатты. Өйткені, шаруашылықты жүргізудің жаңа жағдайына үйрену көптеген тәжірибені талдап білуді және оны жүзеге асыруды қажет етті. Әсіресе нарық механизмінің басты элементтері бәсеке, нарықтық бағаның қалыптасуы кәсіпорын басшыларының алдына өзекті мәселелерді қойды. Әр кезеңнің өзіне ғана тән күрделі сұрақтары мен анықтаушы факторлары болады. Осы кезеңдегі ең негізгі де түйінді мәселенің бірі — бәсекелестігі бар өнім өндіру, сол арқылы отандық өндірісті жаңарту және еңбек тиімділігін арттыру. Осы мәселені шешудің ең алғашқы бастамасында әр тауар мен өнімнің бәсекелес деңгейін қалай өлшеуге болады, соны анықтау керек. Өнім бәсекелестігі мен оның деңгейі жөніндегі мәселелерге тоқталайық.

Сатып алушы алдымен бұйымды бәсекелестің бұйымымен салыстырады, тек содан соң ғана өнім бәсекелестігін құрайтын түсініктерге көңіл аударатын болады: тауарды жеткізу жағдайы, сатуды ұйымдастыру және т.б. Әрине, сатып алушы өз қажетін неғұрлым толық қанағаттандыра алатын тауарды пайдалану кезіндегі жұмсалатын шығындарға да аса зор мән береді. Сатып алушының шешім қабылдауына әсер ететін негізгі факторлардың бірі қаржы мүмкіншілігінің әр тұтынушы да әр түрлі және шектеулі болуы. Осы жағдайларды еске ала отырып сатып алушы тауардың тұтыну қасиетін (былайша айтқанда тұтынушының

нақты қажетін неғұрлым толық қанағаттандыру) таңдайды және тауар аса қымбат болмауы керек.

Жоғарыда аталған қасиеттері бар тауарлар басқа тауарларға қарағанда тұтынушылар үшін таңдаулы болады, демек оның бәсекелестігі жоғары. Сонымен бұйым бәсекелестігі — оның тұтынушы үшін бәсекелес бұйымдармен салыстырғанда басымдылығы, таңдауға жататындығы.

Таңдау негізінен үш ерекшеліктерімен іріктеледі: қандай болмасын бір қажеттілікті қанағаттандыру қасиеті, бұйым бағасы және сатуды ұйымдастыру жүйесі.

Қажеттілікті қанағаттандыру бұйымның тұтыну қасиетімен, сапасымен және бағалылығымен қамтамасыз етіледі. Мұның бәрі бұйымның тұтыну құнын немесе бұйым пайдалылығын анықтайды. Бұл қасиеттер тұтынушылар үшін ең негізгі көрсеткіштер болып табылады [1-73-75 бет].

Нарықтық қатынастар өнім өткізу көлемі көбінесе, оның бәсекелестік деңгейіне байланысты. Сондықтан да тауарды әрқашан да нарық талабына сай бағалап, өндірісті экономикалық жағынан негіздеу қажет болады. Бұл талаптардың орындалуы кәсіпорынның тауар саясатында көрсетіледі.

Кәсіпорынның тауар саясаты — бұл кәсіпорынның экономикалық механизмінің жұмыс істеуін белгілеп, тауар және шаруашылық стратегиясының бағытын дайындайды.

Шаруашылық стратегиясында жоспарланған мерзімде кәсіпорынның ұйымдастыру-техникалық шараларының дамуы көрсетіледі. Мұның ішкі және сыртқы факторларын тиімді пайдалану жолдары анықталады, өндірістің жеке өнімнің бәсекелестік деңгейі белгіленеді. Негізгі бағыт өнім өткізу сферасын кеңейту және ұзақ мерзім бойы тұрақты пайда алу, ол үшін ресурстарды және капитал салымын интенсивті пайдалану.

Бұл бағытта өнім сапасын арттырудың мәні орасан зор. Өнім сапасы дегеніміз өнімнің техника-өндірістік қасиетінің жиынтығы, өндірістік қажеттілікті қанағаттандыру. Өнім сапасын арттырудың экономикалық тиімділігі өндірістік пайдаланудың әр сферасы бойынша жеке бағаланады. Ал, экономикалық тиімділіктің жалпы суммасы жеке эффектін барлық сфера тиімділігіне көбейту арқылы анықталады:

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = \sum_{k=1}^n \mathcal{E}_k$$

Сферадағы бұйымның экономикалық тиімділігі мына формуламен есептеледі:

$$\mathcal{E} = [(KB_{y01i} - KB_{y02i}) + (KB_{y01i}^1 - KB_{y02i}^1) + (Z_{y01i} - Z_{y02i})(H_a + R_{np})] Q_{1i},$$

мұнда KB_{y01i} ; KB_{y02i} — күрделі жұмсалымның үлесі, бұл ескі және жаңа сапалы өнім алуға байланысты оның бір өлшем жұмыс істеу уақыты алынады;

KB_{y01i}^1 ; KB_{y02i}^1 — күрделі жұмсалым үлесі ескі және сапалы дайын пайдалануға байланысты;

Z_{y01i} ; Z_{y02i} — іс сферасындағы шығындар;

H_a — амортизация нормасы, жылдық;

R_{np} — таза рентабельдік деңгейі;

Q_{1i} — жылдық жұмыс немесе өнім көлемі.

Қазіргі кезеңде өнімнің бәсекелік қабілеттілігін көтеру басты бағыт.

Қазақстан Республикасы жағдайында өндірілетін өнім бәсекелестігін арттыру үшін алдымен өнімнің өзіндік құнын арзандату есебінен өндірілген өнім ба-

ғасын түсіру, өнім сапасын және тұтыну құнын арттыру, сауда жүйесін жақсарту қажеттілігі туады. Бұған орай бағаның түрлері, құрылымы және бағаны мемлекеттік реттеу қажеттілігіне толығырақ тоқталған жөн.

Нарық жағдайында бағаның құрылуына тауардың пайдалылығы маңызды рөл атқарады. Сатып алушыға тауардың өзі емес, оның қажеттілігі қандай деңгейде қанағаттандыра алатын пайдалылығы қажет. Сатып алушы нарықта өз қажеттілігін қанағаттандыратын көптеген нұсқаларды кездестіреді. Сол нұсқаларды салыстыра отырып, ол өзіне неғұрлым қажеттілігін таңдайды. Мұнда сатып алушыға басты шектеу жасайтын оның ақшалай табысы. Сондықтан да ол, шектеулі табысымен максимум пайдалылықты алуға ұмтылады. Былайша айтқанда, тауар алуға жұмсаған ақшаның барынша тиімді болуын көздейді.

Қызмет көрсету түрлерінің бағасы мына құрамнан тұрады: өзіндік құн, пайда және қосымша құн салығы.

Экономикалық ерекшеліктеріне қарай бағаның бірнеше түрлері болады.

1. Өнімді өндіру жеріндегі баға — бұл тұтынушыларға, сатып алушыларға өнімді өндірген жерінен босатылатын баға. Мұнда сатып алушы тауар бағасынан басқа барлық шығындарды өз мойнына алады (өнімді тасымалдауға, оны сақтауға және т.б. жұмсалатын шығындар).

2. Тасымалдау шығындарын қосып есептейтін бірыңғай баға. Кәсіпорын (фирма) барлық сатып алушы үшін бір баға белгілейді. Мұнда тауар өндіретін орыннан шалғайда орналасқандар үшін пайдалы, өйткені, бағаға бір қашықтықтағы сатып алушылар үшін тасымалдау шығыны орташа көрсеткішінен алынады: мысалы, 100 км, 200 км, 300 км қашықтықтағы алушылар $(100+200+300)/3=200$ км қашықтық үшін жол шығынын төлейді.

3. Аймақтық баға — бағаны бұл әдіспен анықтағанда географиялық аймақты бірнеше зонаға бөледі

БАҒАНЫҢ ҚҰРЫЛУ ПРОЦЕСІ

Шығындар (өнімнің өзіндік құны)	Пайда	Жабдықтаушылар мен тауар өткізушілер бағасы немесе көтерме сауда бағасы		Үстеме сауда	
		шығын	пайда	шығын	пайда
Кәсіпорынның көтерме бағасы (өткізетін баға)					
Өнеркәсіптік көтерме баға					
Бөлшек сауда бағасы					

де, әр зонаға әр түрлі баға белгіленеді, ондағы тасымалдау шығыны еске алынады. Зона қашықтығы артқан сайын, баға өседі.

4. Баға негізіне базистік пунктті алу. Бұл әдісте нақты бағасы былайша белгіленеді: тауар бағасына тапсырыс берушінің базистік пунктке дейінгі тасымалдау шығыны қосылады. Қоғамның нарыққа өтуіне байланысты бағаның мынадай түрлерін атауға болады:

- Еркін баға — бұл сұраным мен ұсынымның әрекетімен нарықта еркін қалыптасатын баға. Мемлекет бұл бағаға жанама жолмен әрекет етеді. Мәселен, мемлекет нарықтық монополиялануына кедергі жасай алады. Осы мақсатпен бағаға шектеу қойып, оны белгілейді. Еркін баға бұл жағдайда әр келісуші жақтардың өзара келісімі бойынша қойылады.

- Реттелетін баға — бұл баға сұраным мен ұсыным әсерінен қалыптасады, бірақ, мемлекеттік органдар тікелей, баға өсімін шектеу немесе оны арзандату немесе коэффициентін белгілеу арқылы әсер етуі мүмкін.

- Белгіленген баға — мемлекет өзінің басқару органдары арқылы тікелей өздері баға белгілейді.

Мысалы, преysкуранттық баға (сатылатын нәрселердің аты, бағасы көрсетілген тізім). Мұндай баға ерекше, аса қиын жағдайларда (соғыс жағдайында, табиғаттың стихиялық апатты жағдайларында, экономикалық дағдарыстарда, тауардың аса тапшылық кездерінде) қолданылады. Сонымен қатар, тауар жаңалығының деңгейіне байланысты әр түрлі баға белгіленеді: «қаймақ алу» тәсілімен баға белгілеу — мұнда жаңа тауарға алғашқы кезде ең жоғарғы баға қойылады. Мұндағы мақсат жұмсалған шығындарды тез қайтару,

нарыққа ену бағасы — бұл әдісте кәсіпорын өз тауарына ұқсас тауарлар бағасынан анағұрлым төмен баға қояды. Психологиялық баға — мұнда сатушы, тауар алушылардың бағаны қалай қабылдау психологиясын еске алады. Көптеген маркетингтік бағаны тақ санмен қояды дұрыс деп санайды. Мәселен, 99 (100 емес), 599 (600 емес) т.с.с. Мұның нәтижесінде сатып алушы да өндіруге жұмсалған шығынды дәл анықтау жайлы пікір туады, мұнда алдау жоқ деп түсінеді. Нарықтық немесе саланың лидеріне (алдыңғы қатарлы озатына) қарап баға қою. Мұнда өзінің бас бәсекелесі (нарықтағы озат кәсіпорны) қойған баға деңгейі қойылады.

Өндіріс шығындарын қайтаруға бағытталған баға — бұл жағдайда кәсіпорын өз тауарына баға қойғанда, өндіріске жұмсалған шығындарға нарықтағы немесе саланың алатын орташа пайда нормасын қосып есептейді. Сонда баға мына формуламен анықталады:

$$Ц = И + P + H(И + P) \text{ немесе } B = \Theta Ш + \Theta Ш + ПН,$$

мұнда $И(\Theta Ш)$ — өндіріс шығындары;

$P(\Theta Ш)$ — әкімшілік шығындары және тауар өткізу шығындары;

$H(ПН)$ — осы нарықтағы немесе саладағы орташа пайда нормасы.

Сонымен қатар, ғылыми-зерттеу ұйымдары өндірістің және жеке саланың дамуын болжап, келешекте бағаны болжамдайды. Нарықтық қатынастар жағдайында мұның рөлі артады.

Нарықтық экономикада бағаны мемлекет реттейді. Бірақ та кейде экономистер нарық жағдайында бағаны мемлекет реттеуге болмайды деген ұғымды айтады. Дегенмен, нарықтық экономика елдерінің тәжірибесі мынаны көрсетеді. Мемлекет ішкі нарықтағы бағаға бақылау жүргізуден қалмайды, қалмақ та емес, бірақ, бұл міндет нарық механизміне тән тәсілдермен жүргізіледі.

Бағаны мемлекеттік реттеу қажеттілігі экономикалық жүйенің тұрақты дамуын қамтамасыз ету, баға арқылы ұдайы өндіріс процесінің ауытқуын азайту және жою. Бағаны реттеу дағдарысқа және инфляцияға қарсы жүргізілетін шаралар болып табылады. Бағаны мем-

лекеттік реттеудің негізгі тәсілдері: заң шығару, әкімшілік және қаржы шаралары арқылы бағаға әсер етуі.

Мемлекеттік реттеудің мақсаты — бағаның инфляциялық өсуіне жол бермеу, өндіріске ғылыми-техникалық прогрестің нәтижесін енгізу.

Мемлекеттің өндірушілерге әсер ету шаралары тікелей жолмен — баға құрудың нақты ережесін белгілеу арқылы және жанама жолмен — экономикалық механизмдер арқылы: қаржы-несие механизмі, еңбек төлемі, салық салу және басқа да тетіктер арқылы жүзеге асады.

Бағаны реттеудің бұл аталған тікелей және жанама әдістерін мына сызбадан көруге болады.

Бағаны тікелей әдіспен реттеу: а) бағаны әкімшілік жолмен бекіту; б) бағаны өзгертпей ұстау; в) бағаның жоғарғы деңгейін белгілеу; г) пайдалылық деңгейін белгілеу; д) бағаны анықтау үшін норматив белгілеу;	баға	Бағаны жанама әдіспен реттеу: а) салық салу; б) ақша айналымын реттеу; в) еңбек төлемі; г) несие саясаты; д) мемлекеттік шығындарды реттеу; е) амортизациялық жарнама;
--	------	--

Мемлекет бағаны тікелей реттеу әдісіне бағаға былайша әсер етеді: баға деңгейін белгілеу, пайдалылық нормасын белгілеу және басқа да баға элементтерінің құрамына әсер ететін әдістерді қолданады.

Бағаны жанама әдістерді қолдану арқылы реттеуде салық салу, табыс, еңбек ақының ең төменгі деңгейі және т.б. Бұл әдістер арқылы мемлекет бағаның өзіне тікелей әсер етпейді, баға құрылымының факторына ықпал жасайды, демек бұл макроэкономикалық сипатта болады.

Сонымен, бәсекелестік жағдайда ең алдымен өнімге жұмсалған шығындарды азайту есебінен тауар бағасын түсіруге мүмкіндік туады. Демек өнімнің бәсекелестік қабілеттілігін қамтамасыз ету жоғарыда аталған факторларды тиімді пайдалануға тікелей байланысты.

Ел басшысы биылғы жылғы Қазақстан халқына жолдауында осынау өзекті мәселені былайша атаған: «егер біз әлемнің айтулы астаналарымен шындап бәсекеге түскіміз келсе, онда өзіміздің осы мүмкіндіктерімізді одан әрі еселей беруіміз керек» [1-11 бет].

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасы Президенті Н.Ә. Назарбаевтың Қазақстан халқына жолдауы «Жаңа әлемдегі жаңа Қазақстан». Астана, 2007 жылғы 28 ақпан.
2. Нұрғалиев Ө. Нарықтың өзекті мәселелерін зерттеу. Қарағанды, 2005.

Личность и Время

(к 80-летию Владимира Филипповича Бырьки)

20 декабря 2007 г. исполнилось 80 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Бырьки Владимира Филипповича.

2007 год отмечен и рядом других знаменательных дат: это 45 лет кафедре автоматизации производственных процессов (АПП), носящей его имя, и 50 лет электромеханическому факультету (ЭМФ), в состав которого входит кафедра АПП. В этом же году исполнилось 10 лет со дня окончания жизненного пути Владимира Филипповича.



Бырька В.Ф. (1997 г.)

Бырька В.Ф. родился в семье советского служащего, его детские и юношеские годы прошли на Украине. В трагически тяжелые военные годы отец Владимира Филипповича — капитан Красной Армии Бырька Филипп Павлович — воевал, дважды попадал в плен и возвращался в действующую армию. Его семья, в течение 1941-1943 гг. находилась на оккупированной территории Донбасса под постоянным жестким контролем жандармерии, голодала, мерзла, а юному Владимиру Бырьке лишь по счастливой случайности удалось спастись после ареста за хранение листовок, сброшенных самолетами Красной Армии.

В период 1943-1947 гг. Владимир Филиппович обучался в Лисичанском горном техникуме по специальности «Горная электромеханика». В 1947-1952 гг. Бырька В.Ф. — студент Киевского политехнического института, который он закончил с квалификацией «горный инженер-электромеханик» в июне 1952 г., а затем поступил в аспирантуру, где под руководством профессора Иванченко Евтихия Яковлевича работал над проблемой автоматизации подземного шахтного транспорта.

1956 год, год окончания аспирантуры, стал для Владимира Филипповича и его семьи ключевым — Бырьку В.Ф. направляют в г. Караганду по заявке ректора Карагандинского горного института (КарГИ) А.С.Сагинова.

В последующие годы жизни Бырьки В.Ф. сочетание слов «Казахстан — Караганда — Сагинов» определило его судьбу как педагога, ученого, организатора и руководителя. В 1956-1958 гг. Бырька В.Ф. работает старшим преподавателем кафедры горной электромеханики, активно ведет НИР на шахтах Карагандинского бассейна, внедряя СЦБ на шахтном электровозном транспорте.

В мае 1958 г. Владимир Филиппович успешно защитил кандидатскую диссертацию на ученом совете Харьковского горного института, а в ноябре 1958 г., по предложению директора КНИУИ профессора Георгия Евтихиевича Иванченко, перешел в отраслевой угольный институт на должность начальника отдела автоматики и телемеханики (АиТ).

Жизненный период с 1958 по 1966 гг. — это годы работы в отраслевом НИИ, где расцвел организаторский талант, незаурядные инженерные и научные способности Владимира Филипповича.

Один из талантливых учеников Владимира Филипповича — Когай Леонид Иванович, позже ставший доктором технических наук и профессором, дал ему характеристику, которая оказалась верной и все последующие годы жизни Бырьки В.Ф.: высокий, стройный, элегантный, интеллигентный, спокойный, великодушный, доступный для подчиненных, коллег по работе и учеников.

Отдел АиТ института КНИУИ стал стартовой площадкой для научно-технической школы, которую возглавил В.Ф. Бырька в октябре 1958 г. За короткий

срок отдел АиТ вырос в плодотворный коллектив научных работников и проектировщиков, внесших важный вклад в развитие производительных сил Центрального Казахстана.

Здесь уместно вспомнить имена первой команды В.Ф.Бырьки — ведущих сотрудников отдела АиТ КНИУИ: Акульбеков З.Ж., Аракелов В.Н., Донис В.К., Зубов Б.С., Ибикус У.Ю., Карасёв Н.И., Кузьменко А.П., Ланге М.В., Левидов Ю.С., Маркус Г.О., Местер И.М., Муканов Д.М., Новиков С.А., Протасов Е.Н., Ребров Н.И., Костин М.И., Рогозов В.В., Савченко В.Л., Стройковский А.К., Томилин Н.Ф. [1].

Упомянутая команда одержимых молодых романтиков смело взялась за решение насущных проблем автоматизации и телемеханизации шахт Караганды, Карагандинского и других бассейнов страны и за короткие сроки добились поразительных технических результатов, отмеченных патентами, авторскими свидетельствами, дипломами ВДНХ, но самое главное, полученные результаты внедрялись в производство и приносили ощутимый технико-экономический результат. За успехи в области создания и внедрения средств автоматики и телемеханики в Карагандинском бассейне Бырька В.Ф. был награжден Почетным знаком «Шахтерская слава III степени», а в 1966 году — орденом Трудового Красного Знамени.

В октябре 1966 г. Бырька В.Ф. по приглашению ректора А.С. Сагинова переходит в Карагандинский политехнический институт (КарПТИ) на должность заведующего кафедрой автоматизации производственных процессов, и с тех пор КарПТИ становится ведущим научно-методическим центром подготовки кадров высшей научной квалификации по проблемам автоматизации технологических и организационно-экономических процессов.

В период 1968-1981 гг. Бырька В.Ф. — проректор КарПТИ по учебной работе. Эти годы стали наиболее успешными в истории КарПТИ. Под руководством ректора Сагинова А.С. и проректора Бырьки В.Ф. в институте вводились в эксплуатацию новые учебные и научные лаборатории, завод ЭПП, спортивный комплекс, залы ЭВМ, появились новые наукоемкие специальности, возрос объем научно-исследовательских работ, резко увеличилось количество кандидатов и докторов наук. В 1975 году Бырька В.Ф. за достижения в области высшего образования был награжден вторым орденом Трудового Красного Знамени.

В 1976 г. КарПТИ был удостоен государственной награды — ордена Трудового Красного Знамени, а в 1980 г. — коллективу КарПТИ вручили переходящее Красное Знамя ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ.

В этот период под руководством А.С. Сагинова и В.Ф. Бырьки институт добился высшей по тем временам формы компьютеризации учебного и воспитательного процессов на базе единых моделей ЕС и СМ ЭВМ и стал головной организацией по проблемам высшей школы в Казахстане.

Бырька В.Ф. в течение 10 лет руководил аспирантурой по специальности «Автоматическое управление технологическими процессами в горной промышленности». Под его научным руководством выполнили работы и защитили кандидатские и докторские диссертации 30 аспирантов и соискателей.

С 1966 по 1992 годы Владимир Филиппович работал заведующим кафедрой АПП и научной лабораторией кафедры, являлся Главным конструктором автоматизированной системы управления Высшей школы (АСУ ВШ) Казахстана. АСУ ВШ и вычислительный центр института в этот период стали наиболее совершенными информационными системами коллективного пользования, практически демонстрировали превосходную надёжность, живучесть и доступность для всех пользователей.

Кафедра АПП за период с 1966 по 1997 годы выпустила более 1500 инженеров специальностей «Горная электромеханика (ГЭМ)», «Электрификация и автоматизация горных работ (ГА)», «Электропривод и автоматизация технологических комплексов (ЭА)». В вузе этот показатель всегда определял эффективность работы выпускающей кафедры.

Горные инженеры-электрики специальности «0634 — Электрификация и автоматизация горных работ», а в последующем инженеры-электрики специальности «33.08 — Электропривод и автоматизация технологических комплексов» долгие годы были в Центральном Казахстане единственными специалистами, способными грамотно эксплуатировать, проектировать, исследовать, внедрять и развивать системы автоматизации технологических процессов и производств, электронные вычислительные центры, системы электро- и энергоснабжения, системы связи и телекоммуникации.

Не менее ценным продуктом деятельности кафедры АПП и ее руководителя — Бырьки В.Ф. были научно-педагогические кадры, которые не только обеспечили качественный выпуск инженеров, но и способствовали открытию новых наукоемких специальностей: «Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации (Автоматизация информационных систем — АИС)», «Информационно-измерительная техника (ИИТ)» и выпускающих кафедр с аналогичными названиями. Среди коллег Бырьки В. Ф. периода 1966-1987 гг. — ведущие ученые и преподаватели кафедр АПП, АИС, ИИТ: Аракелова Ж.Н., Томилин Н.Ф., Боярский Э.Ф., Жуган Б.Д. (защитили кандидатскую диссертацию под руководством Бырьки В.Ф. в 1969 г.); Орлов А.С., Фольгарт В.И., Жуган Л.И., Краус Б.А., Ланге М.В., Байтлеуов И.С. (защитили кандидатские диссертации в период 1970-1972 гг.); Гудовский Ю.В., Есенбаев С.Х., Омаров М.Т., Протасов Е.Н., Селиванов Ф.С. (защитили кандидатские диссертации в 1975 г.); Пасюта И.И., Оралбеков К., Байжанов С.С., Хегай В.А., Кашкимбеков Т.Д., Фешин Б.Н. (защитили кандидатские диссертации в период 1980-1986 гг.); Бочаров А.В., Ловягин Н.Е., Кан О.А., Каракулин М.Л., Карашулаков Г.С. (защитили кандидатские диссертации в период 1987-1989 гг.).

Здесь еще раз проявилась известная закономерность — вокруг яркой, талантливой личности формируется коллектив сподвижников, способных к совершению выдающихся достижений. «Птенцы» первой «команды» Бырьки В.Ф. создали в Центральном Казахстане задел для разработки и внедрения систем и средств автоматизации:

- Акульбеков З.Ж., Муканов Д.М., Савченко В.Л., Стройковский А.К. — составили костяк института «Черметавтоматика», а Муканов Д.М. много лет был директором этого института, в последующем стал доктором технических наук, профессором, почетным гражданином г. Караганды;

- Зубов Б.С., Местер И.М., Ребров Н.И., Рогозов В.В. — составили основу коллектива Карагандинского филиала научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Гипроуглеавтоматизация», Рогозов В.В. был сначала его директором, а в последующем — директором Всесоюзного института «Гипроуглеавтоматизация»;

- Зубов Б.С. был одним из создателей АСУ угольной промышленности Казахстана, Украины, Болгарии, Минуглепрома СССР, общегосударственной АСУ-ОГАС в Монголии;

- Аракелов В.Н., Донис В.К., Карасёв Н.И., Ланге М.В., Новиков С.А., Протасов Е.Н., Томилин Н.Ф. — продолжили творческую работу по созданию шахтных систем автоматики и после перехода, вслед за Бырькой В.Ф., на кафедру АПП КарПТИ.

Успехи преподавателей и сотрудников кафедры АПП под руководством Бырьки В.Ф. в учебном процессе, в научных достижениях способствовали развитию новых информационных инженерных специальностей и информатизации учебно-методического процесса в КарПТИ, Центральном Казахстане и Республике Казахстан:

- по инициативе Аракелова В.Н., Бырьки В.Ф., Карасева Н.И. была открыта специальность АИС, созданы кафедра и коллектив преподавателей, основу которого составили сотрудники кафедры АПП и ученики профессора Бырьки В.Ф.: Когай Л.И., Байтлеуов И.С., Оралбеков К., Кан О.А., Когай Г.Д.;

- научные достижения Дониса В.К., Есенбаева С.Х., Бочарова А.В., Ловягина Н.Е. способствовали открытию кафедры и специальности ИИТ;

- вычислительный центр КарПТИ под руководством Новикова С.А., Фольгарта В.И. стал базовым подразделением АСУ ВПР Казахстана, Главным конструктором которой в период 1980-1997гг. был Бырька В.Ф.

Решение Бырькой В.Ф., его единомышленниками и учениками проблемы создания в рамках КарПТИ высшей школы по подготовке специалистов в областях электроэнергетики, автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного электропривода, автоматизации процессов обработки и выдачи информации, информационно-измерительных систем и информатизации Высшей школы Казахстана стало логическим продолжением научных и технических достижений «команды» отдела АиТ КНИУИ.

В годы руководства Бырькой В.Ф. кафедрой АПП были получены результаты и заложены традиции, во многом обеспечившие учебные, воспитательные, методические и научные достижения как кафедры, так и института, а в последующем университета. Здесь можно говорить о преемственности и движении к прогрессу на основе фундаментальных законов природы.

Десять лет, прошедшие после ухода Владимира Филипповича из жизни, для его учеников и коллег — преподавателей и сотрудников кафедры АПП, электромеханического факультета и других подразделений университета, были наполнены упорным трудом, связанным со становлением республики как суверенного независимого государства, с реформой системы высшего образования, с изменением базовой основы современных средств и систем автоматизации технологических процессов и производств, ориентированных на вычислительную и микропроцессорную технику, на локальные и глобальные сети связи и телекоммуникации.

Сегодня кафедра АПП имени профессора Бырьки Владимира Филипповича — это:

- более 300 студентов дневного отделения по 2 специальностям бакалавриата и магистратуры и более 60 — по специальностям инженерных направлений;

- студенты заочного отделения с полной, сокращенной и второго высшего формами обучения по 2 специальностям бакалавриата и 3 специальностям инженерных направлений;

- квалифицированный профессорско-преподавательский состав, включающий профессоров и доцентов, имеющих ученые степени докторов и кандидатов технических наук по специальностям «Электротехнические комплексы и системы», «Автоматизация технологических процессов и производств», аспирантов, магистрантов, и магистров;

- студенческие компьютерные классы (3 класса — 39 компьютеров);

- современные лаборатории автоматизации, оснащенные промышленными контроллерами известных фирм Siemens, Trei, Advantech и других. В двух лабораториях установлены: 30 компьютеров; контроллеры LOGO, TREI, ADAM, Advantech; специализированные микропроцессорные комплексы—цифровые системы управления техническими объектами (собственные разработки кафедры АПП); виртуальные лабораторно-практические комплексы по 20 дисциплинам (в том числе: «Электроника», «ТАУ», «ТОЭ», «Теория электропривода», «Микропроцессорная техника», «SCADA-системы»...);

- современная лаборатория автоматизированного электропривода на базе цифровых комплектов постоянного и переменного тока фирм Mizubisi, Siemens;

- современная лаборатория автоматизированных систем управления технологических процессов, гибких автоматизированных производств, мехатронных и робототехнических систем на базе учебно-производственных комплексов фирмы FESTO;

- лаборатории ТАУ, измерительной техники, микропроцессорных комплексов и систем;

- учебно-научно-производственный консорциум, включающий КарГТУ и инновационную фирму при кафедре АПП по разработке и внедрению автоматизированных систем управления электроприводов и систем управления технологическими процессами — «ЭЛАТ» (директор и научный руководитель профессор Брейдо И.В.);

- единственное в Центральном Казахстане профессиональное объединение инженеров электротехнического профиля — Ассоциация ГА-ЭА.

Личность Владимира Филипповича Бырьки в истории КарГИИ-КарПТИ-КарГТУ, КНИУИ неразрывно связана с судьбой многих тысяч людей, работающих под его руководством, являющихся его

учениками в научной и инженерной деятельности, обучавшихся на кафедре АПП, в КарПТИ и КарГТУ.

Прошли десять лет, как ушел из жизни Бырьки В.Ф., но заложенные им на кафедре АПП традиции и дух ответственности, высокого профессионализма, стремления к научному прогрессу, порядочности, творческого отношения к процессу воспитания молодого поколения и сейчас являются той частью, которую получает каждый выпускник кафедры, вступающий в жизнь с дипломом технического специалиста.

Время становится не подвластно для Владимира Филипповича как личности, сумевшей в своей жизни создать преемственность поколений в деле подготовки профессиональных, культурных граждан своей страны.

Б.Н. Фешин, декан ЭМФ, д.т.н., проф.

УДК 681.324. В.В. ЛЕОНОВ. **Совершенствование автоматизированных систем тестирования.**

Представлены опыт, подходы и механизмы реализации автоматизированной процедуры контроля качества знаний обучающихся на примере разработки системы тестирования для учебного заведения.

УДК 621.39:622.81.001.2. И.В. БРЕЙДО, И.Н. ФЕДОРАШКО, Л.И. ДАЙЧ, Ю.И. ФЕДОРАШКО.

Тестовый контроль знаний обучающихся на основе кроссворда.

Рассмотрено использование в учебном процессе кроссвордов как основы контроля знаний обучающихся. Разработан алгоритм составления кроссворда.

УДК 5(07):515. В.И. ИЛЬКУН, М.И. СИТКИН. **Анализ и оптимизация внутривидовых связей в курсе «Детали машин» («Основы конструирования деталей машин»).**

На основе анализа учебных планов за период с 1976 и 2000 гг. и содержания учебников по курсу «Детали машин» составлены матрицы внутривидовых связей и предложено рациональное распределение по семестрам курса «Детали машин» («Основы конструирования деталей машин»).

УДК 665.52.061.5. С.Е. ДЮСЕМБАЕВА, Т.П. АШИХМИНА, С.Ш. АБДЫГАЛИМОВА, А.С. СУЛЕЙМЕНОВА, Л.Ф. ДЮСЕМБАЕВА. **Перспектива внедрения ионообменных процессов. Катионообменная экстракция. Сообщение I.**

Освещены современное состояние применения экстракции за рубежом и перспективы внедрения ее в Казахстане на примере совместного присутствия в растворе ионов меди и железа.

УДК 621.7÷669.14. А.З. ИСАГУЛОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, Ж.М. ТӨЛЕУБЕКОВА, А.Е. ПУШНИНА. **Технология ввода дисперсных инокуляторов.**

Рассмотрена возможность управления кристаллизацией и модифицированием металла с помощью дисперсных инокуляторов. Разработанная технология ввода дисперсных инокуляторов позволяет не только изменять условия кристаллизации и модифицирования, но и дает возможность получать композиционные материалы типа твердых сплавов путем ввода больших количеств неметаллических частиц в жидкий расплав.

УДК 669.15-194; 669.15-198. А.Х. НУРУМГАЛИЕВ, Е.Е. КИЕКБАЕВ. **Исследование кинетики совместного восстановления железа, марганца и хрома из концентратов.**

Приведены результаты исследования по кинетике совместного восстановления железа, марганца и хрома из концентратов. Установлены степень и скорость восстановления шихты в интервале температур 400-1300°C. Выявлена интенсивность восстановления железа в присутствии марганца и хрома.

УДК 541.138.3. И.В. ФИГУРИНЕНЕ. **Влияние материала электрода на электрохимическое поведение хрома (VI).**

Методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых изучено влияние материала электрода на электрохимическое

ӨЖ 681.324. В.В. ЛЕОНОВ. **Тестілеудің автоматтандырылған жүйелерін жетілдіру.**

Оқу орнына арналған тестілеу жүйесін әзірлеу мысалында білім алушылар білімдерінің сапасын бақылаудың автоматтандырылған процедурасын іске асыру тәжірибесі, амалдары және механизмдері ұсынылған.

ӨЖ 621.39:622.81.001.2. И.В. БРЕЙДО, И.Н. ФЕДОРАШКО, Л.И. ДАЙЧ, Ю.И. ФЕДОРАШКО.

Білім алушылардың білімдерін сөзжұмбақ негізінде тестілік бақылау.

Білім алушылардың білімдерін бақылау негізі ретінде оқу процесінде сөзжұмбақтарды пайдалану қарастырылған. Оқу сөзжұмбағын құрастыру алгоритмі әзірленген.

ӨЖ 5(07):515. В.И. ИЛЬКУН, М.И. СИТКИН. **«Машиналар тетіктері» курсындағы пән ішіндегі байланыстарды талдау және оңтайландыру («Машиналар тетіктерін конструиралау негіздері»).**

1976 және 2000 жж. кезеңдегі оқу жоспарларын және «Машиналар тетіктері» курсы бойынша оқулықтардың мазмұнын талдау негізінде пән ішіндегі байланыстар матрицалары құрастырылған және «Машиналар тетіктері» курсының семестрлер бойынша ұтымды бөлу ұсынылған.

ӨЖ 665.52.061.5. С.Е. ДҮЙСЕМБАЕВА, Т.П. АШИХМИНА, С.Ш. АБДЫГАЛИМОВА, А.С. СУЛЕЙМЕНОВА, Л.Ф. ДҮЙСЕМБАЕВА. **Ион алмасу процесстерін ендіру перспективасы. Катион алмасу экстракциясы. I-хабар.**

Экстракцияны шетелде қолданудың қазіргі жағдайы және ерітіндіде мыс пен темір иондарының бірлесіп болуы мысалында оны Қазақстанда ендіру перспективалары баяндалған.

ӨЖ 621.7÷669.14. А.З. ИСАҒҰЛОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, Ж.М. ТӨЛЕУБЕКОВА, А.Е. ПУШНИНА. **Дисперсиялық инокуляторларды ендіру технологиясы.**

Дисперсиялық инокуляторлардың көмегімен металды өзгертуді және кристалдандыруды басқару мүмкіндігі қарастырылған. Дисперсиялық инокуляторларды ендірудің әзірленген технологиясы кристалдандыру және өзгерту шарттарын өзгертуге ғана мүмкіндік бермейді, сонымен бірге сұйық балқытаға металл емес бөлшектің көп мөлшерін енгізу жолымен қатты қорытпалар типті композициялық материалдар алу мүмкіндігін де береді.

ӨЖ 669.15-194; 669.15-198. А.Х. НҰРЫМГАЛИЕВ, Е.Е. КИЕКБАЕВ. **Темірді, марганецті және хромды концентраттардан бірлесіп қалпына келтіру кинетикасын зерттеу. Темірді, марганецті және хромды концентраттардан бірлесіп қалпына келтіру кинетикасы бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Температуралардың 400-1300°C интервалында шихтаны қалпына келтіру дәрежесі және жылдамдығы анықталған. Марганец пен хром бар болғанда темірді қалпына келтіру қарқындылығы айқындалған.**

ӨЖ 541.138.3. И.В. ФИГУРИНЕНЕ. **Электрод материалының хромның (VI) электрохимиялық тәртібіне әсер етуі.**

Потенциал-динамикалық поляризациялық қисықтарды түсіру әдісімен электрод материалының хромат-иондарды электрохимиялық қалпына келтіруге әсер етуі зертделген.

UDC 681.324. V.V. LEONOV. **Improving Automated Testing Systems.**

There are presented the experience, approaches and mechanisms of realizing the automated procedure of students' knowledge quality control on the example of working out a testing system for an educational institution.

UDC 621.39:622.81.001.2. I.V. BREIDO, I.N. FEDORASHKO, L.I. DAICH, YU.I. FEDORASHKO.

Testing Control of Students' Knowledge on Base of Crossword.

There is considered the use of a crossword in the teaching process as a base for students' knowledge control. There is worked out an algorithm of forming a training crossword.

UDC 5(07):515. V.I. ILKUN, M.I. SITKIN. **Analysis and Optimization of Intra-Subject Ties in Discipline «Machines parts» («Principles of machines parts design»).**

On the basis of the curriculum analysis during the period from 1976 to 2000 and textbooks content in the discipline «Machines parts» there have been formed matrixes of intra-subject ties and suggested a rational distribution of the discipline «Machines parts» («Principles of machines parts design») for the terms.

UDC 665.52.061.5. S.Ye. DYUSEMBAYEVA, T.P. ASHIKHMINA, S.Sh. ABDYGALIMOVA, A.S. SULEIMENOVA, L.F. DYUSEMBAYEVA. **Prospects of Introducing Ion-Exchanging Processes. Cation-Exchanging Extraction. Report I.**

There are considered the modern state of extraction use abroad and prospects of its introducing in Kazakhstan on the example of joint presence in the solution of copper and iron ions.

UDC 621.7÷669.14. A.Z. ISAGULOV, V.Yu. KULIKOV, Zh.M. TOLEUBEKOVA, A.E. PUSHNINA. **Technology of Disperse Inoculator Introduction.**

There is considered the possibility to control metal crystallizing and modifying with the help of disperse inoculators. The technology worked out permits not only to change the conditions of crystallizing and modifying but also gives the possibility to obtain composition materials of hard alloys type by means of introducing large quantities of non-metallic particles in a liquid melt.

UDC 669.15-194; 669.15-198. A.Kh. NURUMGALIYEV, Ye.Ye. KIYEKBAEYEV. **Studying Kinetics of Joint Iron, Manganese and Chrome Reduction from Concentrates.**

There are presented the results of studying the kinetics of iron, manganese and chrome reduction from concentrates. There are determined the degree and the speed of the charge reduction in the temperature interval 400-1300 °C. There is revealed the intensity of iron reduction in the presence of manganese and chrome.

UDC 541.138.3. I.V. FIGURINENE. **Electrode Material Affect on Chrome (VI) Electrochemical Behavior.**

By the method of taking potential-and-dynamical polarization curves there is studied the affect of the electrode material on chromate ions electrochemical reduction. There is

восстановление хромат-ионов. Подтверждено каталитическое действие сульфат-ионов на процесс восстановления хрома (VI). Установлено, что ионы хрома химически восстанавливаются при потенциале выделения водорода.

УДК 541.13:546.19. М.М. ДОСПАЕВ. **Получение медного порошка из солянокислых растворов.**

Методом математического планирования эксперимента исследован процесс электролитического получения порошка меди из солянокислых растворов. Выведено обобщающее уравнение с высокими значениями коэффициента корреляции и значимости. Установлены кинетические параметры и величина кажущейся энергии активации. Определены оптимальные значения условий электролиза.

УДК 669.168. Ж.С. АДЫЛХАНОВ, М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ, С.О. БАЙСАНОВ, А.Ф. ЧЕКИМБАЕВ. **Совершенствование технологии выплавки ферросиликоалюминия.**

На основании структурного анализа и исследований по электропроводимости шихты от температуры предложено использовать борлинские углистые породы для выплавки ферросиликоалюминия. По результатам термодинамических исследований приведены основные реакции процесса выплавки в зависимости от температурной зоны рудотермической электропечи. Проведенные испытания в печи мощностью 0,2 МВА показали возможность увеличения единичной производительности по выплавке стандартных марок ферросиликоалюминия при использовании борлинских углеходов.

УДК 621.098.073.001.66. В.Г. БОЯРСКИЙ, В.Ф. МАКЕЕВ. **Штамп для раздачи муфт рукавов высокого давления.**

Рассмотрены технологический метод «раздачи» полых или трубчатых заготовок и конструкция штампа для изготовления муфт рукавов высокого давления.

УДК 621.757. Д.Е. АЛИКУЛОВ, К.Т. ШЕРОВ. **Управление значениями припусков, снимаемых с поверхностей направляющих суппорта токарного станка NT-250I.**

Описывается способ снижения величины припуска, снимаемого с направляющих суппорта, на примере обработки направляющих суппорта станка NT-250I.

УДК 622.23. К.Б. ҚЫЗЫРОВ, В.А. ЯРЛОВ. **Уточнение методики расчета бесклапанных гидроударников.**

Рассмотрена уточненная модель бесклапанного гидроударника в фазах расширения и сжатия. В модели учтена упругая деформация металлической оболочки, представленной в форме замкнутой цилиндрической камеры, определен приведенный модуль упругости камеры рабочего хода.

УДК 548.736.5. М.П. ПУЗЕЕВА, В.М. ЮРОВ, В.С. ПОРТНОВ. **Влияние температуры и давления на теплопроводность минералов.**

Предложена термодинамическая модель, описывающая влияние температуры и давления на теплопроводность минералов. Полученные зависимости хорошо согласуются с экспериментальными данными. Рассмотренная модель может оказаться полезной при определении потенциала Гиббса по коэффициенту теплопроводности и плотности при анализе теплового режима

Сульфат-иондардың хромды (VI) қалпына келтіру процесіне каталитикалық әрекеті расталған. Сутектің бөліну потенциалы кезінде хром иондарының химиялық қалпына келуі анықталған.

ӘОЖ 541.13:546.19. М.М. ДОСПАЕВ. **Тұздықшыл ерітінділерден мыс ұнтағын алу.**

Экспериментті математикалық жоспарлау әдісімен тұздықшыл ерітінділерден мыс ұнтағын электролиттік алу процесі зерттелген. Корреляция және маңыздылық коэффициентінің жоғары мәндері бар жалпылаушы теңдеу шығарылған. Активацияның көрінерлік энергиясының кинетикалық параметрлері және шамасы белгіленген. Электролиз шарттарының оңтайлы мәндері анықталған.

ӘОЖ 669.168. Ж.С. АДЫЛХАНОВ, М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ, С.О. БАЙСАНОВ, А.Ф. ЧЕКИМБАЕВ. **Ферросиликоалюминийді қорытып шығару технологиясын жетілдіру.**

Құрылымдық талдау және шихтаның температурадан электрөткізгіштігі бойынша ферросиликоалюминийді қорытып шығару үшін борлылық көмірлі тау жыныстарын пайдалану ұсынылған. Термодинамикалық зерттеулер нәтижелері бойынша руда-термиялық электр пешінің температуралық аймағына байланысты қорытып шығару процесінің негізгі реакциялары келтірілген. Қуаты 0,2 МВА пеште жүргізілген сынаулар борлылық көмір қалдықтарын пайдалану кезінде ферросиликоалюминийдің стандарттық маркаларын қорытып шығару бойынша дара өнімділікті ұлғайту мүмкіндігін көрсетті.

ӘОЖ 621.098.073.001.66. В.Г. БОЯРСКИЙ, В.Ф. МАКЕЕВ. **Жоғары қысымды түтіктердің жалғастырыштарын таратуға арналған қалып.**

Қуыс немесе түтікті дайындамаларды «таратудың» технологиялық әдісі және жоғары қысымды түтіктердің жалғастырыштарын жасауға арналған қалыптың конструкциясы қарастырылған.

ӘОЖ 621.757. Д.Е. ӘЛІҚҰЛОВ, К.Т. ШЕРОВ. **NT-250I жону станогының бағыттаушы суппортының беттерінен алынатын әдістердің мәндерін басқару.**

NT-250I станогының бағыттаушы суппорттың өңдеу мысалында, бағыттаушы суппорттан алынатын әдіптің шамасын төмендету тәсілі сипатталады.

ӘОЖ 622.23. Қ.Б. ҚЫЗЫРОВ, В.А. ЯРЛОВ. **Клапансыз гидросоққыштарды есептеу әдістемесін нақтылау.**

Кеңейту және қысу фазаларындағы клапансыз гидросоққыштың нақтыланған моделі қарастырылған. Модельде түйікталған цилиндр камера пішінінде берілген, металл қабықшаның серпінді деформациясы ескерілген, жұмыстық жүрісті серпінділіктің келтірілген модулі анықталған.

ӘОЖ 548.736.5. М.П. ПУЗЕЕВА, В.М. ЮРОВ, В.С. ПОРТНОВ. **Температура мен қысымның минералдардың жылу өткізгіштігіне әсер етуі.**

Температура мен қысымның минералдардың жылу өткізгіштігіне әсер етуін сипаттайтын, термодинамикалық модель ұсынылған. Алынған тәуелділіктер эксперименттік деректермен жақсы келістіріледі. Қарастырылған модель жер қыртысының жылулық режимін талдау кезінде жылу өткізгіштігі мен тығыздығының коэффициенті бойынша Гиббстің потенциалын анықтау кезінде пайдалы болуы мүм-

confirmed the catalytic affect of sulfate ions on the process of chrome (VI) reduction. There is established that chrome ions are chemically reduced at hydrogen formation potential.

UDC 541.13:546.19. M.M. DOSPAYEV. **Obtaining Copper Powder from Salt-and-Acid Solution.**

By the method of experiment mathematical planning there has been studied the process of electrolytic obtaining copper powder from salt-and-acid solutions. There has been derived a generalizing equation with high values of correlation and significance coefficients. There have been established kinetic parameters and the value of imagined activation energy, optimal values of electrolysis conditions.

UDC 669.168. Zh.S. ADYKhanov, M.Zh. TOLYMBEKOV, S.O. BAISANOV, A.F. CHEKIMBAYEV. **Improving Technology of Aluminium Ferrosilicon Melting.**

On the basis of structural analysis and studies of the charge electro-conductivity depending on temperature there has been suggested to use the Borly coal rocks for melting aluminium ferrosilicon. As a result of the thermodynamic studies there are presented the main reactions of the melting process depending on the temperature zone of mining thermal electric furnace. The test carried out in the furnace of 0,2 MVA capacity showed the possibility of increasing the unit productivity of aluminium ferrosilicon standard grades when using the Borly coal wastes.

UDC 621.098.073.001.66. V.G. BOYARSKY, V.F. MAKEYEV. **Die for Expansion High Pressure Hose Coupling.**

There is considered a technological method of hoses expansion and a die structure for making high pressure hose coupling.

UDC 621.757. D.Ye. ALIKULOV, K.T. SHEROV. **Controlling Allowance Values Taken from Lathe NT-250I Carriage Guides Surfaces.**

There is described a method to decrease the allowance value taken from the carriage guides on the example of lathe NT-250I carriage guides.

UDC 622.23. K.B. KYSYROV, V.A. YARLOV. **Verification Methods of Non-Valve Hydraulic Hammers Calculation.**

There is considered a verified model of non-valve hammer in the phases of expansion and compression. In the model there is taken into account the elastic strain of the metal shell presented in the form of a closed cylindrical chamber, there is determined a reduced elastic module of the working stroke chamber.

UDC 548.736.5 M.P. PUSEUEVA, V.M. YUROV, V.S. PORTNOV. **Temperature and Pressure Affect on Minerals Heat Conduction.**

There is suggested a thermo-dynamic model describing temperature and pressure affect on minerals heat conduction. The dependences obtained coincide well with the experimental data. The model considered can appear useful in determining Gibbs potential by the heat-conductivity coefficient and density in the earth crust heat regimen analysis.

УДК 622.284(574.32). Ж.П. ВАРЕХА, В.Ф. ДЕМИН, А.В. САРАНЧУКОВ, В.В. ДЕМИН. **Исследования по определению несущей способности полимерно-стальной анкерной крепи.**

Проведены исследования по определению несущей способности полимерно-стальной анкерной крепи. Установлена прогрессивная роль величины заделки. Ее влияние является достаточным при величине не менее 0,35 м. Величину предварительного натяжения штанг (реактивных усилий) необходимо выбирать с учетом горного давления.

УДК 622.831.322. Е.Т. ИСАБЕКОВ. **О проблеме внезапных выбросов угля и газа на угольных шахтах.**

Рассмотрены проблемы внезапных выбросов угля и газа, имевших место в СССР, Карагинском бассейне и Западной Европе.

УДК 631.67:577.4. Б.С. ЖАМАНБАЕВ. **Мелиоративно безопасная, экологичная система орошения.**

На основе анализа состояния существующих гидромелиоративных систем и орошаемых почв Казахстана, зарубежных стран предлагается мелиоративно безопасная, экологичная система орошения, автоматически функционирующая на основе возобновляемой природной энергии почвы.

УДК 622.8. А.К. АКИМБЕКОВ, К.З. ИСКАКОВ. **К оценке риска самовозгорания углей Карагинского бассейна.**

Рассмотрены критерии и способы качественной и количественной оценки риска самовозгорания углей Карагинского бассейна, позволяющие на этапе проектной разработки принять решения по предупреждению эндогенных пожаров.

УДК 622.86. Д. БОКАРЕВ. **Преимущества нового способа подготовки выбросоопасных пластов.**

Приведено описание и преимущество нового способа подготовки выбросоопасных пластов, основанного на извлечении метана газодренажными скважинами. Приведен анализ технологических схем проведения подготовительных работ по верхнему пласту Д6 Карагинского бассейна.

УДК 628.743:658.567. А.А. ЧЕРНЫШЕВА. **Огнетушащий состав на основе некондиционного порошка П-2АП и отсева доломитовой пыли.**

Рассматриваются исследования по определению огнетушащих свойств мелкодисперсных отходов производства.

УДК 622.014.2:550.835.41. С.А. ЕФИМЕНКО. **Многофункциональная рентгенометрическая система рудоподготовки для шахт ПО «Жезказганцветмет».**

Рассмотрены принципы построения информационных баз для комплексной многофункциональной системы рудоподготовки и подсистемы управления качеством добываемых руд и металлов модульного типа для рудников подземной добычи ПО «Жезказганцветмет». Предложена структура многофункциональной рентгенометрической системы рудоподготовки. Даны рекомендации по выбору современной ядерно-геофизической аппаратуры.

УДК 548.736.5. В.В. ЯВОРСКИЙ, Е.П. ВЕРХОВСКАЯ, В.М. ЮРОВ. **Некоторые модели транспортных потоков.**

Рассмотрены различные подходы при

решении задачи о транспортных потоках. Показано, что в некоторых случаях можно использовать модели транспортных потоков, разработанные для других задач.

Полимер-болат анкерлі бекітпенің көтергіш қабілетін анықтау бойынша зерттеулер. Бітеу шамасының прогрессивті ролі анықталған. Оның әсер етуі шамасы 0,35 м кем емес болғанда айтарлықтай болып табылады. Штангаларды алдын ала керудің (реактивті күштердің) шамасын тау қысымын есепке алып таңдау қажет.

ӨЖ 622.831.322. Е.Т. ИСАБЕКОВ. **Көмір шахталарындағы көмір мен газдың оқыс лақтырыстарының проблемасы туралы.**

КСРО-да, Қарағанды бассейнінде және Батыс Еуропада орын алған, көмір мен газдың оқыс лақтырыстарының проблемалары қарастырылған.

ӨЖ 631.67:577.4. Б.С. ЖАМАНБАЕВ. **Мелиоративті қауіпсіз, экологиялық сауар жүйесі.**

Қазақстанның, шетелдердің қолданылатын гидромелиорациялық жүйелерінің және суланатын топырақтарының күйін талдаудың негізінде топырақтың қалпына келтірілетін табиғи энергиясының негізінде автоматты жұмыс істейтін, сулаудың мелиорациялық қауіпсіз, экологиялық жүйесі ұсынылады.

ӨЖ 622.8. Ә.Қ. ӘКІМБЕКОВ, К.З. ЫСҚАҚОВ. **Қарағанды бассейні көмірлерінің өздігінен жану қаупін бағалауға.**

Жобалық әзірлеу кезінде эндогенді өрттерді ескерту бойынша шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін, Қарағанды бассейні көмірлерінің өздігінен жану қаупін сапалық және сандық бағалау критерийлері мен тәсілдері қарастырылған.

ӨЖ 622.86. Д. БОКАРЕВ. **Жарылыс қауіпі қабаттарды дайындаудың жаңа тәсілінің артықшылықтары.**

Метанды газ-құрғату ұңғымаларымен алуға негізделген, жарылыс қауіпі қабаттарды дайындаудың жаңа тәсілінің сипаттамасы мен артықшылығы келтірілген. Қарағанды бассейнінің Д6 жоғарғы қабаты бойынша дайындау қазбаларын жүргізудің технологиялық сұлбаларын талдау жүргізілген.

ӨЖ 628.743:658.567. А.А. ЧЕРНЫШЕВА. **П-2АП кондициялық емес ұнтақ және доломитті тозаң елендісі негізіндегі өрт сөндіруші құрам.**

Өндірістердің ұсақ дисперсиялы қалдықтарының өрт сөндіруші қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер қарастырылады.

ӨЖ 622.014.2:550.835.41. С.А. ЕФИМЕНКО. **«Жезказганцветмет» ӨБ шахталары үшін руда дайындаудың көп функционалдық рентгенометриалық жүйесі.**

«Жезказганцветмет» ӨБ жер астында өндіру кеніштері үшін модульдік типті өндірілетін рудалар мен металдардың сапасын басқарудың қосалқы жүйесіне және руда дайындаудың көп функционалдық кешенді жүйесіне арналған ақпараттық базаларды құру принциптері қарастырылған. Руда дайындаудың көп функционалдық рентгенометриалық жүйесінің құрылымы ұсынылған. Қазіргі замандағы ядролық-геофизикалық аппаратураны таңдау бойынша ұсыныстар берілген.

ӨЖ 548.736.5. В.В. ЯВОРСКИЙ, Е.П. ВЕРХОВСКАЯ, В.М. ЮРОВ. **Көлік ағындарының кейбір модельдері.**

Көлік ағындарының динамикасын сипаттау

UDC 622.284(574.32). Zh.P. VARYOKHA, V.F. DYOMIN, A.V. SARANCHUKOV, V.V. DYOMIN. **Studies to Determine Bearing Capacity of Polymer-and-Steel Anchor Support.**

There are carried out studies to determine bearing capacity of a polymer-and-steel anchor support. There is established the progressive role of attachment value. Its affect is enough at the value no less than 0,35 m. The boom preliminary tension value (reactive forces) are necessary to be selected taking into account mining pressure.

UDC 622.831.322. Ye.T ISABEKOV. **About Problem of Coal and Gas Sudden Outburst in Coal Mines.**

There are considered the problems of coal and gas sudden outbursts which took place in the USSR, Karaganda basin and West Europe.

UDC 631.67:577.4. B.S. ZHAMANBAYEV. **Ameliorative-Safe, Ecologic System of Irrigation.**

On the basis of the analysis of the existing hydro-ameliorative systems condition and irrigated soils of Kazakhstan, foreign countries there is suggested an ameliorative-safe, ecologic irrigation system functioning automatically on the base of restored natural soil energy.

UDC 622.8. A.K. AKIMBEKOV, K.Z. ISKAKOV. **To Estimating Risk of Coal Self-Ignition in Karaganda Basin.**

There are considered criteria and methods of qualitative and quantitative estimation of self-igniting the coals of the Karaganda basin permitting at the stage of designing to take decisions to prevent endogene fires.

UDC 622.86. D. BOKARYEV. **Advantages of New Method to Prepare Outburst Dangerous Seams.**

There are described advantages of a new method to prepare outburst seams based on extracting methane with gas-drainage holes. There is presented the analysis of technological schemes of development workings forming in upper seam D6 of the Karaganda basin.

UDC 628.743:658.567. A.A. CHERNYSHOVA. **Fire-Extinguishing Composition on Base of Non-Standard Powder P-2AP and Dolomite Dust Screenings.**

There are considered the studies to determine fire-extinguishing properties of fine-disperse production wastes.

UDC 622.014.2:550.835.41. S.A. YEFIMENKO. **Multi-Function X-RAY Radiometric System of Ore Dressing for Mines of PC «Zhezkazgantsvetmet».**

There are considered principles of building information bases for complex multi-function ore dressing systems and quality management subsystems for ore and metals production in underground mining of PC «Zhezkazgantsvetmet». There is suggested a structure of multi-function X-ray radiometric ore dressing system. There are given recommendations for selecting modern nuclear geophysical equipment.

UDC 548.736.5 V.V. YAVORSKY, Ye.P. VERKHOVSKAYA, V.M. YUROV. **Some Models of Transport Flows.**

There are considered different approaches to

описании динамики транспортных потоков. Показаны трудности анализа реальных моделей и некоторые искусственные приемы, позволяющие их преодолеть.

УДК 622.647. И.И. ТАЗАБЕКОВ, О.Т. БАЛАБАЕВ, С.Ж. КОСБАРМАКОВ. **Установившийся процесс при функционировании пластинчатых конвейеров.**

Рассмотрены вопросы функционирования многоприводных пластинчатых конвейеров. Разработана их расчетная схема, определены величины скорости в установившемся процессе работы конвейера и уравнения взаимосвязи.

УДК 622.647. Т.К. БАЛГАБЕКОВ. **Разработка экспериментальной формы пластинчатого конвейера для расчета по внедрению натяжного устройства, оборудованного электромеханическим приводом.**

Рассматриваются вопросы по созданию экспериментального стенда для исследования натяжного устройства, оборудованного электромеханическим приводом, установленным на пластинчатый конвейер с концевыми приводами.

УДК 656.566. Т.Б. СУЛЕЙМЕНОВ. **Теория и практика логистических цепей обслуживания грузов.**

Рассматриваются как теоретические основы, так и практические рекомендации по изучению и применению моделирования на ЭВМ работы сложных транспортных систем. Изложение материала конкретизировано в отношении транспортно-складских комплексов.

УДК 628.33:662.1. А.Ш. ШАЙКЕЖАН, А.О. САРСЕМБАЕВА. **О комплексном использовании сырьевых материалов для синтеза клинкера белитового состава.**

Рассматривается возможность совмещения технологии получения тепловой энергии и белитового клинкера из минеральной части при сжигании эквиста углекислого угля.

УДК 539.3:534.1. П.М. ЖАНГЕЛДИНА. **Устойчивость кольцевых пластин при чистом сдвиге.**

Рассмотрена задача об устойчивости кольцевых пластин при действии равномерно распределенных касательных сил по контурам. Путем введения новой функции и переменной проведено упрощение функционала уравнения Эйлера. Для адекватного описания форм потери устойчивости осуществлен переход к косоугольной системе координат.

УДК (519.9+518.5):532.54. Н.И. КАРАСЕВ, Н.И. ТОМИЛОВА. **Математическая модель узловых напоров для задач потоко-распределения в теплоснабжающих системах мегаполисов.**

Рассмотрена математическая модель узловых напоров для задач потоко-распределения в теплоснабжающих системах мегаполисов.

УДК 621.0892. Т.Л. ТЕН. **Физические измерения и их термодинамические модели.**

Предлагается подход применительно к процессам совершенно различной природы, отличный от подхода Р.П. Поплавского только в части математической формулировки задачи, но не выходящий за рамки идеологии переходных процессов, связанных с наличием термостата.

УДК 338.31:622.324.5. Ю.П. ХАРЬКОВСКИЙ, В.М. ХАРЬКОВСКАЯ. **Экономическая**

кезіндегі әр түрлі амалдар қарастырылған. Нақты модельдерді талдаудың қиындықтары және оларды жеңуге мүмкіндік беретін, кейбір жасанды тәсілдер көрсетілген.

ӨЖ 622.647. И.И. ТАЗАБЕКОВ, О.Т. БАЛАБАЕВ, С.Ж. КОСБАРМАКОВ. **Қатпарлы конвейерлердің жұмыс істеуі кезінде қалыптасқан процесс.**

Көп жетекті қатпарлы конвейерлердің жұмыс істеу мәселелері қарастырылған. Олардың есептік сұлбалары әзірленген, конвейердің жұмыс істеуінің қалыптасқан процесіндегі жылдамдық шамалары және өзара байланыс теңдеулері анықталған.

ӨЖ 622.647. Т.К. БАЛГАБЕКОВ. **Қатпарлы конвейерге электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықталған тартым қондырғысын енгізгендегі есептер үшін эксперименталдық пішім құрастыру.**

Ақырлы жетектері бар қатпарлы конвейерге орнатылған, электрмеханикалық жетекпен жабдықталған, керу құрылғысын зерттеу үшін эксперименттік стендті жасау бойынша мәселелер қарастырылады.

ӨЖ 656.566. Т.Б. СУЛЕЙМЕНОВ. **Жүктерге қызмет көрсететін логистикалық тізбектердің теориясы және практикасы.**

Күрделі тасымалдау жүйелерінің жұмысын ЭЕМ-де модельдеуді зерделеу және қолдану бойынша теориялық негіздер де, практикалық ұсыныстар да қарастырылады. Материалдың баяндалуы тасымал-қоймалық кешендерге қатысты нақтыландырылған.

ӨЖ 628.33:662.1. А.Ш. ШАЙКЕЖАН, А.О. САРСЕМБАЕВА. **Белит құрамды клинкерлерді синтездеу үшін шикізат материалдарын кешенді пайдалану туралы.**

Екібастұз көмірін жағу кезінде минерал бөліктен жылу энергиясын және белит клинкерін алу технологиясын бірлестіру мүмкіндігі қарастырылады.

ӨЖ 539.3:534.1. П.М. ЖАНГЕЛДИНА. **Таза ығысу кезінде сақиналық қатпарлардың тұрақтылығы.**

Бірқалыпты үлестірілген жанама күштер контурлар бойынша әрекет еткенде сақиналық қатпарлардың тұрақтылығы туралы есеп қарастырылған. Жаңа функция мен айнымалыны енгізу жолымен Эйлер теңдеуінің функционалдық ықшамдау жүргізілген. Тұрақтылықты жоғалту пішіндерін барабар сипаттау үшін координаталардың қисық бұрышты жүйесіне ауысу жүзеге асырылған.

ӨЖ (519.9+518.5):532.54. Н.И. КАРАСЕВ, Н.И. ТОМИЛОВА. **Мегаполистердің жылумен қамтитын жүйелерінде ағынды тарату есептеріне арналған тараптық арындардың математикалық моделі қарастырылған.**

Мегаполистердің жылумен қамтитын жүйелерінде ағынды тарату есептеріне арналған тараптық арындардың математикалық моделі қарастырылған.

ӨЖ 621.0892. Т.Л. ТЕН. **Физикалық өлшемдер және олардың термодинамикалық модельдері.**

Р.П. Поплавскийдің амалынан тек есепті математикалық тұжырымдау бөлігінде ғана ерекшеленетін, бірақ термостаттың бар болуымен байланысты, өтпелі процестер идеологиясының шеңберінен шықпайтын, мүлдем әртүрлі табиғатты процестерге қатысты амал ұсынылады.

ӨЖ 338.31:622.324.5. Ю.П. ХАРЬКОВСКИЙ, В.М. ХАРЬКОВСКАЯ. **Метан газын өнеркә-**

describe transport flows dynamics. There are shown the difficulties of real models analysis and some artificial techniques to overcome them.

UDC 622.647. I.I. TAZABEKOV, O.T. BALABAYEV, S.Zh. KOSBARMAKOV. **Fixed Process in Apron Conveyers Functioning.** There are considered the questions of multi-drive apron conveyers functioning. There is worked out their calculated scheme, determined speed values in the conveyor fixed working process and inter-connection equations.

UDC 622.647. T.K. BALGABEKOV. **Working out Experimental Form of Apron Conveyor for Calculating Take-up Equipped with Electromechanical Drive.**

There are considered the questions of organizing an experimental stand for studying the take-up equipped with electromechanical drive fixed on the apron conveyor with end drives.

UDC 656.566. T.B. SULEIMENOV. **Theory and Practice of Logistics Chains of Cargo Servicing.**

There are considered both theoretical principles and practical recommendations to study and to use the electronic modeling of complicated transport systems operating. The material presenting is concretized relating to the transport-and-store complexes.

UDC 628.33:662.1. A.Sh. SHAIKEZHAN, A.O. SARSEMBAYEVA. **About Complex Use of Raw Materials for Belite Composition Clinkers Synthesis.**

There is considered the possibility to combine the technology of obtaining thermal power and belite clinker from the mineral part when burning the Ekibastuz coal.

UDC 539.3:534.1. P.M. ZHANGELDINA. **Ring Plates Stability in Simple Shear.**

There is considered the problem of ring plates stability under the action of uniformly distributed tangent forces in contours. By means of a new function and a variable introducing there is simplified the functional of Euler equation. To describe adequately the stability losses forms there is carried out the transition to the oblique-angle coordinate system.

UDC (519.9+518.5):532.54. N.I. KARASOV, N.I. TOMILOVA. **Mathematical Model of Node Heads for Flow Distribution Problems in Heat Supplying Systems of Megapolises.**

There is considered a mathematical model of node heads for flow distribution problems in heat supplying systems of megapolises

UDC 621.0892. T.L. TEN. **Physical Measurements and their Thermodynamic Models.**

There is suggested an approach to the processes of quite different nature differing from R.P. Poplavsky approach only in the part of the problem mathematical formulating, but not leaving the frames of the transition processes ideology connected with the thermostat presence.

UDC 338.31:622.324.5. Yu.P. KHARKOVSKY, V.M. KHARKOVSKAYA. **Efficiency of Gas**

эффективность использования газа метана в промышленных и бытовых целях.

Экономическое сравнение показало, что использование шахтного газа метана в сжиженном виде в качестве моторного топлива для автомобилей в 4-5 раз дешевле бензина и солярки, а использование газа метана в виде метановоздушной смеси для бытовых целей на шахтных котельнях в 2-3 раза дешевле пропанбутановой смеси.

УДК 624.154.5:69.003.12. З.А. МУЛДАГАЛИЕВ, А.С. КАДЫРОВ, Б.К. КУРМАСHEBA. **Экономико-математическое моделирование установления оптимальных показателей назначения землеройных машин для строительства способом «стена в грунте».**

В результате исследований экономико-математической модели были получены зависимости, позволяющие определить показатели скорости и мощности при непрерывной и циклической проходке скважины способами вращательного бурения.

УДК 339(574)=512.122. О. НУРГАЛИЕВ. **Оценка конкурентоспособности товара.**

Рассмотрены факторы, обеспечивающие конкурентоспособность товара в условиях рыночной экономики, и методика оценки конкурентоспособности продукта.

сіптік және тұрмыстық мақсаттарда пайдаланудың экономикалық тиімділігі.

Экономикалық салыстыру шахталық метан газын автомобильдер үшін мотор отыны ретінде сұйытылған түрде пайдаланудың бензин мен соляркадан 4-5 есе арзан, ал метан газын шахталық қазандықтарда тұрмыстық мақсаттар үшін метан-ауа қоспасы түрінде пайдаланудың пропан-бутан қоспасынан 2-3 есе арзан екендігін көрсетті.

ЭОЖ 624.154.5:69.003.12. З.Ә. МОЛДАФАЛИЕВ, Ә.С. ҚАДЫРОВ, Б.Қ. ҚҰРМАСHEBA. **«Грунттағы қабырға» тәсілімен салу үшін жер қазатын машиналар тағайындауының оңтайлы көрсеткіштерін анықтауды экономика-математикалық модельдеу.**

Экономика-математикалық модельді зерттеу нәтижесінде ұңғыманы айналмалы бұғылау тәсілдерімен үздіксіз және циклдік ұңгілеу кезіндегі жылдамдық және қуат көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік беретін тәуелділіктер алынды.

ЭОЖ 339(574)=512.122. Ө. НҰРФАЛИЕВ. **Өнімнің бәсекелік қабілеттілігін қамтамасыз ету.**

Нарықтық экономика жағдайларында тауардың бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ететін факторлар және өнімнің бәсекеге қабілеттілігін бағалау әдістері қарастырылған.

Methane Use with Industrial and Everyday Purposes.

The economic comparison showed that using mining gas methane in liquefied form as an engine fuel for automobiles is 4-5 times cheaper than petrol, and its use in the form of methane-and-air mixture for everyday purposes in mining boiler house is 2-3 times cheaper than that of propane-and-butane mixture.

UDC 624.154:69.003.12. Z.A. MULDAGALIYEV, A.S. KADYROV, B.K. KURMASHEVA. **Economical-and-Mathematical Modeling of Establishing Optimal Characteristics of Earth-Moving Machines for Constructing by «Wall-in-Ground» Method.**

As a result of studying an economical-and-mathematical model there were obtained dependences permitting to determine speed and power characteristics in continuous and cyclic development of bore-holes by the methods of rotary drilling.

UDC 339(574)=512.122. O. NURGALIYEV. **Goods Competitiveness Assessment.**

There are considered the factors providing goods competitiveness in the conditions of the market economics and the methods of goods competitiveness assessment.

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагается CD-диск с файлами, направление организации. Приводится аннотация на русском языке, указывается индекс УДК. Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через два интервала (между строками 6 мм) на одной стороне листа форматом 210x297 мм; **поля со всех сторон по 2 см**; страницы нумеруются. На дискете текст необходимо набирать в редакторе Word 97 либо Word 2000 (не ниже) **шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегель) — 14.**

Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в тексте.

Рекомендуется компьютерная графика. Рисунки могут иметь расширения, совместимые с Word 97, Word 2000, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP.

Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегель) 14. Рисунки должны быть хорошего качества.

Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегель) 14.

Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType или Equation.

В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты. Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов.

Публикация неверно оформленных статей задерживается.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано две статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать данными, полученными экспериментальным путем или методами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не

допускается использование в статьях фрагментов текста, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2008. № 1. 96 с.

№ 1351-ж тіркеу куәлігін 2000 жылдың 4 шілдесінде Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігі берген

Регистрационное свидетельство № 1351-ж от 04.07.2000 года выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

Редакциялық-баспалық бөлім меңгерушісі — Зав. редакционно-издательским отделом
Т.В. Рустемова

Редакторлар — Редакторы

Р.С. Исакова, К.К. Сагадиева
Аудармашылар — Переводчики

А.С. Кордабаева, Н.М. Драк
Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка
М.М. Утебаев

Басуға қол қойылды	28.03.2008	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	15,0	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	3850	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции
100027, г. Караганда, бульвар Мира, 56. Издательство КарГТУ, тел. 56-20-62

