

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

1 * 2003

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

Мерзімділігі жылына 4 рет

Периодичность 4 раза в год

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

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

МЕНШІК ИЕСІ

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

СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

Г.Г. Пивень — ректор, академик МАН ВШ, д-р техн. наук, профессор

Редакционный совет

- Пивень Г.Г.** ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф. (председатель)
- Акимбеков А.К.** проректор по научной работе и международным связям, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя)
- Исагулов А.З.** зав. кафедрой машин, технологии литейного производства и конструкционных материалов, академик МАИИ, д-р техн. наук, проф. (ответственный редактор)
- Ахметжанов Б.А.** зав. кафедрой экономики предприятий, д-р экон. наук, проф.
- Бакиров Ж.Б.** зав. кафедрой прикладной механики, д-р техн. наук, проф.
- Брейдо И.В.** зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИИ, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Гращенко Н.Ф.** профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, академик МАН ЭБ, д-р техн. наук
- Ермеков М.А.** профессор кафедры геофизики и геологии, чл.-кор. НАН РК, д-р геол.-минер. наук
- Жадрасинов Н.Т.** профессор кафедры прикладной механики, академик МАИИ, чл.-кор. ИА РК, д-р техн. наук
- Жумасултанов А.Ж.** профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук
- Кашиков Ш.К.** профессор кафедры экономической теории, академик МЭАЕ, чл.-кор. АСН РК, д-р экон. наук
- Квон С.С.** профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, д-р техн. наук
- Климов Ю.И.** зав. кафедрой горных машин и оборудования, академик МАИИ, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Колесникова Л.И.** зав. кафедрой экономической теории, канд. экон. наук, доц.
- Малыбаев С.К.** зав. кафедрой промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.
- Низаметдинов Ф.К.** зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, д-р техн. наук, проф.
- Нургужин М.Р.** первый проректор, академик МАИИ, д-р техн. наук, проф.
- Пак Ю.Н.** проректор по учебно-методической работе, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Палев П.П.** профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, д-р техн. наук
- Сагинов А.С.** академик НАН РК, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Сагинтаев С.С.** зав. кафедрой высшей математики, чл.-кор. МАИИ, канд. техн. наук, проф.
- Смирнов Ю.М.** зав. кафедрой физики, академик МАИИ, д-р техн. наук, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	7
ПОРТНОВ В.С., ЯВОРСКИЙ В.В., НУРГУЖИНА А.М. Методика определения основных направлений деятельности подразделений университета для формирования бизнес-плана и оценки деятельности.....	7
ПОРТНОВ В.С., ЯВОРСКИЙ В.В., НУРГУЖИНА А.М. Методика аттестации профессорско-преподавательского состава университета с использованием новых информационных технологий.....	9
АНДРЕЕВ Е.В., ДЕМЧЕНКО Е.В., КАЛИНИН А.А. Применение в учебном процессе комплекса технических средств «Энергия» в структуре лабораторного комплекса компьютерных систем технологического контроля и управления	10
РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	13
КУЗЕМБАЕВ С.Б., АХМЕТОВА С.С., КУЗЕМБАЕВ А.С. Газодинамические аспекты уплотнения литейных форм и стержней сжатым воздухом	13
ЧУРИКОВ А.П., ТРИШИН В.М., ЯЩЕНКО В.З. Влияние угла поворота режущей поверхности на разновысотность и толщину сечения среза.....	17
СИХИМБАЕВ М.Р., ГУЛЕВ А.Г. Сравнительный анализ аналоговых и цифровых способов изготовления голограмм.....	19
КУЗЕМБАЕВ С.Б., АХМЕТОВА С.С. Исследование влияния коэффициента бокового давления	22
ТОЛЫМБЕКОВ М.Ж. Об оптимальных соотношениях конгруэнтных соединений в шлаках, технологии и повышении эффективности производства высокоуглеродистого ферромарганца.....	24
РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ	27
ДЕМИН В.Ф. Методические положения выбора средств механизации технологических схем очистных работ	27
СОН Д.В. Перспективы применения технологии комбинированной подземной угледобычи в Карагандинском угольном бассейне	31
ШИРОВ В.Ю. Технологические схемы комбинированной выемки.....	32
ХАМИТОВ С.К. Уравнение турбулентной диффузии при периодических и смешанных выделениях примесей в горной выработке.....	34
ДЕМИН В.Ф. Рациональные технологические схемы проведения выемочных выработок	37
ТАКИШОВ А.А. Деформированное состояние целиков с «ядром» прочности.....	40
РАКИШЕВ Б.Р., ТАКЕЛЕКОВ К.К., ТАКЕЛЕКОВ К.Ж. Обоснование параметров буровзрывных работ при подготовке котлованов под промышленные здания и сооружения.....	42
РАЗДЕЛ 4. ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ	46
ЭТТЕЛЬ В.А. Обобщенная структурная схема распознающей системы для вибродиагностики редукторов горных машин.....	46
МИТУСОВ А.А., МИТУСОВ В.А. Программа исследования энергетических характеристик гидродвигателей ударного действия.....	49
МИТУСОВ А.А. Инерционное сопротивление гидродвигателей ударного действия	51
ФИЛИППОВА Т.С. Улучшение аппроксимации распределения сопротивляемости угля резанию путем учета высших моментов	52
РАЗДЕЛ 5. ТРАНСПОРТ	56
КУАНЫШБАЕВ Ж.М., САРЖАНОВ Д.К. Усилие осевого смещения подвижного венца транспортных машин.....	56
ИБАТОВ М.К., ПОПОВИЧЕНКО Р.М., ДЖИЕНБАЕВ Б.Б., КЕНЕСОВ Н.М. Термодинамический расчет термического нейтрализатора отработавших газов карьерных автосамосвалов	58

ПОПОВИЧЕНКО Р.М., РЫЖКОВ Э.Н., ИБАТОВ М.К., САГИНТАЕВ Н.Т. Исследование аэродинамических характеристик для разработки конструктивных схем каталитических нейтрализаторов	60
КРУПНИК Л.А., СТОЛПОВСКИХ И.Н. Оптимизация пропускной способности погрузочных пунктов без аккумулирующих емкостей.....	63
СТОЛПОВСКИХ И.Н. Температурные ограничения режимов работы тяговых двигателей электровозов в высокогорных условиях подземных рудников.....	65
РАЗДЕЛ 6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ	68
КАН О.А., ЛЕБЕДЕВ А.А., КАН Д.О. Опрос контролируемых датчиков в АСУ «Безопасность».....	68
КОГАЙ Г.Д., ТЕ Т.Л. Приемный полукомплект многомерной системы телемеханики.....	70
КОГАЙ Г.Д., НУРГУЖИНА А.М., ЯВОРСКАЯ Г.М. Алгоритмы оценки деятельности подразделений и программное обеспечение	72
КОГАЙ Г.Д., НУРГУЖИНА А.М., ЯВОРСКАЯ Г.М. Функция желательности как универсальный критерий оценки деятельности учебных подразделений.....	73
РАЗДЕЛ 7. ОХРАНА ТРУДА. ЭКОЛОГИЯ	75
АКИМБЕКОВ А.К., ХАРЬКОВСКИЙ В.С., ТИМОШИН С.В. Анализ инженерного риска опасных производственных объектов железнодорожного транспорта.....	75
ХАРЬКОВСКИЙ В.С., ДРИЖД Н.А., КИРСИК А.Ф., БАЛАБАС Л.Х. Закономерности пылеосаждения жидкостью в ограниченном пространстве	79
ЖАРОВ С.В., ЖАРОВА С.С., НУГУЖИНОВ Ж.С., ФЕСЕНКО А.А. Экологические аспекты промышленного развития объектов нефтегазового комплекса Западного Казахстана	81
РАЗДЕЛ 8. ЭКОНОМИКА	85
КОШЕБАЕВА Г.К., БОБРОВА Н.С. Анализ и перспективы развития регионального рынка труда на примере Карагандинской области.....	85
ИЩЕНКО А.П., ГАЛИНСКАЯ О.В. Прогнозирование темпов изменения объема производства предприятий.....	89
АУБАКИРОВА Г.М. Матричная модель оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности промышленного предприятия.....	92
РЕЗЮМЕ	97

УДК 378.14:005

В.С. ПОРТНОВ
В.В. ЯВОРСКИЙ
А.М. НУРГУЖИНА

Методика определения основных направлений деятельности подразделений университета для формирования бизнес-плана и оценки деятельности

Университет как организационная система обладает рядом особенностей. В их числе необходимо отметить, прежде всего, существенное преобладание информационных процессов над материальными, поскольку значительную часть предмета деятельности, средств деятельности и конечных продуктов деятельности в этой системе составляет информация. Это усложняет описание основных процессов функционирования университета, ибо информационным процессам в большей мере, чем материальным, свойственна сложная взаимосвязь между результатами труда и потребляемыми ресурсами (людскими, финансовыми, материально-техническими).

Другой важной особенностью университета по сравнению с другими организационными системами является преобладание человеческого фактора. Для основного технологического процесса университета — процесса обучения — основным предметом деятельности, субъектом и основным средством деятельности, а также и основным конечным продуктом деятельности является человек. Преобладание активного элемента — человека — не только в контуре управления, но и в составе основных процессов деятельности вносит известную степень неопределенности и необходимость учета активности поведения структурных элементов.

Перечисленные особенности подтверждают тезис о том, что университет является большой и сложной системой, в том смысле, что ее поведение (функционирование, развитие) не может быть

адекватно полностью и детально описано с помощью одной модели. Модель функционирования университета может быть представлена в виде многоуровневого описания целей системы, иерархической системы управления и процесса функционирования.

Рассматривая глобальную цель функционирования университета, можно остановиться на следующей ее формулировке. *Это подготовка в соответствии с установленными нормами и стандартами специалистов, отвечающих требованиям рынка труда и необходимости всестороннего развития личности, поддержание высокого уровня научно-методической и научно-технической деятельности для повышения конкурентоспособности образования и развития научно-технического потенциала при эффективном использовании имеющихся ресурсов и обеспечении финансовой самостоятельности.*

Для дальнейшей декомпозиции можно выделить шесть основных продуктов деятельности подразделений университета:

- дипломированные специалисты и выпускники образовательных программ;
- учебно-методическая продукция;
- научные исследования;
- результаты финансово-коммерческой деятельности;
- культурно-массовые мероприятия;
- результаты хозяйственной деятельности.

В соответствии с этим можно сформулировать цели второго уровня, которые отражают требования к основным видам конечных продуктов деятельности:

1. Выпуск специалистов в соответствии с установленными нормативами и требованиями рынка труда.

2. Поддержание высокого уровня учебно-методической работы, при постоянном совершенствовании методов и средств обеспечения учебного процесса.

3. Обеспечение научно-исследовательской работы для развития научно-технического потенциала, повышения уровня и развития активных форм обучения, установления научно-методических связей с ведущими предприятиями по профилям университета.

4. Обеспечение необходимой финансовой эффективности основных и дополнительных учебно-образовательных, научно-технических и прочих платных услуг.

5. Обеспечение высокого уровня спортивных и культурно-воспитательных мероприятий.

6. Обеспечение необходимого уровня и высокой эффективности строительных и ремонтных работ, мероприятий по охране труда, благоустройству и содержанию материально-технических средств.

Третий уровень дерева целей должен отражать требования основных систем, взаимодействующих с университетом. Такими системами являются следующие:

- общественные интересы;
- Министерство образования и науки;
- рынок труда и, прежде всего, базовые предприятия — потребители специалистов;
- территориальные органы управления;
- объект управления — факультеты и кафедры, обеспечивающие реализацию проектов обучения;
- обучающиеся как активный предмет деятельности университета;
- система управления учебным процессом университета;
- учебно-методические советы по специальностям университета;
- система управления учебно-методической работой университета;
- научно-технические потребности общества;
- рынок научно-технической продукции;
- заказчики научно-технической продукции;
- кафедры и лаборатории университета, реализующие научно-технические проекты;
- система управления научно-исследовательской деятельностью;
- ведущие предприятия и организации по профилю научной деятельности университета;
- рынок образовательных услуг;
- рынок научно-технических и прочих коммерческих услуг;
- предприятия, во взаимодействии с которыми университет осуществляет коммерческие проекты;
- планово-финансовые органы управления университетом;
- органы университета по управлению социальным развитием;
- органы хозяйственного управления университета.

Каждая из взаимодействующих подсистем предъявляет ряд требований к конечным продуктам системы. Эти требования следует отразить, декомпозируя соответствующие цели второго уровня.

Полученное таким образом дерево целей необходимо, прежде всего, использовать для совершенствования организационной структуры и распределения в рамках нее полномочий и ответственности.

Существующая линейно-функциональная структура управления университетом, как правило, соответствует дереву целей. Тем не менее, регламент деятельности имеющихся линейных подразделений не в полной мере позволяет отслеживать выполнение требований взаимодействующих с университетом систем. Таким образом, регламент деятельности имеющихся линейных подразделений требует постоянной модернизации.

Цели функционирования университета позволяют определить критерии для оценки деятельности его основных подразделений — кафедр и факультетов. Эти критерии являются количественными либо качественными измерителями уровня реализации целей.

Критерии качества функционирования подразделений в соответствии с деревом целей подразделяются на 6 групп, отражающих направления деятельности университета:

1. Учебная работа.
2. Методическая работа.
3. Научно-исследовательская работа.
4. Финансово-коммерческая деятельность
5. Спортивная и культурно-воспитательная работа.
6. Хозяйственная деятельность.

Первым этапом системного анализа деятельности подразделений университета является определение системных нормативных параметров для бизнес-планирования. Для этого руководству университета предоставляются значение параметра подразделения в предыдущий период и рекомендуемое автоматизированной системой значение норматива. Используя эти данные, руководство окончательно определяет нормативное значение параметра. С использованием этих значений система формирует коэффициенты относительной важности (веса) нормативных значений параметров внутри группы параметров и веса групп параметров, которые вновь предоставляются руководству университета для корректировки. После окончательного определения нормативов и весовых значений они публикуются для того, чтобы подразделения, участвующие в конкурсе, имели ориентиры для организации работы по достижению нормативных значений.

При оценке деятельности подразделений после заполнения информационных анкет определяются фактические значения параметров: x_{ikj} , $i = \overline{1, I}$, $k = \overline{1, K}$, $j = \overline{1, J_k}$, где i — номер анализируемого подразделения; I — количество анализируемых подразделений (анализ деятельности выпускающих, невыпускающих кафедр и факультетов ведется

раздельно); j — номер параметра в k -й группе параметров; K — количество групп параметров. Для анализа используются нормативные значения параметров: $x_{ikj}^H, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$ весовые коэффициенты параметров в рамках каждой группы: $v_{ikj}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$ а также весовые коэффициенты каждой группы: $V_{ik}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}$.

Оценка работы подразделения по каждому параметру $f_{ikj}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$ определяется следующим образом:

$$f_{ikj} = \frac{x_{ikj}^H}{x_{ikj}^H}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}.$$

Оценка работы подразделения по группе параметров $f_{ik}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}$ определяется следующим образом:

$$f_{ik} = \sum_{j=1}^{J_k} v_{ikj} f_{ikj}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}.$$

Итоговая оценка работы подразделения $f_i, i = \overline{1, I}$ определяется следующим образом:

$$f_i = \sum_{k=1}^K V_{ik} f_{ik}, i = \overline{1, I}.$$

УДК 378.12:331.108.43

В.С. ПОРТНОВ
В.В. ЯВОРСКИЙ
А.М. НУРГУЖИНА

Методика аттестации профессорско-преподавательского состава университета с использованием новых информационных технологий

Научно-педагогического сотрудника университета можно отнести к основным средствам деятельности и главным участникам реализации основного проекта деятельности: рабочего учебного плана (РУП). Поэтому практически все цели функционирования университета и тем более РУП проецируются на деятельность ППС.

Глобальную цель деятельности ППС можно сформулировать следующим образом — это *обеспечение подготовки в соответствии с установленными нормами и стандартами специалистов по определенным дисциплинам РУП, отвечающим требованиям рынка труда и необходимости всестороннего развития личности, а также поддержание высокого уровня научно-методической и научно-технической деятельности при эффективном использовании имеющихся ресурсов.*

Важнейшей задачей является создание такой системы планирования и стимулирования деятельности, которая развивает активность сотрудников, а не подавляет ее. Процесс создания такой согласованной системы планирования и стимулирования деятельности не сводится к процессу воспитания отдельного индивидуума, он отражает процесс накопления культуры организационной деятельности. Этот процесс формирует сотрудников, для которых характерна установка на индивидуальный успех, дисциплинированность, ответственность и рациональность.

Решение указанных проблем современными методами и средствами предполагает организацию системной деятельности и создание корпоративной информационной системы организации, которая позволяет создавать единую информационную среду организации.

Разработанная INTRANET-сеть университета является определенным приближением к созданию такой открытой информационной среды. Каждый

научно-педагогический сотрудник в рамках этой системы может иметь собственные WEB-ресурсы, полностью доступные в INTRANET-сети и частично опубликованные в INTERNET.

Важнейший раздел этих ресурсов должен быть связан с анализом и оценкой деятельности сотрудника. В таком разделе должны быть приведены параметры деятельности за предыдущий учебный год и нормативы на текущий год. Кроме того, сотрудник один раз в семестр публикует информационную анкету своей деятельности. Результаты деятельности сотрудника обрабатываются в конце учебного года экспертной системой «Анализ» и могут служить основанием для принятия решения по заключению контрактов на следующий год.

Для дальнейшей декомпозиции можно выделить шесть основных продуктов и направлений деятельности сотрудника в университете:

- подготовка специалистов по определенным дисциплинам;
- учебно-методическая продукция;
- научные исследования;
- организационно-методическая и воспитательная работа;
- финансово-хозяйственная деятельность;
- общественная работа.

В соответствии с этим можно сформулировать следующие цели второго уровня:

1. Обеспечение подготовки специалистов по закрепленным дисциплинам.
2. Обеспечение высокого уровня учебно-методической работы и совершенствование методов и средств обеспечения учебного процесса.
3. Активное участие в научно-исследовательской работе.
4. Активное участие в организационно-методической и воспитательной работе.

5. Участие в финансово-хозяйственной деятельности университета.

6. Активное участие в общественной работе.

Третий уровень дерева целей отражает требования основных систем, взаимодействующих при реализации представленных целей. Очевидно, что в качестве таких систем можно рассматривать руководство университета, деканат, кафедру, самого сотрудника и обучающихся.

При определении критериев анализа деятельности сотрудников были реализованы принципы отражения основных целей и максимально возможной информационной согласованности с системами анализа кафедрального и университетского уровня.

Критерии анализа деятельности сотрудника в соответствии с деревом целей подразделяются на 6 групп, отражающих направления его деятельности:

1. Учебная работа.
2. Методическая работа.
3. Научно-исследовательская работа.
4. Финансово-коммерческая деятельность
5. Спортивная и культурно-воспитательная работа.
6. Хозяйственная деятельность.

Первым этапом системного анализа деятельности сотрудников университета является определение системных нормативных параметров. Для этого заведующему кафедрой предоставляются значения параметров работы сотрудника в предыдущий период и рекомендуемое автоматизированной системой значение норматива. Используя эти данные, заведующий кафедрой окончательно определяет нормативные значения. С использованием этих значений система формирует коэффициенты относительной важности (веса) нормативных значений параметров внутри группы параметров и веса групп параметров, которые вновь предоставляются заведующему кафедрой для корректировки. После окончательного определения

нормативов и весовых значений они предоставляются сотрудникам для того, чтобы они имели ориентиры для организации работы по достижению нормативных значений.

При оценке деятельности сотрудника, после заполнения им информационных анкет, определяются фактические значения параметров: $x_{ikj}, i = \overline{1, I},$

$k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$, где i — номер сотрудника; I — количество аттестуемых сотрудников; j — номер параметра в k -й группе параметров; K — количество групп параметров. Для анализа используются нормативные значения параметров:

$x_{ikj}^H, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$ весовые

коэффициенты параметров в рамках каждой группы:

$v_{ikj}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$ а также весовые

коэффициенты каждой группы: $V_{ik}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}$.

Оценка работы сотрудника по каждому параметру $f_{ikj}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}$ определяется следующим образом:

$$f_{ikj} = \frac{x_{ikj}}{x_{ikj}^H}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}, j = \overline{1, J_k}.$$

Оценка работы сотрудника по группе параметров $f_{ik}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}$ определяется следующим образом:

$$f_{ik} = \sum_{j=1}^{J_k} v_{ikj} f_{ikj}, i = \overline{1, I}, k = \overline{1, K}.$$

Итоговая оценка работы сотрудника $f_i, i = \overline{1, I}$ определяется следующим образом:

$$f_i = \sum_{k=1}^K V_{ik} f_{ik}, i = \overline{1, I}.$$

УДК 621:681

Е.В. АНДРЕЕВ
Е.В. ДЕМЧЕНКО
А.А. КАЛИНИН

Применение в учебном процессе комплекса технических средств «Энергия» в структуре лабораторного комплекса компьютерных систем технологического контроля и управления

На сегодняшний день автоматизация систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) является одним из прогрессирующих и перспективных элементов рынка промышленной автоматизации [1, 2]. При наличии современной АСКУЭ промышленное предприятие имеет возможность полностью контролировать весь процесс энергопотребления, минимизируя свои энергозатраты.

Многие производители средств учета энергоресурсов предлагают сравнительно новое явление - поставку готовых решений. Примерами подобных систем являются КТС «Энергия», КТС «АльфаМет», ЦТ-5000 и многие другие [2, 3]. Привлекательной стороной таких систем является

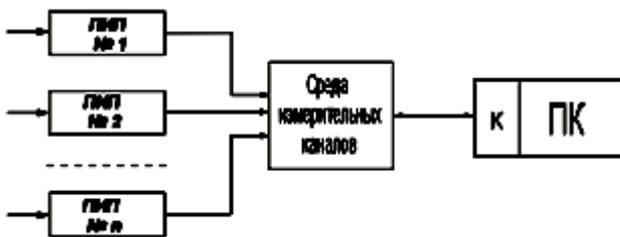
высокая заводская готовность комплекса к использованию у заказчика, который часто может обойтись без обследования и даже без проекта системы. Для готового решения используются PC-технологии промышленной автоматизации, офисные компьютеры и программное обеспечение с дружественным интерфейсом, что уменьшает стоимость системы и упрощает ее обслуживание. Тем не менее, создание и обслуживание АСКУЭ требуют от инженерного персонала определенного уровня знаний.

В учебном процессе КарГТУ, по ряду специальных дисциплин электромеханических и электротехнических специальностей, для

ознакомления с общими принципами промышленного контроля и учета энергоресурсов применяется комплекс технических средств КТС «Энергия». КТС «Энергия» позволяет изучить принцип действия АСКУЭ, их основные параметры, основы наладки и работу со специализированными программными пакетами.

КТС «Энергия» представляет собой двухуровневую систему «ПИП-ПК» («первичный измерительный преобразователь - персональный компьютер») второго поколения, с архивацией данных в персональный компьютер, который доукомплектовывается специальным модулем сбора данных (см. рис.).

Первый уровень организован на электроиндукционных счетчиках САЗУ-И687 первого поколения, сигнал которых через устройства формирования импульсов (УФИ) поступает на устройства сбора данных (УСД) Е441 или Е441М. Второй уровень представляет собой персональный компьютер со специализированным программным обеспечением, осуществляющим сбор информации с платы ввода-вывода ДАКЖ 758726.006, отображение и документирование данных учета.



Структура КТС «Энергия»

Предлагаемая система имеет широкий перечень учитываемых энергоресурсов (расход, мощность, давление, температура, количество энергоносителя, количество теплоты с энергоносителем, количество потребляемой электроэнергии) [2]. Исходя из критерия важности и распространенности на предприятиях различных типов энергоресурсов, в обучающем процессе будет использован учет электроэнергии.

Для использования КТС «Энергия» в структуре лабораторного комплекса компьютерных систем (ЛККС) было разработано специальное программное обеспечение (Power2000), которое совместимо с программным обеспечением КТС «Энергия», позволяющее осуществить иерархическую схему контроля. В качестве районного диспетчерского пункта используется КТС «Энергия», а затем по локальным вычислительным сетям информация передается в центральный диспетчерский пульт предприятия для обработки ее с помощью Power2000.

При использовании КТС «Энергия» в образовательных целях предлагается следующая методика лабораторных экспериментов в структуре ЛККС. Для того чтобы произвести контроль и учет потребления электроэнергии на промышленном

предприятии, необходимо снять показания счетчиков электроэнергии и передать данные расчетной службе отдела главного энергетика предприятия. Данные о расходе электроэнергии, учитываемые счетчиками как обороты/мин (например, 1000 об/мин = 1 кВт·ч), преобразуются УФИ в импульсы (1000 имп = 1 кВт·ч). Импульсы накапливаются в УСД, откуда их можно считать в виде двоичной информации и с помощью специальных команд передать в персональный компьютер. После обработки данных в ПК оператор может просмотреть результаты на экране в виде таблиц и графиков или вывести их на печать.

При рассмотрении процесса учета и контроля потребления электроэнергии предприятие можно разделить на группы потребителей электроэнергии по определенным признакам (расположение на территории предприятия, назначение и т.д.). Группа имеет характеристики: название, номер. В каждую группу входит один или несколько объектов контроля (потребителей), которые можно охарактеризовать следующими параметрами: номер объекта, номер УСД, номер канала, место установки, коэффициент пересчета. Таким образом, можно просмотреть данные по каждому объекту контроля, на который установлен собственный счетчик электроэнергии. Потребители виртуально моделируются с помощью сетевой нагрузки. Также возможно провести подключение реальных нагрузочных устройств.

Кроме того, могут понадобиться данные об энергопотреблении за определенный период. Для этого представляем информацию о потреблении электроэнергии на предприятии по дням. У каждого дня есть характеристики: «число», «месяц», «год». Каждый день можно разделить на смены. Смена имеет характеристику «номер смены». Данные об энергопотреблении записываются по сменам каждый день и содержат показания счетчика, подключенного к каналу с номером «Номер канала» УСД с номером «Номер УСД» в момент времени «Часы. Минуты».

Исходя из приведенных материалов в учебный процесс будут введены следующие лабораторные работы:

Лабораторная работа №1. Принципы построения АСКУЭ.

Цель работы: Изучение по литературным источникам принципов построения АСКУЭ. Общее знакомство со стендом и разработка функциональной схемы стенда.

Лабораторная работа №2. «Анализ принципов построения программного обеспечения АСКУЭ».

Цель работы: Изучить функциональное назначение, свойства и характеристики программного обеспечения АСКУЭ. Провести анализ различных разработок АСКУЭ. Выбрать критерии сравнительной оценки промышленных АСКУЭ и составить таблицу показателей АСКУЭ по результатам анализа.

Лабораторная работа № 3. «Анализ функциональных задач и оценка характеристик информационных потоков в АСКУЭ распределенных промышленных объектов».

Цель работы: Знакомство с функциональными задачами АСКУЭ распределенных промышленных

объектов; знакомство с протоколами обмена данными в АСКУЭ.

Лабораторная работа № 4. «Система контроля и учета энергоресурсов комплекса технических средств (КТС) «Энергия»».

Цель работы: Теоретическое ознакомление с системой КТС «Энергия» и ее основных узлов, их принципом действия и назначением.

Лабораторная работа № 5. «Устройства сбора данных Е441М».

Цель работы: Теоретическое ознакомление с устройством сбора данных Е441М, его основных узлов, их принципом действия и назначением.

Лабораторная работа № 6. «Алгоритмы работы УСД Е441М»

Цель работы: Теоретически ознакомиться со структурой сообщений УСД, изучить алгоритмы работы УСД.

Лабораторная работа № 7. «Работа УСД Е441М (Е441) в тестовом режиме»

Цель работы: Исследовать работу УСД Е441М (Е441) в тестовом режиме, с выводом данных тестирования на монитор ПЭВМ. Обработка полученной информации.

Лабораторная работа № 8. «Работа КТС «Энергия» в тестовом режиме».

Цель работы: Исследовать работу КТС «Энергия» в тестовом режиме, вывести данные тестирования на монитор. Обработка полученной информации.

Лабораторная работа № 9. «Программный комплекс Power2000».

Цель работы: Теоретическое ознакомление с комплексом Power2000, алгоритмом работы и принципом действия.

Выполнив предложенный курс лабораторных практикумов, студент получит навыки, необходимые:

- для повышения эффективности учета энергопотребления путем снижения временных затрат на снятие показаний с измерительных приборов и выполнение расчетов;

- оперативности обработки текущей информации и составления отчетных документов.

Развитие рынка АСКУЭ в будущем приведет к росту точности измерения энергии, повышению надежности и функциональности, увеличению объемов памяти и расширению функций сетевых интерфейсов. Особенно бурное развитие предвидится в области телекоммуникаций для системы учета электроэнергии. Произойдет переход к корпоративным сетям передачи данных с объединением служб промышленности и энергетики. Тем не менее, готовые решения, подобные КТС «Энергия», сохраняют свои позиции как дешевый вариант для подсистем технического учета энергоресурсов и как средство для обучения обслуживающего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соскин Э.А. и др. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. М.: Энергоатомиздат, 1990. 360 с.
2. Гуртовцев А. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах // СТА 1999. №3. С.34-47.
3. Ядыкин И.Б. Развитие рынка средств и систем учета и управления энергопотреблением в промышленности // Живая электроника России. Справочник. Т.2. М., 2002. С.105-107.

Раздел 2**Машиностроение.
Металлургия**

УДК 621.74

*С.Б. КУЗЕМБАЕВ
С.С. АХМЕТОВА
А.С. КУЗЕМБАЕВ***Газодинамические аспекты уплотнения литейных форм и стержней сжатым воздухом**

Классификация способов уплотнения литейных форм сжатым воздухом следующая: пескоструйно-пескострельный, пескострельно-ствольный, пескострельно-пульсирующий, пескоструйно-шланговый, воздушно-фильтрационный и воздушно-импульсный [1].

Пескоструйно-шланговый способ формовки разработан в Японии и предназначен для мелкосерийного производства крупных форм и стержней. Формовочная смесь, непрерывно выходящая из смесителя, подхватывается струей воздуха и перемещается по шлангу, из которого выбрасывается в опоку, установленную на модельной плите [2]. Способ опробован в производственных условиях. Так, для уплотнения опок размером $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ м применяется машина производительностью 5,5 т/ч со шлангом диаметром 32 мм и длиной 3 м. Оптимальные результаты достигаются при расстоянии от выходного сечения шланга до модели около 1 м и при величине угла между направлением движения струи воздуха со смесью и поверхностью модели в пределах $45 \dots 90^\circ$. Емкость расходного бункера машины составляет 4 т, размеры проходного смесителя: внутренний диаметр 280 мм, длина 1,1 м, максимальная производительность 10 т/ч, мощность двигателя 5,5 кВт [3]. Формовочные и стержневые машины, реализующие данный способ, запатентованы в ряде стран [4-6].

С газодинамической точки зрения данный процесс представляет собой истечение воздушно-песчаной струи из незамкнутого объема (поскольку смесь непрерывно поступает из расходного бункера) в атмосферу под действием сжатого воздуха постоянного давления, непрерывно подаваемого из заводской магистрали. Следовательно, процесс аналогичен пескоструйному (или дробеструйному) процессу очистки отливок. Разница лишь в степени связности подаваемого материала.

Газодинамическими факторами, определяющими процесс формообразования, являются потери напора по длине шланга и количество движения (импульс) уплотняемой смеси в момент соприкосновения с моделью или ранее уложенной уплотненной смесью. Они не зависят от времени формообразования, а только от длины шланга и наличия гидравлических сопротивлений на пути движения смеси. Потери напора могут быть компенсированы установкой усилителей давления [6].

Общий напор h составляется из динамического напора h_g , идущего на преодоление инерции воздуха и формовочной смеси, и статического напора h_c , расходуемого на все остальные сопротивления.

Динамический, или скоростной, напор идет на сообщение воздуху и транспортируемому материалу скоростей U_s и $U_{\phi c}$ соответственно. Он может быть

найден из условия равенства изменения кинетической энергии E потока работе A потока за то же время [22]:

$$A = E, \quad \dot{A} = \frac{m_b U_b^2}{2} + \frac{m_{\delta n} U_{\delta n}^2}{2}, \quad A = h_g S U_b, \quad (1)$$

где $m_b, m_{\delta n}$ — масса воздуха и формовочной смеси, соответственно;
 S — площадь поперечного сечения шланга;
 $U_b, U_{\delta n}$ — скорость воздуха и транспортируемой формовочной смеси; установлено, что независимо от начальной скорости $U_{\delta n} = 0,85 U_b$.
 Выразив массы $m_b, m_{\delta n}$, проходящие через шланг за 1 секунду, формулами

$$m_b = \rho_a S U_b; \quad m_{\delta n} = \rho_{\delta n} S U_{\delta n},$$

где ρ_a и $\rho_{\delta n}$ — плотность воздуха и формовочной смеси; и учитывая соотношение $U_{\delta n} : U_b = 0,85$, подставляем их в (1). После преобразований получим

$$h_g = \frac{\rho_b U_b^2}{2} (1 + 0,72\mu),$$

где μ — коэффициент массовой концентрации — отношение массы груза к массе (расходу) воздуха.

Таким образом, динамический напор не зависит от диаметра шланга, по которому выбрасывается смесь.

Статический напор расходуется на преодоление трения в шланге:

$$h_0 = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho_a U_a^2}{2},$$

на преодоление местных сопротивлений:

$$h_i = \xi \frac{\rho_a U_a^2}{2}$$

и на подъем груза, которым можно пренебречь.

Полный напор, необходимый формовочной установке, будет равен:

$$h = (h_g + h_0 + h_i) \hat{E} = \hat{E} \frac{\rho_a U_a^2}{2} (1 + 0,72\mu + \lambda \frac{L}{d} + \sum \xi),$$

где K — коэффициент запаса, нужный для учета потерь воздуха, обычно $K = 1,03 \dots 1,05$;
 λ — коэффициент сопротивления трению;
 L, d — длина и диаметр шланга, соответственно;
 $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местного сопротивления на криволинейных участках и подобных местах трассы.

Поскольку напор есть не что иное, как давление сжатого воздуха, то, следовательно, процесс целиком определяется газодинамическими факторами, а именно максимальным давлением в сети, способным поддерживать нужный напор.

Пескострельно-пульсирующий способ формовки представляет собой обычный пескострельный процесс, разбитый на несколько этапов, то есть растянутый во времени, поэтому он отдельно не рассматривается. На основе данного метода спроектирован пескострельно-пульсирующий полуавтомат ППП-10, способный изготавливать

стержни объемом, в несколько раз превышающим объем пескострельного резервуара.

Пескострельно-ствольный метод можно рассматривать как разновидность гравитационной формовки [7]. Надув смеси может производиться как сверху вниз, так и снизу вверх. Нижний ствольный вдув имеет ряд энергетических преимуществ перед верхним [8]. Он реализован, например, фирмой Аренко-БМД (Германия) на гамме пескодупно-прессовых машин Форматик-Систем Бюлер для нижних полуформ с горизонтальным разъемом как опочных, так и безопочных. Так, машина Форматик 7272 для изготовления безопочных форм размером 720 x 720 x (160...300) мм с паспортной производительностью 150 форм в час имеет следующие характеристики: объем ресивера 4,5 м³, диаметр вдувного клапана 400 мм, давление вдува 0,25 МПа (2,5 атм), расход воздуха на 1 форму 5,2 м³, надувная плита снабжена шестью щелями [9].

Рассмотрим подробнее взаимодействие энергоносителя сжатого воздуха с уплотняемой смесью (см. рис.). Установлено, что при пескострельном процессе вначале происходит последовательное уплотнение смеси в резервуаре до тех пор, пока давление не достигнет 2/3...3/4 максимального значения. Лишь после этого происходит истечение всего уплотненного столба смеси из пескострельного резервуара [10]. Предположим, что в резервуаре машины с площадью поперечного сечения $S_{\text{ряд}}$ находится формовочная смесь массой $m_{\delta n}$ и высотой h_0 . Тогда начальная плотность смеси будет $\rho_0 = m_{\delta n} / (S_{\text{ряд}} h_0)$. Необходимо отметить, что $S_{\text{ряд}}$ равна площади опочки в свету. При открывании клапаном вдува выпускного отверстия ресивера площадью S_0 начнется истечение сжатого воздуха с начальным давлением P_{p0} из ресивера объемом в V_p . Давление P_1 в пескодупном резервуаре начнет расти. Высота столба смеси уменьшится на величину Δh_1 и составит $h_1 = h_0 - \Delta h_1$. Таким образом, смесь уплотнится до $\rho_1 = m_{\delta n} / (S_{\text{ряд}} h_1)$. Общую деформацию смеси ϵ_1 можно принять равной перемещению центра тяжести смеси из точки x_0 в точку x_1 , т.е. $\epsilon_1 = x_1 - x_0$ [11]. Давление в резервуаре к концу периода предварительной деформации длительностью τ_1 достигнет значения $P_{1\text{max}}$. Следовательно, на смесь воздействует усредненная сила

$$\bar{F}_1 = \bar{P}_1 S_{\text{дв}},$$

$$\bar{D}_1 = \frac{\bar{D}_0 + \bar{D}_{1\text{max}}}{2},$$

где P_a — атмосферное давление, Па;

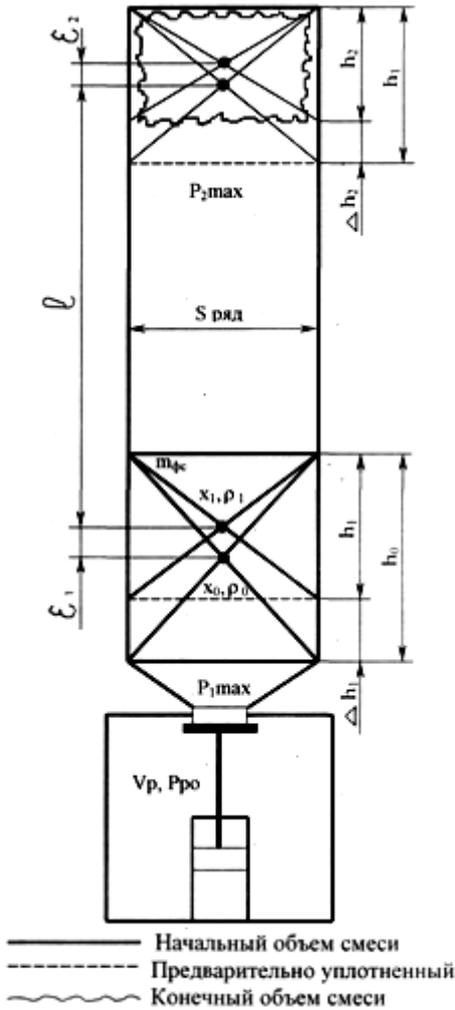
\bar{P}_1 — усредненное давление в пескодупном резервуаре за время τ_1 , Па.

В целом на массив формовочной смеси будет воздействовать импульс силы $\hat{E}_0 = \bar{F}_1 \cdot \tau_1$. В результате смесь приобретет количество движения (импульс) $\hat{e}_1 = m_{\delta n} \bar{U}_1$, численно равное κ_0 [12]: $\kappa_1 = \kappa_0$, $m_{\delta n} \bar{U}_1 = \bar{F}_1 \cdot \tau_1$. Отсюда $\bar{U}_1 = \bar{F}_1 \cdot \tau_1 / m_{\delta n}$. С другой стороны, U_1 есть усредненная скорость перемещения

центра тяжести столба смеси на расстояние ε_1 за время τ_1 , то есть $\overline{U}_1 = \varepsilon_1 / \tau_1$. Тогда

$$\frac{\overline{F}_1 \tau_1}{m_{\delta \bar{n}}} = \frac{\varepsilon_1}{\tau_1}$$

$$\text{и } \tau_1 = \sqrt{\frac{m_{\delta \bar{n}} \varepsilon_1}{\overline{F}_1}} = \sqrt{\frac{2 \varepsilon_1 m_{\delta \bar{n}}}{(D_a + D_{1\max}) S_{\delta \bar{y} \bar{a}}}} \quad (1)$$



Деформация ε_1 определяется главным образом реологическими свойствами формовочной смеси. Для заданного технологического процесса она есть величина неизменная, как и масса смеси $m_{фс}$. Значит, регулировать время τ_1 можно только за счет изменения давления $p_{1\max}$, как видно из выражения (1). Величина $p_{1\max}$ зависит от скорости истечения сжатого воздуха из ресивера. Она, в свою очередь, зависит от скорости открывания клапана вдува и эффективной площади проходного сечения μS_0 выпускного отверстия, то есть газодинамических факторов. Окончательно имеем, первый этап процесса уплотнения определяется в основном газодинамическими параметрами процесса, а именно:

- максимальной скоростью открывания клапана вдува;
- максимальной площадью открывания проходного сечения вдувного отверстия в единицу времени;

- отношением площади эффективного сечения клапана к площади опоки в свету (площади поперечного сечения пескострельного резервуара).

Второй этап уплотнения — перемещения столба формовочной смеси высотой h_1 по стволу с площадью поперечного сечения $S_{ряд} = S_{оп}$ (где $S_{оп}$ — площадь опоки в свету) — характеризуется следующими начальными условиями: давление в ресивере $\delta_1 < p_{p0}$; давление в пескодувном резервуаре $p_{1\max}$; начальная скорость перемещения центра тяжести смеси $\overline{U}_{20} = \overline{U}_1$; расстояние, на которое должен переместиться центр тяжести кома смеси до соприкосновения верхних слоев кома с модельной плитой $l = x_2 - x_1$. Это расстояние смесь пройдет равномерно ускоренно за время τ_2 и приобретет к концу этапа скорость

$$U_2 = U_{20} + \frac{a_2 \tau_2}{2},$$

где U_2 — ускорение центра тяжести кома смеси.

Изменение скорости обусловлено воздействием давления воздуха в стволе машины, которое к концу этапа достигнет значения $p_{2\max}$. Количество движения (импульс) кома смеси K_2 изменится на величину

$$\Delta K = K_2 - K_1 = m_{\delta \bar{n}} (U_2 - U_{20}).$$

Принимая, что на смесь на всем протяжении второго этапа действует усредненная сила \overline{F}_2

$$\overline{F}_2 = P_2 S_{\delta \bar{y} \bar{a}} = \frac{D_{1\max} + P_{2\max}}{2} S_{\delta \bar{y} \bar{a}},$$

можно найти изменение импульса силы за время τ_2 :

$$\Delta \hat{E} = (\overline{F}_2 - \overline{F}_1) \tau_2 = \frac{P_{2\max} - P_a}{2} S_{\delta \bar{y} \bar{a}} \tau_2.$$

Тогда

$$m_{\delta \bar{n}} (U_2 - U_{20}) = \frac{P_{2\max} - P_a}{2} S_{\delta \bar{y} \bar{a}} \tau_2,$$

$$a_2 = \frac{2(U_2 - U_{20})}{\tau_2} = \frac{2(P_{2\max} - P_a)}{2 \tau_2 m_{\delta \bar{n}}} S_{\delta \bar{y} \bar{a}} \tau_2,$$

$$U_2 = \sqrt{U_{20}^2 + 2a_2 l} = \sqrt{U_{20}^2 + \frac{P_{2\max} - P_a}{m_{\delta \bar{n}}} S_{\delta \bar{y} \bar{a}} l}.$$

Зная U_2 , можно вычислить продолжительность второго этапа:

$$\tau_2 = \frac{2(U_2 - U_{20})}{a_2} = \frac{2m_{\delta \bar{n}} (U_2 - U_{20})}{(P_{2\max} - P_a) S_{\delta \bar{y} \bar{a}}} \quad (2)$$

Поскольку значения $S_{ряд}$, $m_{фс}$ и l в ходе процесса не изменяются, то из формулы (2) следует, что второй этап уплотнения также целиком определяется газодинамическими факторами:

- максимальным давлением сжатого воздуха в резервуаре $p_{2\max}$;
- скоростью нарастания этого давления.

Плотность смеси на этапе разгона неизменна и равна ρ_1 .

При контакте с модельной плитой и торможении высота столба формовочной смеси уменьшится на Δh_2 и станет равной $h_2 = h_1 - \Delta h_2$. Центр тяжести кома смеси за время торможения τ_3 пройдет путь $\varepsilon_2 = x_3 - x_2$

с замедлением скорости от U_2 до нуля с отрицательным ускорением a_3 :

$$0 = \sqrt{U_2^2 + 2a_3\varepsilon} = U_2 + \frac{a_3\tau_3}{2}.$$

$$\text{Отсюда } a_3 = -\frac{U_2^2}{2\varepsilon_2}.$$

Время торможения

$$\tau_3 = \frac{-2U_2}{a_3} = \frac{4\varepsilon_2}{U_2}. \quad (3)$$

Как видим, время торможения также определяется реологическими свойствами смеси (деформация ε) и газодинамическими параметрами процесса (скорость U_2). Общее время процесса уплотнения $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$. Оно зависит, в первую очередь, от быстроты нарастания и максимального давления в пескодувном резервуаре. В конечном счете длительность цикла формообразования определяется начальным давлением в ресивере, размерами и конструкцией клапана вдува, а также скоростью (линейной и по площади) открывания клапана.

Пескодувно-пескострельный способ исследован достаточно полно [13,14]. Установлено, что время нарастания и максимальное давление над уплотняемой смесью зависят от тех же газодинамических показателей:

- максимальной скорости открывания клапана дутья;
- максимальной площади открывания его;
- соотношения площади клапана и опоки в свету;
- начального давления в ресивере.

Так, для машины модели 287 с диаметром проходного сечения клапана дутья, равным 42 мм, максимальное давление в резервуаре составляет 0,587 ... 0,597 мПа при максимальном давлении в ресивере 0,6 мПа, а время заполнения пескодувного резервуара воздухом уменьшается от 0,10 с до 0,05 с при увеличении площади вдувного клапана вдвое [15].

Общее время процесса также складывается из трех этапов: предварительного уплотнения смеси в резервуаре τ_1 ; истечения воздушно-песчаной смеси τ_2 и торможения τ_3 . Продолжительность первого и последнего этапов можно вычислить по формулам (1) и (3) соответственно. Второй этап можно принять аналогичным пескодувно-шланговому способу при допущении, что длина шланга равна длине пескодувного сопла с таким же диаметром.

Воздушно-фильтрационный способ заключается в уплотнении смеси за счет пропускания сжатого воздуха сквозь смесь и удаляемого через венты [16, 17] или пористую модельную плиту [18]. Время продувки составляет 0,2... 0,5 с, расход воздуха равен 3...4 объемам уплотняемой смеси, суммарная площадь вент порядка 1,5% формуемой площади. С газодинамической точки зрения данный процесс может рассматриваться как первый этап пескодувного процесса.

Из вышеприведенного обзора вытекает, что все методы уплотнения форм пневмопоток в той или иной мере представляют собой разные периоды основного способа, пескодувного, и могут быть рассчитаны аналитически по однотипным формулам. Основными целями расчета будут:

1) определение зависимости максимально необходимого давления над смесью от максимального (начального) давления в ресивере;

2) определение максимальной скорости открывания (линейной и по площади) клапана вдува;

3) определение необходимой и достаточной площади сечения клапана по отношению формуемой площади;

4) определение наименьшего расхода сжатого воздуха для цикла уплотнения.

Скорость нарастания давления над смесью можно найти на основе рассмотрения энергетического баланса при опорожнении полости постоянного объема (ресивера) [19]

$$-\chi RT_p G_p dt = U_p dp \quad (4)$$

и заполнении полости переменного объема над смесью [20]:

$$\chi RT_p G_p dt = U_i dP_i + \chi D_i dU_i, \quad (5)$$

где χ — показатель адиабаты;

R — универсальная газовая постоянная;

T_p — температура воздуха в ресивере;

U_p, U_n — объемы ресивера и надпочного пространства соответственно;

P_p, P_n — текущее давление в ресивере и над смесью;

G_p — мгновенный расход сжатого воздуха из ресивера:

$$G_\delta = \sqrt{\frac{2g\chi}{\chi-1} \frac{1}{RT_p}} \mu S_\delta D_\delta \varphi(D), \quad (6)$$

где μS_δ — эффективная площадь выпускного отверстия;

μ — коэффициент расхода;

$\varphi(P)$ — функция расхода, определяет режим истечения с постоянным расходом при

$0 \leq P_n/P_p \leq 0,528$ и с переменным при $1 > P_n/P_p > 0,528$.

$$\varphi(D) = \sqrt{\left(\frac{D_n}{P_p}\right)^{\frac{2}{\chi}} - \left(\frac{P_n}{P_p}\right)^{\frac{\chi+1}{\chi}}}. \quad (7)$$

Подставив (7) и (6) в (4) и (5), получаем после преобразований:

$$\begin{aligned} \frac{dP_p}{dt} &= -\mu S_\delta \sqrt{\frac{2g\chi}{\chi-1} \frac{1}{RT_p}} \frac{\chi R}{U_p} P_p \varphi(P), \\ \frac{dP_n}{dt} &= \mu S_\delta \sqrt{\frac{2g\chi}{\chi-1} \frac{1}{RT_p}} \frac{\chi R}{U_n} T_p P_i \left(\frac{D_\delta}{D_i}\right)^{\frac{1}{\chi}} \varphi(D) - \frac{\chi D_i}{U_i} \frac{dU_i}{dt}. \end{aligned} \quad (8)$$

Решив систему (8) любым численным методом, можно определить максимальное давление над смесью, скорость его нарастания и связь с максимальным давлением в ресивере.

Линейная скорость открывания клапана вычисляется с помощью второго закона Ньютона:

$$m_k \frac{d^2 x}{dt^2} = F - F_c, \quad (9)$$

где m — масса перемещаемых частей клапана;

x — расстояние, проходимое клапаном за время t ;

F, F_c — полезная сила и сила сопротивления движению клапана, зависят от вида привода и

конструкции клапана.

Так, например, в случае пневмопривода максимальная скорость клапана U равна:

$$U = \sqrt{\frac{2pSH}{m_k}}, \quad (10)$$

где S — активная площадь поршня;

H — ход его;

p — избыточное давление в пневмосистеме.

Зная скорость открывания, легко узнать и площадь открывания в любой момент времени. Площадь сечения клапана дутья в настоящее время

определяется в основном из эмпирических соотношений, определить его аналитически пока еще не представляется возможным — задача слишком сложна. Например, для обычного пескострельного процесса рекомендуется диаметр вдувного клапана брать равным 0,2...0,5 диаметра гильзы. Диаметр гильзы также определяется из эмпирического соотношения [21].

Вопрос наименьшего расхода сжатого воздуха на цикл формовки также требует дальнейшего исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесниченко В.Л. Классификация методов уплотнения песчаных смесей потоком воздуха // Литейное производство. 1982. №2. С.24-25.
2. Способ изготовления песчаных форм / Мицубиси дзюко гихо = Mitsubishi juko gihoh. 1983. V.20. №4. P.428-434 // РЖ «Технология машиностроения». 1984. №4Г. Реф. №4Г210. С.23.
3. Casting, Forging & Heat-treatment. 1984. V.37. №4 (april). P.17-24.
4. Пат. 4462777. США. Пескодудная формовочная машина. Заявл. 21.4.82. №370551. Оpubл. 31.7.84. МКИ В22С15/24. НКИ 425/87.
5. Пат.3214858. ФРГ. Пескодудная формовочная машина. Заявл. 21.4.82. №P3214858.5-24. Оpubл. 4.11.82. МКИ В22С 11/00.
6. Заявка 58-61949. Япония. Пескодудная головка. Заявл. 8.10.81. №56-159459. Оpubл. 13.4.83. МКИ В22С 15/24.
7. Коледа С.В. Развитие гравитационного способа уплотнения форм и стержней // Литейное производство. 1976. №8. С.35-37.
8. Ахтырская Т.И., Виноков Ю.Г., Попов А.И. Современные пескодудно-прессовые формовочные машины: Обзор. М.: НИИМаш, 1983. 80с.: ил.
9. Ehbleck D e.a. houvel aspect du serrage de sables argileux sur les machines a mouler en chassis et motte. Kommes et fonderie. 1978. №89. P.25-32.
10. Пронштейн Н.М., Мардонов Б. Ударные волны в пескострельном изготовлении форм // Литейное производство. 1972. №4. С.28-31.
11. Столярков М.А., Киян Э.Ф. Взрывное уплотнение формовочной смеси в опоке без модели // Современные методы изготовления форм и стержней в литейном производстве: Материалы семинара. М., 1985. С.71-77.
12. Березюк В.Г., Матвеев И.В., Кузембаев С.Б. Метод расчета процесса уплотнения литейной формы при газомпульсном нагружении // САПР ТП сварки, пайки, литья и нанесения газотермических покрытий: Материалы семинара. М., 1985. С.144-147.
13. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1977. 510с.
14. Лесниченко В.Л. Современные представления о пескодудном и пескострельном процессах // Литейное производство. 1961. №8. С.19-24.
15. Аксенов П.Н. Аналитический расчет рабочего процесса пескодудных формовочных и стержневых машин // Литейное производство. 1959. №1. С.15-20.
16. Der SEIATSU-PROCESS in der Praxis. - Jiesserei Rundschau. 1984. V.31. №4. P.32-34.
17. SEIATSU-air Flow Press Molding Process. - Проспект фирмы Sintokogio, Ztd.
18. Заявка 59-147741. Япония. Способ изготовления песчаных форм. Заявл. 9.2.83. №58-20183. Оpubл. 24.8.84. МКИ В22С7/04, В22С7/02.
19. Герм Е.В. Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов: Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1975. 272с.
20. Герм Е.В. Пневматические приводы. М.: Машиностроение, 1969. 360с.
21. Матвеев И.В., Тарский В.Л. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1985. 400с.
22. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины. М.: Колос, 1981. 263с.

УДК 621.578

А.П. ЧУРИКОВ

В.М. ТРИШИН

В.З. ЯЩЕНКО

Влияние угла поворота режущей поверхности на разновысотность и толщину сечения среза

Влияние угла поворота режущей поверхности на разновысотность и толщину сечения среза показано на рисунке.

Положение полюса Р относительно оси вращения, положение которой считаем постоянным, определяется двумя координатами: внутренним радиусом и хордальной шириной В.

В общем случае величина центрального угла между зернами для симметрично расположенных зерен с номером $\pm i$ относительно центрального зерна определяется

$$\varphi_i = \pm i \cdot \varphi', \quad (1)$$

где φ' — центральный угол между зернами.

Знак (+) берется для зерен, расположенных справа, а знак (-) — для зерен, расположенных слева от зерна $i = 0$.

Значение угла $\frac{\delta}{2}$ определяется из прямоугольного треугольника по формуле:

$$\frac{\delta}{2} = \arcsin \frac{B}{2r} = \arcsin \frac{B}{d}. \quad (2)$$

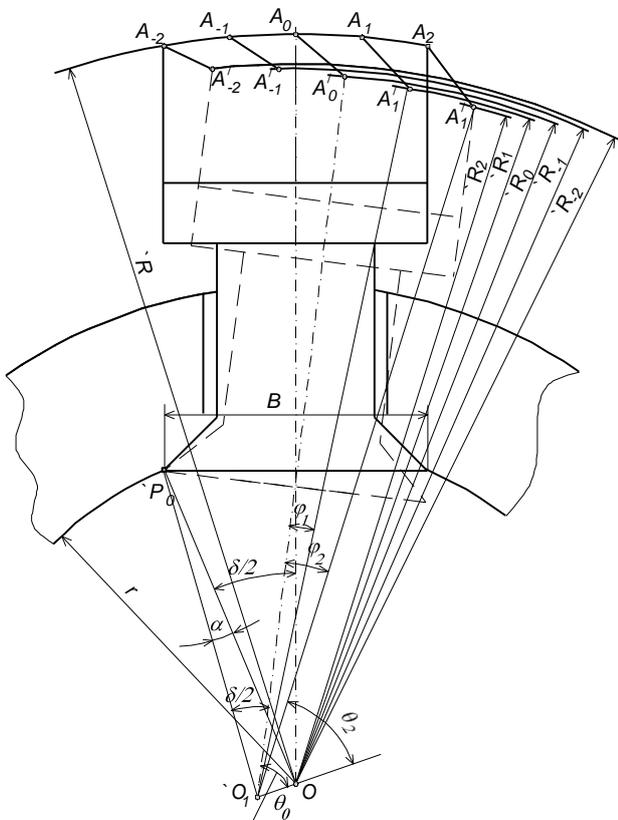
Анализ показывает, что при увеличении B значение угла $\frac{\delta}{2}$ увеличивается, а при увеличении d — снижается, причем большее влияние оказывает d .

В положении II расстояние точек режущей поверхности от оси вращения O изменяется и становится уже не равным R . Для любого произвольно взятого зерна i это расстояние можно определить из треугольника OO_1A_i по теореме косинусов:

$$OA'_i = Ri = \sqrt{(OO_1)^2 + (O_1O_i)^2 - 2 \cdot OO_1O_i \cos \theta_i}. \quad (3)$$

Из равнобедренного треугольника ΔPOO_1 имеем:

$$OO_1 = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$



Определение разности радиусов, изменения текущих значений радиуса шлифовального круга и толщины сечения среза

Угол θ_i для зерна i будет:

$$\theta_i = \theta_0 + \varphi_i; \quad (5)$$

$$\theta_i = \theta_0 \pm i \cdot \varphi'. \quad (6)$$

Величина угла θ_0 определяется:

$$\theta_0 = \frac{\pi - \alpha - \delta}{2}. \quad (7)$$

Тогда с учетом (6)

$$\theta_i = \frac{\pi - \alpha - \delta}{2} \pm i\varphi'. \quad (8)$$

Учитывая, что $O_1A_i = R$, получим

$$R_i = \sqrt{4r^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + R^2 - 4Rr \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\frac{\pi - \alpha - \delta}{2} \pm i\varphi' \right)}. \quad (9)$$

После преобразования получим

$$R_i = R \sqrt{4 \left(\frac{r}{R} \sin \frac{\alpha}{2} \right)^2 + 1 - 4 \frac{r}{R} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\frac{\pi - \alpha - \delta}{2} \pm i\varphi' \right)}. \quad (10)$$

Величина изменения радиуса для i -го зерна (т.е. величина разности радиусов) относительно зерна ($i = 0$ и $R_i = R$) определяется:

$$\Delta R_i = R - R_i = R \times \left[1 - \sqrt{4 \left(\frac{r}{R} \sin \frac{\alpha}{2} \right)^2 + 1 - 4 \frac{r}{R} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\frac{\pi - \alpha - \delta}{2} \pm i\varphi' \right)} \right]. \quad (11)$$

Величина изменения радиуса для двух смежных зерен со значениями $i, i+1$ определяет толщину сечения среза $Q_{Zi:i+1}$, получающуюся за счет изменения положения режущей поверхности.

Из анализа полученных зависимостей следует, что при увеличении номера зерна i величина разности радиусов ΔR_i увеличивается, изменяясь по линейному закону. При постоянном значении угла α величина $Q_{Zi:i+1}$ является величиной постоянной, не зависящей от номера зерна.

На основании полученных формул выявлена зависимость изменения разности радиусов и толщины сечения среза от параметров α, r, R, B ; при этом наибольшее влияние на величину разности радиусов ΔR_i оказывает параметр α .

При увеличении угла поворота режущей абразивной поверхности происходит значительное возрастание разности радиусов. К увеличению разности радиусов ΔR_i приводит также возрастание таких конструктивных параметров, как B и r . Увеличение наружного радиуса круга при повороте на постоянный угол α режущей абразивной поверхности приводит к уменьшению величины разности радиусов ΔR_i .

Изменение зернистости абразивного круга в сторону ее увеличения дает возрастание величины разности радиусов. Но так как для выбранного абразивного круга величина зернистости является постоянной, то следует считать ее неуправляемой, хотя при переходе с кругов одной зернистости на другую ее следует учитывать.

На величину толщины сечения среза $Q_{Zi:i+1}$ между смежными зернами, образуемую дополнительно к кинематической толщине среза за счет поворота режущей поверхности на определенный угол α , наибольшее влияние оказывает изменение угла α . Ширина B не оказывает влияния на толщину сечения среза. С увеличением радиуса полюса r и зернистости z величина толщины сечения среза $Q_{Zi:i+1}$ возрастает. При увеличении наружного радиуса R абразивного круга величина толщины сечения среза $Q_{Zi:i+1}$ уменьшается.

Поворот режущей поверхности абразивного круга позволяет получить закономерно возрастающую разновысотность и добиться того, чтобы второе слагаемое выражения (25) [1] приняло вид

$$M \Delta R_i = f(\psi, \alpha), \quad (12)$$

где ψ — угол поворота круга;
 α — угол поворота режущей абразивной поверхности.

Текущая толщина сечения среза в этом случае будет определяться:

$$Q_{zi} = R \cdot \left\{ 1 - \cos \left[\psi + \frac{(i-1) \cdot \varphi'}{1 + \frac{R \cdot \omega}{s_{i\delta} \cos \psi}} \right] / \cos \psi' \right\} + R \times \left[1 - \sqrt{4 \left(\frac{r}{R} \sin \frac{\alpha}{2} \right)^2 + 1 - 4 \frac{r}{R} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\frac{\pi - \alpha - \delta}{2} \pm i\varphi' \right)} \right]. \quad (13)$$

В выражение (13) помимо толщины сечения среза, получаемой из кинематических соотношений, входит дополнительная величина сечения среза, зависящая от конструктивных параметров и угла поворота режущей поверхности. За счет увеличения толщины сечения среза можно повысить производительность процесса шлифования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуриков А.П., Тришин В.М., Яценко В.З. Влияние разновысотности и расстояния между зернами на текущую толщину сечения среза при шлифовании // Труды университета. Вып. 2. Караганда: КарГТУ, 2002.

УДК 778.38:535.41:004.9

М.Р. СИХИМБАЕВ
 А.Г. ГУЛЕВ

Сравнительный анализ аналоговых и цифровых способов изготовления голограмм

Наличие неконтролируемой копировально-множительной техники привело к тому, что подделка документов (удостоверений, бланков, лицензий, квитанций), а также фальсификация упаковок товаров массового спроса (алкоголя, напитков, продуктов питания, медикаментов) приобрела массовый характер. Это создает почву для служебных злоупотреблений, ведет к развитию «теневого» бизнеса, потере в денежных средствах местных и республиканского бюджетов, а также ущемляет права потребителей [1].

Одним из наиболее дешевых и эффективных способов борьбы с подделкой, широко применяемых в мировой практике, является использование голографической защиты. Защита осуществляется путем нанесения на документ или упаковку неотклеиваемой голографической этикетки, которая не поддается изготовлению или копированию с помощью существующих средств копировально-множительной, полиграфической или компьютерной техники. Сложность подделки и легкая узнаваемость, присущая голограммам, позволяет контролировать подлинность документа или упаковки как визуально, так и с использованием специальных средств контроля голограмм с 5-уровневой защитой.

В основе голографической записи [2] лежит идея, согласно которой для выявления фазовой информации надо создать интерференцию исследуемой (объектной) волны с некоторой вспомогательной (опорной) волной. При восстановлении изображения используется пучок, который при записи выполняет роль опорного. Положение восстановленного изображения полностью соответствует положению объекта. Это касается аналогового способа создания голографических изображений.

Другая схема ориентирована на получение так называемых голограмм Фурье [3]. Рассмотрим (рис. 1) схему получения голограммы Фурье с точечным

опорным источником, расположенным на оси системы. Такая схема рассчитана на получение голограмм плоских предметов, как правило, изображений различных объектов на фотопленке.

На схеме плоскость, в которой размещается пленка с изображениями объектов, обозначена буквой П, а плоскость, в которой формируется голограмма, — буквой Г. Плоскости П и Г совпадают с фокальными плоскостями линзы Л₃. На плоскость П падает плоская волна когерентного света, создаваемая источником S. От этого же источника в плоскости П с помощью линз Л₁ и Л₂ формируется точечный источник S₀, создающий опорную волну. Опорный и предметный пучки собираются линзой Л₃ и в плоскости Г создают интерференционную картину, которая регистрируется помещенной в этой плоскости фотопленкой (фотопластинка).

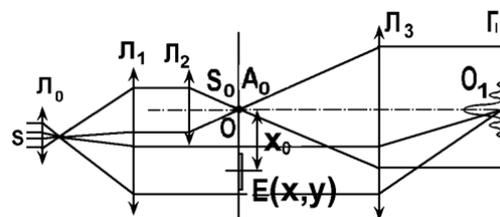


Рис. 1. Схема получения голограммы Фурье

Выберем в плоскости П систему координат Oxy, а в плоскости Г — систему O₁x₁y₁. Расположим начала координат этих систем на оптической оси линзы Л₃. Точечный опорный источник S₀ поместим в начало координат системы Oxy. Комплексное световое поле, образованное источником S в плоскости фотопленки, обозначим двумерной функцией h(x,y). Комплексное световое поле в плоскости Г обозначим через g(x₁,y₁). Линза Л₃ выполняет над функцией h(x,y) двумерное преобразование Фурье.

Голограмма получается регистрацией поля в плоскости Г на фотопленку. Ввиду того, что фотографическая эмульсия реагирует на интенсивность света $I(p, q)$, прозрачность пленки $\tau(p, q)$ (амплитудное пропускание) является функцией интенсивности:

$$\tau(p, q) = k I(p, q)^{\frac{\gamma}{2}}, \quad (1)$$

где γ — коэффициент контрастности пленки.

Коэффициент k определяется чувствительностью фотослоя и временем экспозиции.

Интенсивность светового поля в плоскости Г равна квадрату модуля функции $g(x_1, y_1)$, т.е.

$$I(p, q) = g(x_1, y_1) \cdot g^*(x_1, y_1), \quad (2)$$

где

$$x_1 = p\lambda f_1, \quad y_1 = q\lambda f_1,$$

а звездочкой обозначена комплексно сопряженная величина. После ряда преобразований получим:

$$\tau(p, q) = k \left(\frac{A_0}{\lambda f_1} \right)^{-\gamma} \times \left[1 - \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{A_E^2(p, q)}{A_0^2} - \gamma \frac{A_E(p, q)}{A_0} \cos \tilde{\varphi}(p, q) \right]. \quad (3)$$

Запишем полученное выражение в более удобной для анализа форме:

$$\tau(p, q) = k_{\bar{A}} \left[\alpha - \beta A_E^2(p, q) - A_E(p, q) \cos \tilde{\varphi}(p, q) \right]. \quad (4)$$

Здесь

$$k_{\bar{A}} = \frac{k\gamma A_0^{-\gamma-1}}{\lambda^{-\gamma} f_1^{-\gamma}}, \quad \alpha = \frac{A_0}{\gamma}, \quad \beta = \frac{1}{2A_0}.$$

Соотношение (4) является уравнением голограммы Фурье, полученной по схеме (рис. 1), — оно представляет собой связь амплитудного пропускания $\tau(p, q)$ голограммы с пространственно-частотными характеристиками голографируемого плоского предмета.

При восстановлении голограммы она освещается параллельным пучком света (рис. 2). Изображение объекта и сопряженное ему изображение будут располагаться симметрично относительно оси. На оси будет располагаться светлое пятно, обусловленное наличием первых двух слагаемых в уравнении голограммы.

Необходимо отметить, что воспроизведение большого диапазона значений прозрачности голограммы Фурье, полученной по схеме рис. 1, является сложной задачей, особенно при синтезе цифровых голограмм. Одним из путей устранения этих трудностей является переход к схеме с рассеивателем. Эта схема отличается от предыдущей лишь тем, что перед предметом, установленным в плоскости П, помещается рассеиватель — тонкая прозрачная пластинка с неровной поверхностью (матовое стекло), не изменяющая амплитуду, но изменяющая случайным образом фазу в каждой точке, падающей на предмет волны.

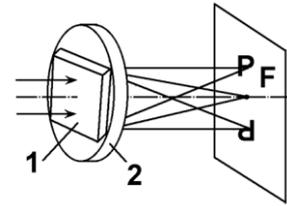


Рис. 2. Восстановление голограммы Фурье: 1 — голографическая фотопластинка; 2 — линза

Работы по цифровой голографии [4] во многом стимулировали появление компьютерной оптики как самостоятельного научного направления на стыке квантовой электроники, вычислительной математики и информатики.

Компьютеры придают оптическим системам качественно новые свойства. Главные из них: способность к адаптации, гибкость в перенастройке, а также простота, естественность получения, переработки количественной информации, содержащейся в оптических сигналах, и соединение оптических систем с другими информационными системами.

В этой связи наиболее перспективным направлением является цифровая голография, которая представляет собой метод получения и восстановления голограмм, при котором основная роль отводится компьютеру. Роль компьютера заключается в расчете распределения коэффициента прозрачности или преломления по полю голограммы, которое затем записывается в оптической запоминающей среде, при этом рассчитывается и восстанавливается изображение, которое записано на такой синтезированной голограмме и которое можно было бы получить оптическим путем. Кроме того, имеется ряд веских оснований для такого синтеза голограмм и, в частности, то обстоятельство, что геометрические размеры голографического объекта в этом случае не ограничиваются такими факторами, как когерентность освещения, вибрация или турбулентность воздуха. Другим существенным моментом, стимулирующим синтез голограмм с помощью компьютеров, является возможность создания виртуальных объектов и последующего переноса их изображений на материальный носитель.

Для формирования голограммы применяются компьютерные дисплеи, штриховые печатающие устройства, плоттеры. Этап фотографического уменьшения, разумеется, может быть исключен, если применить специальные выходные устройства, позволяющие осуществить непосредственную запись голограммы требуемого размера. Быстродействие современных компьютеров достаточно для расчета синтетической голограммы, идентичной голограмме, полученной при записи интерференционной картины, созданной реальным объектом. Тем не менее, в большинстве случаев рассчитываются голограммы, где отсутствуют полутона и вся голограмма состоит из светлых участков (апертур) на черном фоне. Такая голограмма называется бинарной. Бинарную голограмму с помощью компьютера можно

рассчитать и построить в увеличенном масштабе за несколько минут (рис. 3).

Преимущество бинарной голограммы в сравнении с серой голограммой состоит в том, что она направляет на восстанавливаемое изображение большую часть из падающего на нее света.

Бинарные голограммы являются эффективным промежуточным звеном, позволяющим осуществлять связь между цифровой и оптической формами представления информации. Один из методов цифровой голографии позволяет получать голограммы, которые падающий на голограмму свет при восстановлении направляют на создание одного изображения, т.е. имеют эффективность около 100%.

Рассмотрим получение цифровой голограммы. Как и всякие другие цифровые модели, цифровые модели голограмм воспроизводят процесс лишь приближенно, однако наиболее существенные свойства, подлежащие исследованию, представляются четко выделенными, в явном виде, что часто нельзя сделать в реальном процессе. Одно из основных приближений связано с переходом от непрерывных величин к дискретным, с которыми работает ПК. Этот переход, уменьшая точность результатов, в то же время не вносит принципиальных изменений в процесс, так как с уменьшением шага дискретизации модель все более приближается к непрерывной. Степень такого приближения ограничена лишь возможностями ПК. Результаты вычислений вместе с заданными параметрами используют для расчета прозрачности голограммы по ее формуле. Эти значения и выдает компьютер. Отпечатанную цифровую голограмму затем фотографируют с соответствующим уменьшением и используют для восстановления изображения оптическим путем. Очень часто голограмму Фурье представляют в двоичном (бинарном) виде. В этом случае ее прозрачность имеет только два значения: 0 или 1. Сама же двоичная голограмма в большой степени подчеркивает высокие пространственные частоты.

В целом последовательность технологического процесса изготовления голографической продукции имеет вид, представленный на рис. 4.

Таким образом, можно определить направления использования голографической защиты:

1. Защита от подделки и нелегального ввоза ликеро-водочной продукции.
2. Защита от подделки документов областного уровня.
3. Защита от подделки и нелегального ввоза продуктов питания.
4. Предотвращение фальсификации, незаконного ввоза и реализации медикаментов.
5. Защита от нелегального тиражирования аудио- и видеопродукции.

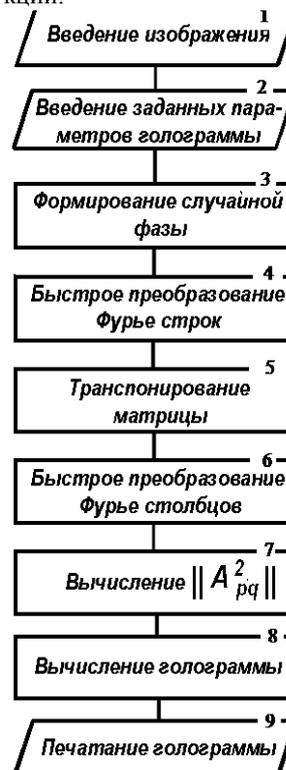


Рис. 3. Последовательность вычислений голограммы Фурье

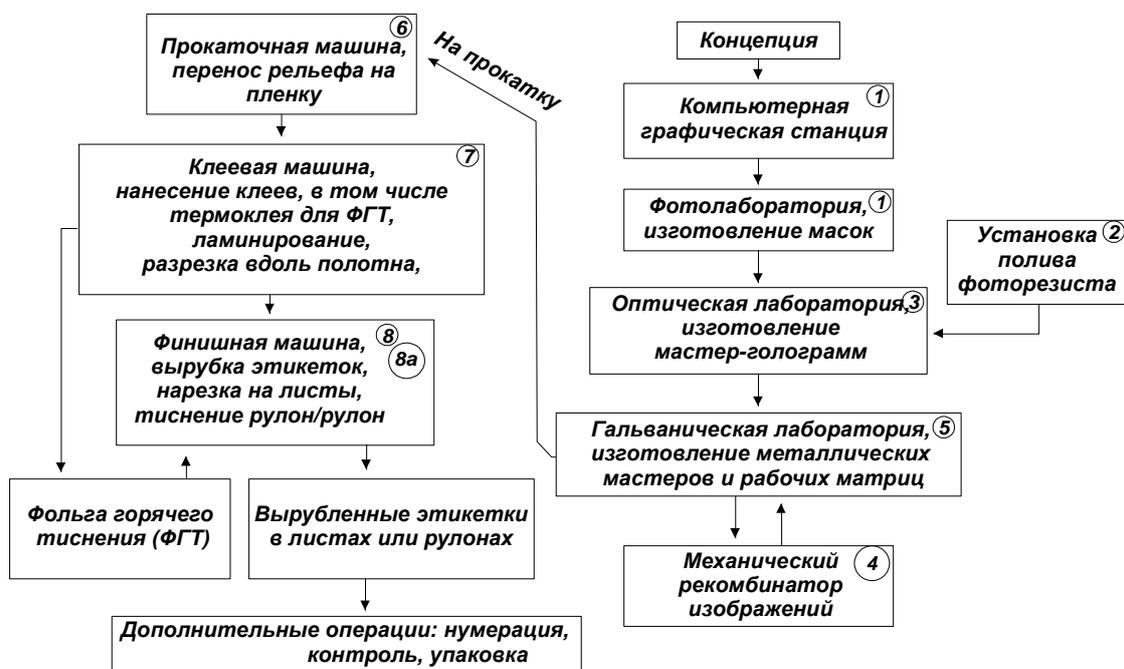


Рис. 4. Последовательность технологического процесса изготовления голографической продукции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон КазССР «О защите прав потребителей» от 5 июня 1991 г. (внесены изменения в соответствии с Законом от 26 июня 1992 г. N 1435-ХII).
2. Короленко П.В. Оптика когерентного излучения. М.: Изд-во Московского университета, 1989. 96с.
3. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. М.: Мир, 1970. 364с.
4. Соيفер В.А. Компьютерная оптика // Соросовский образовательный журнал. 1998.

УДК 621.74

С.Б. КУЗЕМБАЕВ
С.С. АХМЕТОВА

Исследование влияния коэффициента бокового давления

Общеизвестно, что основную долю формовочной смеси составляет огнеупорный наполнитель — в большинстве случаев кварцевый песок. Этим объясняется сильная анизотропия физико-механических свойств формовочной смеси. В частности, пределы прочности на разрыв и на сжатие по сырому отличается весьма сильно.

При растяжении образца смеси в нем действуют только растягивающие напряжения, то есть данное явление можно рассматривать и рассчитывать как одномерную задачу. При сжатии формовочная смесь уплотняется до предельного состояния и лишь затем разрушается. В процессе уплотнения вертикальные сжимающие силы формируют распорные горизонтальные силы. В научнотехнической литературе их принято называть боковым давлением (боковые напряжения). Отношение величины бокового давления к вызвавшему его вертикальному отжимающему напряжению называется коэффициентом бокового давления ν :

$$\nu = \frac{\sigma_x}{\sigma_z}, \quad (1)$$

где σ_x — боковое давление, Па;

σ_z — вертикальное напряжение, Па.

Вертикальная сила вызывает осадку столба смеси и ее уплотнение. Горизонтальные силы прижимают песчинки к вертикальным поверхностям модельно-опочной оснастки, то есть являются источником внешнего трения смеси об оснастку. Тем самым горизонтальные силы препятствуют процессу уплотнения. Кроме того, они являются причиной упругих деформаций моделей и стенок опоки. В этом смысле боковое давление отрицательно влияет на уплотнение смеси. Но, с другой стороны, именно за его счет происходит перетекание смеси в ходе процесса из более напряженных областей уплотняемого объема в менее напряженные. Сцепление формовочной смеси с опокой и сохранность полуформ при транспортировке, кантовании и сборке полуформ также зависит от горизонтальных распорных сил.

Следовательно, благодаря наличию горизонтальной составляющей процесс уплотнения формовочной смеси как одномерную задачу можно рассматривать только с весьма грубым приближением.

Часто вертикальные напряжения в смеси отождествляют с нормальными, а горизонтальные — с

касательными. Это не совсем корректно. Возьмем, к примеру, элементарный напряженно-деформированный объем формовочной смеси. Естественно, в каждой точке его действует напряжение. Однако говорить о его направлении не имеет смысла. Только выделив в точке какую-то элементарную площадку с единичными ортонормальными векторами i, j, k , можно рассматривать напряжение как нормальный к данной площадке вектор и разлагать его на составляющие компоненты. Из этих компонент и складывается тензор напряжений, и только в этом случае имеет смысл говорить о нормальных и касательных компонентах. Как известно из механики сплошной среды, тензор напряжений состоит из девяти компонент [1]. Условно его можно представить в виде таблички-матрицы с тремя столбцами и тремя строчками.

По главной диагонали располагаются нормальные напряжения, касательные заполняют остальные места матрицы. Всегда можно выделить такие направления координатных осей в пространстве, при которых тензор напряжений рассматриваемой точки будет иметь только диагональные члены, то есть касательные напряжения в этом случае равны нулю. Такой тензор называется шаровым. Он является источником гидростатического давления, вызывающего изменение размеров (сжатие) рассматриваемого элементарного объема.

В результате вычитания из тензора напряжений шарового тензора образуется девиатор напряжений. Им обуславливается изменение формы рассматриваемого объема среды. Соотношение между шаровым тензором и тензором-девиатором, то есть значение компонент тензоров, зависит от физико-механических свойств смеси, в первую очередь от коэффициента бокового давления. Величина определяется способом уплотнения формовочной смеси.

При статическом прессовании литейных форм вертикальная нагрузка от прессовой колодки передается по скелету формовочной смеси от песчинки к песчинке. Поскольку песчинки расположены хаотично, это приводит к «арочному эффекту» — образованию аркоподобных динамических сводов в массиве смеси, обладающих большой удельной прочностью. В результате вертикальное давление в скелете смеси прогрессивно уменьшается в направлении от прессовой колодки к модельной плите. Соответственно, степень уплотнения полуформы по высоте также уменьшается в указанном направлении.

Процесс усугубляется наличием литейных моделей в уплотняемом объеме смеси. Из теории бункеров известно [2], что для предотвращения образования сводов характерный размер выпускного отверстия бункера должен быть больше максимального гидравлического радиуса свообразующего отверстия $P_{св}$:

$$\dot{i}_{на} = \frac{\tau_0 (1 + \sin \varphi)}{g \rho}, \quad (2)$$

где τ_0 — начальное сопротивление материала сдвигу, Па;

φ — угол внутреннего трения материала, град;

ρ — насыпная плотность, кг/м³.

В случае вязного материала, к которому можно отнести формовочную смесь, этот размер следует увеличить в 1,5...2 раза (коэффициент надежности).

Подставив данные для формовочной смеси ($\tau_0 \approx 300$ Па, $\varphi \approx 30^\circ \dots 36^\circ$, $\rho \approx (0,8 \dots 1,2) \cdot 10^3$ кг/м³), получаем $P_{св}$ порядка 4...5 см, а с учетом коэффициента надежности — 6...10 см. Это сравнимо с типичными размерами зазоров между моделями и стенками опоки.

Таким образом, модельно-опочная оснастка подвергается значительным нагрузкам, особенно при прессовании под большим удельным давлением, хоть коэффициент бокового давления мал и составляет величины порядка $\nu = 0,2 \dots 0,3$. Низкие значения коэффициента ν говорят о том, что главной составляющей тензора напряжений в этом случае является шаровой тензор, а девиатор напряжений играет вспомогательную роль. Это служит косвенным подтверждением наличия динамических сводов, ведь при значительных тангенциальных нагрузках они непременно разрушились бы.

При высокоскоростном ударном прессовании прессовая колодка, ударяясь с большой скоростью (порядка 7...10 м/с) о свободную поверхность формовочной смеси, мгновенно уплотняет ее верхний слой. При дальнейшем движении колодки этот уплотненный слой препятствует свободному выходу внутривязных газов в атмосферу. Более того, он загоняет газы в глубь формы по направлению к модельной плите. За счет скоротечности процесса фильтрация газов может носить турбулентный характер в отличие от статического прессования, когда фильтрация ламинарная, по имеющимся порам в массиве формовочной смеси. Динамичность процесса, более сильная фильтрация и колебания оснастки со смесью после удара в сумме приводят к тому, что динамических сводов образуется гораздо меньше. Поэтому качество уплотнения по сравнению со статическим прессованием выше. Значения коэффициента бокового давления также выше и достигают значений порядка 0,4...0,6. Изменение значения коэффициента бокового давления в течение процесса уплотнения (приводится в работах сотрудников кафедры литейного производства МАМИ):

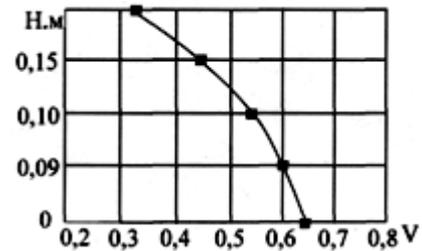
$$\nu = 0,45 + 0,0682 \left(\frac{d\rho}{dt} \right)^{0,146}, \quad (3)$$

где $d\rho/dt$ — изменение плотности смеси при уплотнении.

Самые неблагоприятные условия для образования динамических сводов наблюдаются при пневматическом уплотнении формовочной смеси. При этом идет интенсивная турбулентная фильтрация воздуха. Турбулентные потоки смеси воздуха и поровых газов, фильтрующиеся с большой скоростью через массив смеси, разъединяют частицы смеси друг от друга. Происходит псевдосжижение смеси. Естественно, что в таких условиях «арочный эффект» проявиться не может либо развивается в очень незначительной степени и практически не препятствует уплотнению ни-

жерасположенных слоев смеси. И действительно, экспериментально установлено, что при воздушно-импульсной и газоимпульсной формовке вертикальное давление на модельную плиту может быть равным или даже превышать приложенную нагрузку, что невозможно при статическом прессовании.

На графике представлено характерное распределение значений коэффициента бокового давления по высоте формы при газоимпульсном уплотнении по данным В.Г. Березюка.



Видно, что коэффициент нелинейно изменяется по высоте опоки. Максимальное значение его ($0,6 \pm 0,05$) достигается на ладе полуформы, а минимальное ($0,37 \pm 0,02$) — на контроладе.

Соответственно и максимальное значение вертикальных и горизонтальных сжимающих сил также наблюдается вблизи лада формы. Благодаря этому получается четкий отпечаток модели, геометрическая и размерная точность формы, а следовательно, и отливки, повышается.

Коэффициент ν при воздушно- и газоимпульсном уплотнении смеси в 2...3 раза выше, чем при статическом прессовании, что подтверждает отсутствие «арочного эффекта». Динамический свод представляет собой сравнительно прочную арочную конструкцию, где происходит перераспределение приложенной вертикальной нагрузки на все большую площадь (с увеличением числа частиц суммарная площадь контакта увеличивается). При импульсном уплотнении своды образоваться не могут. Частицы формовочной смеси, находящиеся в псевдосжиженном состоянии, при перемещении вышележащих слоев с силой вклиниваются между нижележащими, образуя плотноупакованный массив формовочной смеси. Наблюдается «клиновое явление». Это приводит к увеличению боковых давлений и в конечном счете к увеличению коэффициента ν . Но поскольку абсолютные значения вертикальной нагрузки при этом много меньше, чем при прессовании под большим удельным давлением, то и абсолютные значения боковых давлений тоже ниже. Модельно-опочная оснастка подвергается меньшим нагрузкам, чем при статическом прессовании.

Следовательно, можно считать, что роль девиатора напряжений в тензоре напряжений при пневмодинамическом уплотнении возрастает. Вклад в процесс уплотнения изменения формы объекта (перетекание частиц смеси в узкие места) становится сравнимым с вкладом в процесс изменения размеров объекта (вертикальная осадка массива смеси). Качество уплотнения при этом возрастает: наблюдается не только повышение степени уплотнения в узких местах формы, но и более равномерное распределение плотности по сечению формы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1973.
2. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. М.: Машиностроение, 1987. 432с.

УДК 669.168

М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ

Об оптимальных соотношениях конгруэнтных соединений в шлаках, технологии и повышении эффективности производства высокоуглеродистого ферромарганца

Действующая технология низкофосфористого высокоуглеродистого ферромарганца в условиях ферросплавных заводов Украины реализуется при конечных шлаках основности 1,0-1,2 и кратности 2,3-2,4 с содержанием 9-11% марганца. При этом удельный расход передельного марганцовистого шлака высокий (2400-2500 кг/б.т.), а извлечение марганца в сплав довольно низкое (66%) [1]. Согласно статистическому анализу данных 518 плавков ферромарганца в доменных печах, чтобы добиться содержания кремния в сплаве 1,6%, необходимо увеличить основность шлака CaO/SiO₂ выше 1,4 (до 1,6) [2]. По технологии доменного ферромарганца содержание марганца в отвальном шлаке меньше (6-8% при основности CaO/SiO₂ 1,5-1,6), а извлечение его в сплав больше, чем при электротермии, т.к. содержание в доменном шлаке фтора (~1%) и серы (2-3%) позволяет достичь высокой основности.

Разработана технология выплавки низкофосфористого высокоуглеродистого ферромарганца марок ФМн78А и ФМн75АС6 (ГОСТ 4755-91) в промышленных условиях на шлаках повышенной основности 1,3-1,4 [1] со снижением потери марганца со шлаком на 4,0%, благодаря использованию в качестве флюса отходов электрошлакового переплава системы CaF₂-Al₂O₃.

Для получения высокоуглеродистого ферромарганца используют качественные марганцевые руды, а низкофосфористого — передельный шлак. Составы качественных руд смещены к манганозитовой вершине пентатопа M-F-M₂S-C₂S-C₂AS (где M-MnO, F-FeO, S-SiO₂, C-CaO, A-Al₂O₃), и большая часть монооксида марганца в их расплавах — в свободном состоянии. Они более тугоплавки, чем низкосортные руды, содержащие по расплавлению относительно больше тефроита. Например, расплав никопольской марганцевой руды состава, % по массе: MnO — 79,1; SiO₂ — 12,5; CaO — 3,6; Al₂O₃ — 3,2 и FeO — 1,6 [4] имеет фазовый состав (в скобках, % по массе) квазисистемы M(54,1)-F(1,6)-M₂S(25,6)-C₂S(0,1)-C₂AS (8,6). У таких расплавов высокая восстановимость, т.к. активность оксида марганца близка к единице [4]. Согласно аналитическим выражениям вторичных фаз в указанной квазисистеме, увеличение содержания оксида кальция до основности CaO/SiO₂ = 1,87 повышает извлечение марганца в сплав, поскольку монооксид марганца полностью высвобождается из силикатов, и структурное состояние расплава определяется диаграммой состояния квазисистемы F-M-C₂S-C₂AS. При восстановлении марганца и железа из составов этой квазисистемы образуются весьма

вязкие и тугоплавкие геленит-ларнитовые расплавы. Такие шлаки с основностью 1,4 загустевают при температурах выпуска из печи, равной 1500°C [5]. Расплавы CaO-SiO₂-MnO с массовой долей марганца 5-15% и основностью 1,3-1,5 являются вязкими (> 1,0 Па·с) при температурах ниже 1600°C [1], а расплавы CaO-SiO₂-Al₂O₃-MnO с содержанием марганца 7-14% по нашим опытным данным, имеют вязкость 0,1-0,4 Па·с при 1550°C и основности 1,5. У шлаков с содержанием 7% Al₂O₃ резко возрастает вязкость при 1500°C и содержаниях монооксида марганца 18-23%, что для шлаков с 13-15% Al₂O₃ наступает при 1600°C. Поэтому при шлаках с основностью 1,5 при повышенном поверхностном натяжении ~400 МДж/м² [1, 3] увеличиваются потери металлического марганца со шлаком. Добавка до 3,0% CaF₂ в шлак обеспечивает достаточно эффективное разжижение шлака.

Траектория состава шлака при производстве ферромарганца проходит через квазисистему M₂S-C₂S-C₂AS. Наиболее неблагоприятные условия восстановления у легкоплавких печных шлаков основности CaO/SiO₂ = 0,6-0,7 с массовой долей силикатов марганца, соответствующей тройной эвтектике (M₂S — 64,5+1,5%, C₂AS — 19,5+1,5%, C₂S — 14,5+1,5%) указанной квазисистемы с температурой плавления 1167°C. При электротермии углеродистого ферромарганца на подобных шлаках из окисленных ушкатынских концентратов извлекается только 65-70% марганца при температуре в рациональной зоне 1477-1677°C. При аналогичных условиях слабо восстанавливаются также никопольские окисные концентраты [6]. Таким образом, технологические особенности шлакового режима определяются спецификой квазисистемы M₂S-C₂S-C₂AS, которая является характеристической для технологии: в расплавах ее марганец восстанавливается из тефроита — поставщика марганца при производстве марганцевых ферросплавов. Расплавы этой квазисистемы переходные, т.к. смыкаются с конечными шлаками. При основности выше 1,0 состав переходного шлака соответствует области M₂S-C₂S-C₂AS с содержанием тефроита больше 50% и температурой ликвидус 1300-1450°C, позволяющей поднять разогрев реакционной зоны печи до 1427-1577°C, что обеспечит остаточное содержание марганца ~5% в конечных шлаках основности 1,35-1,5 [6] при использовании разжижителей шлаков [3]. Чрезмерное увеличение температуры процесса сопряжено с опасностью интенсивного восстановления кремния из тефроитовой составляющей. Отмечено превышение по этой

причине содержания кремния в углеродистом ферромарганце номенклатурных требований (ГОСТ 4755-91) [7-8].

Термодинамическая возможность процесса максимально реализуется при проведении плавки углеродистого ферромарганца на шлаках основности $> 1,5$ ($< 1,87$) с применением разжижителя шлака, например, CaF_2 до 3% в шлаке, рекомендуемого по [1, 3]. Без введения CaF_2 оптимальным является шлак, содержащий до 10% Al_2O_3 при основности менее 1,3. Исходя из реологических свойств оксидных расплавов, для электротермии углеродистого ферромарганца из казахстанского сырья в этом случае приняты основности шлака 1,1-1,3.

При выплавке сплавов марганца получается мелкодисперсная пыль (фракции менее 0,05 мм содержится 88,4%), из которой без применения такой трудоемкой операции, как помол, можно гидрометаллургическим способом извлекать свинец, цинк, марганец (химически чистый), таллий, галлий (и еще, возможно, скандий и рубидий). Технологию переработки пыли существенно упрощает наличие в ней железа в виде Fe_2O_3 , что дает возможность отказаться от окислительной обработки растворов с целью перевода двухвалентного железа в трехвалентное. Присутствие в пыли мелкодисперсного кокса обеспечивает эффективную фильтрацию гидрооксида железа, что снижает себестоимость полупродуктов с содержанием ценных элементов. Улавливание пыли с его утилизацией при электротермии ферросплавов до настоящего времени не получило должного развития, несмотря на широкое использование его в цветной металлургии. В ферросплавной отрасли пока нет опыта улавливания пыли с содержанием примесей цветных металлов, поскольку не было промышленного использования подобных сырьевых материалов, как, например, руды атасуйского региона. Извлечение указанных ценных элементов из пылей повысит экономичность производства сплавов марганца из местного марганцевого сырья.

Относительно перспектив развития марганцевого производства следует заметить, что в ближайшие 2-3 года в производство начнут поступать первичные разновидности марганцевых руд, которые природноофлосованы (с основностью более 1,0). Выплавка сплавов марганца из таких руд требует разработки сквозной технологии передела, т.е. научно-технической проработки вопросов добычи, обогащения, окискования и их использования. При этом необходимо особо отметить, что, по сравнению с окисленными, первичные руды нам менее знакомы и поведение их при металлургической переработке изучено недостаточно. По минералогическому составу они резко отличаются от окисленных, и это непосредственно отражается на качестве выплавляемого металла. Особенно это проявляется в уровне содержания кремния в металле: несмотря на высокую основность шихты, процесс плавки всегда сопровождается большей степенью перехода кремния в металлическую фазу и ростом его содержания до 4-6%.

Данные о фазовых соотношениях в шлаках производства высокоуглеродистого ферромарганца дают основание для внедрения технологии выплавки этого ферросплава с технико-экономическими показателями, обеспечивающими его конкурентоспособность с ферромарганцем, выплавляемым в условиях организованного производства на Украине (Никопольский завод ферросплавов). Указанное реализуется посредством усовершенствования шлакового режима электротермической плавки ферромарганца с изменением основности шлака с 0,5-0,6 на 0,7-0,9 (Mn в шлаке 17-19%) и 1,1-1,2 (Mn в шлаке 12-14%), что обеспечит максимальное извлечение (70-75%) марганца из сырья за один электротермический передел. Дальнейшего повышения извлечения марганца в сплав до 80% и выше можно достичь снижением содержания марганца в шлаке до 8-9% и ниже за счет применения разжижителей шлака при повышении основности шлака выше 1,3.

Суть предложения: рекомендуется освоение технологии флюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца с повышенной основностью шлака с выходом опытных испытаний на режим плавки на шихте состава: марганцевый концентрат (руда) 400 кг, известь 120-180 кг, кокс 69-95 кг в зависимости от состава материалов. Кратность шлака 1,4-1,6 при основности 1,0-1,1. Химический состав ферромарганца, %: марганца 70-75, кремния менее 1,0. Состав шлака: марганца 14-16%, диоксида кремния 30-35%, оксида кальция 32-36%, оксида алюминия до 10%. В завершение этапа испытаний рационально интенсифицировать технологию введением в шихту доломита частично взамен извести и одновременно повысить основность шлака. В случае совместной присадки в шихту известняка и доломита необходимо довести содержание MgO в шлаке до 4,0%. Считаем, что полная замена известняка доломитом (с доведением содержания MgO в шлаке до 8%) при получении низкокремнистого (менее 1% Si) ферромарганца нежелательна из-за повышения содержания кремния в сплаве. При этом одновременно необходимо вводить плавиковый шпат CaF_2 из расчета 28,0-32,0% на 1 т шлака. После этого только присадкой известняка довести основность шлака до 1,3-1,4. Следует иметь в виду: CaF_2 — общепринятый в металлургии разжижитель шлаков, но экологически неблагоприятный. В нашем случае мы предлагаем в ближайшее время новые, альтернативные разжижители шлаков, которые нами дорабатываются, а также переход к минимизации компонентов шихты за счет предварительной подготовки ее (переход к моношихте).

Альтернативные варианты прогрессивных направлений в развитии технологии выплавки высокоуглеродистого ферромарганца:

I. Введение в шихту частично взамен металлургического кокса высокозольного экибастузского угля зольностью 40-52%.

В ХМИ НЦ КПМС в данное время дорабатывается и в ближайшее время будет решен вопрос о стабильной поставке на ЕЗФ технологически подготовленного (совместно с экибастузским углем)

марганцевого сырья в объеме, обеспечивающем потребности одной электропечи и отвечающем современным технологическим требованиям на сырье для электротермии, исключая отрицательные свойства и поведение экибастузского угля при электроплавке. То же самое предпринимается относительно сырья для выплавки силикомарганца из расчета обеспечения сырьем для постоянной работы 4-5 электропечей.

II. До полного обеспечения стабильного технологического процесса плавки ферромарганца не следует оперировать с бокситсодержащими материалами, учитывая следующие недостатки (применительно к технологии выплавки

углеродистого ферромарганца) введения бокситсодержащих материалов в шихту:

а) избыток шлака при плавке (кратность шлака возрастает до 2,0 и выше);

б) возрастает содержание кремния в сплаве, что недопустимо для раскисления кипящих и некоторых спокойных марок стали.

III. Выплавка высокоуглеродистого ферромарганца с использованием в шихте специальных разжижителей шлака на основе боратов, разработанных в Химико-металлургическом институте НЦ КИМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевчук В.В. Разработка и исследование технологии выплавки малофосфористого высокоуглеродистого ферромарганца на шлаках повышенной основности / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. ДМетИ.: Днепропетровск: Типогр. ДМетИ. 1986.
2. Wosmecki W., Misium T. Straty manganu w zuzlu w zaleznosci od rawazosci kzemu w zelazomanganie i zasadowici zuzla w wielkopilcowym procesie wytapiania zelomanu // Pr. inst. met. zelaza, 1984. №3. P.130-133.
3. Курнушко О.В. Вязкость и электропроводность марганцевых шлаков и роль этих свойств в технологии электротермического получения ферромарганца // Легирующие сплавы: Сб. трудов ЦНИИЧМ. М.: Metallургия, 1967. Вып. 57. С.104-114.
4. Abraham K.P., Davies M. W., Richardson F.D. Activities of manganese in silicate melts // J. Iron and Steel Inst., 1960. №9. P.82-89.
5. Гасик М.И. Электротермия марганца. Киев: Техника, 1979. 167с.
6. Ем А.П., Власенко В.Е., Руденко В.К. и др. Исследование кинетики совместного восстановления окислов марганца и железа при получении малофосфористого шлака // Metallургия и коксохимия: Межведомственный сб. Киев: Техника, 1969. Вып. 11. С.67-72.
7. Габдуллин Т.Г., Байсанов С.О., Такенов Т.Д. и др. Получение малофосфористого ферромарганца из сырья на базе месторождений Казахстана // Сталь. 1980. №7. С.583-584.
8. Курнушко О.В., Зубанов В.Т., Лякишев Н.П. и др. Освоение технологии производства низкофосфористого высокоуглеродистого ферромарганца в закрытой печи мощностью 16,5 МВА // Сталь. 1975. №7. С.610-613.

Раздел 3

Геотехнологии

УДК 658.562.64:622.33.002.5

В.Ф. ДЕМИН

Методические положения выбора средств механизации технологических схем очистных работ

Современная отечественная (стран СНГ) механизация очистных работ по схемотехническим решениям соответствует мировому уровню, но значительно отстает от зарубежных образцов по качеству, надежности и уровню автоматизации.

Повышение технического уровня средств механизации очистных работ до мировых показателей возможно при применении лучших образцов высокопроизводительного, надежного импортного оборудования дальнего зарубежья (производства США, Германии и др.) на длину лавы до 250...300 м и доведения суточных нагрузок на очистной забой до 15...20 тыс. т и разумном использовании более дешевой очистной техники производства стран СНГ либо созданием и производством импортзамещающей техники на базе местных машиностроительных заводов для шахт с одной, двумя действующими лавами и производительностью труда рабочего по добыче 95...100 т в месяц.

Из импортного оборудования эффективны комбайны фирмы «Айкхофф» для мощных и средней мощности пластов SL-500, SL-300, а также для тонких пластов SLN-300 с диаметром шнеков 1,2 и 1,0 м; струговая установка «Гляйтхобель» другой немецкой фирмы ДБТ, стоимость которой при этом в два раза больше стоимости очистного комбайна. Для крепления лав и управления кровлей могут эффективно использоваться механизированные крепи

польского, российского и совместного производства. Забойные конвейеры производства завода РГТО КС-30, КС-34, КСА-30П и СПЦ 271, СПЦ 391 (Россия) и скребковые перегружатели ПС-30 и ПС-34 с приводными станциями фирмы ДБТ (РГТО) и ПС 271, ПС 391 (Россия) достаточно надежны и производительны для заданных условий разработки.

Выбор средств механизации очистных работ и процессов их обеспечения является одной из главных задач совершенствования технологических схем.

Специфическим признаком любой подсистемы или комплекса очистного или другого оборудования является иерархичность ее построения. Идея формирования структур и схем работы выемочных и транспортных систем, предложенная В.А. Хориным, С.В. Мамонтовым, Г.И. Солодом, В.И. Солодом, В.А. Гетопановым, П.В. Коваль, В.М. Рачеком и др., позволила на качественно новом уровне обосновать этапы развития средств механизации и решить ряд задач анализа и синтеза систем оборудования.

При решении задачи конструирования вариантов технологических схем очистных работ целесообразно в качестве критерия оптимальности принимать единый для всех схем показатель, выводимый из совокупности частных критериев ее уровней.

Для всех уровней технологической схемы критерий эффективности может рассчитываться как среднее отклонение от технологически оптимального решения эталона:

$$S_n^a = \sqrt{1 - F_t^2},$$

где n — уровень в технологической схеме;
 σ — технологическая схема.

При оценке технологичности оборудования для ведения очистных, проходческих и сопутствующих работ может использоваться обобщенный критерий (λ_0) для согласованных процессов:

$$\lambda_0 = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_\delta^2},$$

где λ_y и λ_δ — функциональные критерии процессов соответственно эксплуатационного обслуживания и ремонта оборудования.

Для оценки технического уровня эксплуатационных характеристик надежности работы горно-шахтного оборудования, преимущественно, применяется метод экспертных оценок с определением весомости показателей качества, не исключая субъективности оценок. Используется также дифференциальный метод, основанный на сопоставлении единичных показателей лучших отечественных и зарубежных аналогов машин и оборудования с отсутствием единичных комплексных показателей.

Для комплексной оценки технического уровня и качества средств механизации очистных и проходческих работ предложена методика, приведенная ниже.

Механизированные крепи для лав.

Для оценки уровня качества механизированных крепей из всей совокупности показателей выделяются наиболее существенные, характеризующие эффективность функционирования и надежность выполнения изделий основных функций, совершенство конструктивных решений, качество изготовления и охватываемую область применения. Из сформулированных комплексных показателей качества составляется обобщенный. Основными функциями механизированной крепи являются изолирование призабойного пространства лавы от проникновения обрушенных боковых пород кровли и обеспечение согласованной и надежной работы компонентов очистного комплекса с минимальными материальными и временными затратами.

Обобщенный показатель эксплуатационного качества крепи ($K_{кр}$) выражается следующей формулой:

$$\hat{E}_{\epsilon\delta} = \frac{\dot{O}_{\epsilon\delta} \cdot \dot{A}_{\epsilon\delta}}{\dot{I}_{\epsilon\delta} \cdot \dot{O}_{\sigma}}.$$

Здесь $T_{кр}$ — ресурс механизированной крепи до капитального ремонта, лет;

$M_{кр}$ — удельная масса крепи:

$$\dot{I}_{\epsilon\delta} = \frac{\dot{I}_{\bar{n}}}{\dot{a} \cdot R},$$

где M_c — масса секции, т;

a — шаг установки секций, м;

R — характеристика крепи в отношении ее способности по исключению проникновения пород кровли и почвы в призабойное пространство лавы.

Это значение можно представить в следующем виде:

$$R = \frac{P^{\epsilon\delta}}{P^i} S,$$

где $P^{кр}$ — сопротивление крепи на 1 м² площади лавы, кН/м²;

P^n — удельное давление крепи на почву, кН/м²;

S — среднее сечение в свету крепи, м²;

T_y — трудоемкость передвижки секций крепи, чел.-мин/м;

$A_{кр}$ — раздвижность секции крепи:

$$A_{\epsilon\delta} = H_{\max}^{\epsilon\delta} - H_{\min}^{\epsilon\delta},$$

где $H_{\max}^{\epsilon\delta}$ и $H_{\min}^{\epsilon\delta}$ — конструктивная высота крепи соответственно при максимальной и минимальной вынимаемой мощности пласта, м.
Очистные узкозахватные комбайны.

Для оценки уровня качества очистных узкозахватных комбайнов важно учесть их энерговооруженность и производительность по выемке, степень совершенства конструктивных решений и диапазон области применения через комплексный показатель уровня эксплуатационных параметров:

$$\hat{E}_{\epsilon} = \frac{\dot{O}_{\epsilon} \cdot \dot{A}_{\epsilon}}{\dot{I}_{\epsilon\sigma}},$$

где T_k — ресурс комбайна до капитального ремонта, тыс.т;

A_k — эффективный диапазон раздвижности шнеков комбайна:

$$A_{\epsilon} = H_{\epsilon}^{\max} - H_{\epsilon}^{\min} \cdot V_{\sigma},$$

где H_{ϵ}^{\max} и H_{ϵ}^{\min} — максимальная и минимальная мощность пласта, вынимаемая комбайном, м;

V_y — тяговое усилие подачи комбайна, кН;

M_{ky} — удельная металлоемкость комбайна:

$$\dot{I}_{\epsilon\sigma} = \frac{\dot{I}_{\epsilon}}{G + m_z},$$

где M_k — масса комбайна, т;

G — производительность комбайна, т/мин;

m_z — средняя вынимаемая мощность, м.

Забойные скребковые конвейеры.

Уровень качества эксплуатационных характеристик забойного скребкового конвейера зависит от качества металлоизделий, совершенства конструктивных решений, в том числе по ремонтпригодности при авариях, а также энерговооруженности и обеспечению максимальной длины при необходимой пропускной способности конвейера по комплексному показателю:

$$\hat{E}_{\epsilon i} = \frac{\dot{O}_{\epsilon i}}{\dot{I}_{\epsilon i \sigma}},$$

где $T_{ко}$ — средний ресурс рештального става конвейера, млн т;

$M_{коу}$ — удельная масса узлов конвейера:

$$\dot{i}_{\text{ei}\sigma} = \frac{\dot{i}_{\text{ei}} \cdot L_{\text{ei}} + \dot{i}_{\text{i}\bar{n}\sigma}}{q},$$

где $M_{\text{ко}}$ — масса одного метра длины решетчатого става конвейера, м;
 $L_{\text{ко}}$ — длина конвейера, м;
 q — производительность, т/ч.
Струговые установки.

Комплексный показатель качества эксплуатации струговой установки определяется по формуле:

$$\hat{E}_{\bar{n}\sigma} = \frac{Q_{\bar{n}\sigma}}{\dot{i}_{\bar{n}\sigma}},$$

где $Q_{\text{ст}}$ — производительность струга, т/ч;
 $M_{\text{ст}y}$ — удельная масса установки,

$$\dot{i}_{\bar{n}\sigma} = \frac{\dot{i}_{\bar{n}\sigma}}{\dot{\sigma}_{\bar{n}\sigma} \cdot m_{\bar{n}\sigma}},$$

где $M_{\text{ст}}$ — масса установки, т;
 $T_{\text{рст}}$ — средний ресурс до капитального ремонта, тыс.т;
 $m_{\text{ст}}$ — средняя вынимаемая мощность пласта стругом, м.

Ленточные конвейеры.

Показатель качества эксплуатационных параметров ленточного конвейера определяется по формуле:

$$\hat{E}_{\text{e}\bar{\sigma}} = \frac{\dot{\sigma}_{\bar{\sigma}}}{\dot{i}_{\text{e}\bar{\sigma}}},$$

где T_y — установленная безотказная наработка, ч;
 $M_{\text{улк}}$ — удельная масса ленточного конвейера,

$$\dot{i}_{\text{e}\bar{\sigma}} = \frac{\dot{i}_{\sigma\bar{\sigma}}}{Q_{\text{e}\bar{\sigma}} \cdot L_{\sigma\bar{\sigma}} \cdot \dot{\sigma}_{\text{e}\bar{\sigma}}},$$

где $M_{\text{тр}}$ — масса конвейера, т;
 $Q_{\text{лк}}$ — приемная способность, м³/мин;
 $L_{\text{тр}}$ — длина транспортирования, м;
 $T_{\text{лк}}$ — срок службы конвейера, лет.

Проходческие комбайны избирательного действия.

Комплексный показатель качества эксплуатационных параметров проходческого комбайна рассчитывается по формуле:

$$\hat{E}_{\text{i}\bar{\sigma}} = \frac{Q \cdot \dot{\sigma}_{\text{i}\bar{\sigma}}}{\dot{i}_{\text{i}\bar{\sigma}}},$$

где Q — производительность комбайна, т/мин;
 $T_{\text{нк}}$ — ресурс комбайна до капитального ремонта, м³;
 $M_{\text{нк}y}$ — удельная масса комбайна:

$$\dot{i}_{\text{i}\bar{\sigma}} = \frac{\dot{i}_{\text{i}\bar{\sigma}} \cdot \dot{D}_i}{N_y},$$

где $M_{\text{нк}}$ — масса комбайна, т;
 P_n — удельное давление, производимое комбайном на почву, мПа;
 N_y — мощность электродвигателей ходовой части и управляемости комбайна, кВт.

В качестве объектов исследований выбраны горно-геологические условия разработки маломощных и сложноструктурных пластов Карагандинского бассейна:

- мощность пластов, м : 0,6...2,2;
- угол падения, град. : 5...35;
- расстояние между пластами, м : 5...20;
- относительная газообильность выемочных участков, м³/т : 5...30;
- относительная водообильность, м³/т : 2...10;
- сопротивляемость угля резанию, кН/м : 150...300;
- склонность пластов к самовозгоранию угля, к горным ударам;
- опасность пластов по внезапным выбросам и взрывоопасности пыли;
- характеристика вмещающих пород: кровля — легко-, средне-, трудноуправляемая; почва — мягкая и прочная;
- крепость боковых пород: включительно до крепких;
- глубина разработки, м : 300...600.

Анализ результатов расчетов эксплуатационных качеств механизированных гидрофицированных крепей показал, что в диапазоне вынимаемой мощности угольного пласта 0,8...1,5 м по градации соответствия продукции, приближающейся к мировому уровню, относятся крепи: 1М 147, 1М 143 (Россия), «Хемшайд» КГ300 4.6/11.5. Более эффективны крепи фирмы «Галик-Добсон» (Великобритания) типа 3/200 и 4/245. Лучшая в этом диапазоне — польского производства «Глиник» 06/15-0зк.

В диапазоне вынимаемой мощности угольных пластов 1,1...2,0 м продукцией, приближающейся по качеству эксплуатационных характеристик к мировому уровню, являются крепи: 2М 147 и 2М 137 (Россия), фирмы «Клэкер-Бекорит» БС 0.5/1.2. Более эффективны польская крепь «Глиник» 08/22-0зк и крепь фирмы «Вестфалия» ВС 1.7. Лучшим типом в этом диапазоне является польская крепь фирмы «Польтех» 08/30М-РОзк.

В диапазонах вынимаемой мощности угольного пласта от 1,5 до 2,6 м к крепям среднего класса относятся 3М 138, КМК 500, КМК 700/800, 1М 174, 1КМКЛ. Лучшими изделиями, соответствующими продукции мирового уровня, являются польские крепи «Фазос» 17/36 ПОз и 17/37-0з фирмы «Польтех» 15/40М-РОзк, производства Германии «Клекнер-Бекорит» БС 18/36, американская крепь фирмы «Лонгволл» РСЛ 2x800 и германская крепь фирмы «ДБТ» — класса 4.

Преимущества зарубежных механизированных крепей состоят в их более высокой надежности (безотказность и долговечность) и более высокой скорости передвижки секций (выше в среднем в 1,3...1,5 раза).

Анализ результатов расчетов сравнительной оценки эксплуатационных качеств очистных комбайнов показывает, что благодаря высокой энерговооруженности, производительности, надежности, обеспечиваемой очистной диагностике и ресурсу зарубежные комбайны по уровню почти на порядок выше произведенных в СНГ (России) на всех диапазонах вынимаемой мощности пласта. Вместе с тем производство и поставка очистного оборудования (в частности комбайнов) потребителям только под

конкретные горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации с увеличением стоимости на 20...35% по сравнению с серийно выпускаемым оборудованием позволит повысить нагрузку на очистной забой в 1,5...2 раза. Использование в очистных комплексах машин производства стран СНГ позволит создать конкурентоспособное оборудование фирмам «Джой», «Эйкгофф» и др. благодаря уменьшению затрат на приобретение в 3...4 раза.

По диапазонам вынимаемой мощности пластов приоритетными типами комбайнов являются: при мощности пласта 0,8...1,5 м — комбайны КВП1 и К85 (Россия); при мощности пласта 1,1...2,0 м — немецкие комбайны EDW-230LN и SLN300, а также и из одношнековых ККЛ (Россия) с натяжкой К10ПМ (Россия); в диапазоне мощности угольного пласта 1,5...2,6 м — немецкие комбайны SL-300 и EDW-230-2L-2W и одношнековый EW-170L; из российских комбайнов лучшим является КВП 2.

В качестве лавных конвейеров с успехом могут быть использованы российские конвейеры типа СПЦ 271, СПЦ 391, СПЦ 3100, СПЦ 3125 с износостойкими литыми боковинами става и боковой разгрузкой, а также КС-30 и КС-34 (производства РГТО) с приводами фирмы «ДБТ» (250 и 315 кВт), которые по производительности (1200...2500т/ч), ресурсу рештачного става (2,5...10,0 млн. т), калибру цепи, энерговооруженности ни в чем не уступают подобному зарубежному оборудованию.

Для перегружателей типов ПС 271Л, ПС 391, ПС 3100, ПС 3125 используются соответствующие элементы забойных конвейеров. В комплекте к перегружателям идут универсальные дробилки серии ДУ 910М и ДУ 1000 с ресурсом до 1,5 млн. т грузопотока угля.

Технический уровень указанных конвейеров соответствует конвейерам зарубежных фирм «Даути-Меко», «Вестфалия-Бекорит», «Хольбах и Браун» (Германия) и «Лонгволл» (Великобритания).

Расчетные показатели отработки угольных пластов комплексами нового технического уровня производства стран ближнего зарубежья (прежде всего, России) при различных параметрах очистного забоя представлены в таблице.

ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ НОВОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Наименование показателей	Вынимаемая мощность, м	
	0,8...1,2	1,2...2,5
Длина лавы, м	200...300	200...300
Площадь забоя, м ²	160...360	240...750
Коэффициент машинного времени	0,3...0,6	0,3...0,6
Энергонасыщенность забоя по выемке, кВт/м ²	1,0...1,5	1,0...1,5
Расчетная энерговооруженность по выемке, кВт	140...400	240...1000
Энергонасыщенность забоя по транспортировке угля, кВт/м ²	1,5...2,0	1,5...2,0
Расчетная энерговооруженность забойного конвейера, кВт	250...500	300...1000
Расчетная интенсивность нагрузки на забой, т/сут м ²	4,0...7,0	4,0...7,0
Расчетная нагрузка на забой, т/сут	640...2500	960...5300

Прогрессивным направлением для очистных комбайнов является переход на шнеки с увеличенной шириной захвата (до 1,0 м), использование которых в условиях каменноугольной промышленности Германии повысило нагрузку на забой (на 25...30%) и снизило трудоемкость на концевых участках лав.

С учетом совершенства и надежности работы наиболее мощное оборудование в странах дальнего зарубежья выпускают фирмы «Эйкгофф», «Джой», «Фамур»; по забойным конвейерам — «ДБТ», «Лонг Аэродокс», «Джой», «Рыбник»; по механизированным крепям — «Джой», «ДБТ», «Фазос».

Необычное техническое решение предложено компанией «Дойче штайнколе АГ», работающей в настоящее время над совместным проектом с фирмами «ДБТ», «ДМТ» и «Айкгофф» по созданию так называемого «струга со шнековым исполнительным органом» с улучшенной погрузочной способностью.

Приоритетным направлением технического прогресса в области производства проходческого оборудования являются:

- дальнейшее развитие комбайновой проходки горных выработок, обеспечивающей механическое разрушение забоя, механизацию погрузки разрушенной породы в средства транспорта и крепление горных выработок;
- создание агрегатных комплексов для буровзрывного способа проходки, обеспечивающих механизацию бурения шпуров, погрузку горной массы и крепление выработки;
- применение крепей горных выработок, обеспечивающих возможность управления горным давлением и использование несущей способности окружающего массива;
- использование при проходке выработок широким забоем с подрывкой по сечению боковых пород малогабаритных и мобильных средств комплексной механизации (типа ВПЗК-1, КИТ-1): одношнекового комбайна типа ВПК-1, углового скребкового конвейера типа СПГ-1 или СКУ-45, гидрофицированной секционной или комплектной механизированной крепи. Присечка боковых пород производится комбайновыми проходческими комплексами, с укладкой породы в полосы дробильно-закладочными комплексами.

Эффективность использования высокопроизводительных очистных комплексов во многом определяется темпами проведения подготовительных выработок, которые должны быть в пределах 50...75 м/сут при сечении, как правило, не менее 15 м².

Проходческие комбайны серии П110 и П220 по техническим характеристикам, параметрам, мобильности, эксплуатационной надежности, ресурсу, ремонтпригодности и компоновочным решениям конкурентоспособны с зарубежными аналогами RH22 и МК2В (Великобритания), АМ 65 (Австрия), ЕТ110 (Германия).

Для разрушения крепких пород ($f > 8$) могут быть использованы установки (типа «Гром», «Забой»),

функционирующие на базе водоструйной технологии и вибрационной техники.

Из проходческо-добычных комплексов у комбайнов серии «Урал» для улучшения сортности продуктов разрушения заменен плоскопланетарный забурник на сферически-планетарный режущий орган. Комплексы «Урал» конкурентоспособны с машинами фирм «Джой», «АВМ», «Эймко» и при мощности пласта 3,0 м, сечении выработок 15 м² скорость проходки составляет 30 м/сут, при

УДК 622.33:622.16.6(574.3)

Д.В. СОН

Перспективы применения технологии комбинированной подземной угледобычи в Карагандинском угольном бассейне

В условиях рыночной экономики, при ограниченных инвестициях и отсутствии государственных дотаций, главной задачей для всех угледобывающих предприятий становится создание высококорентабельного производства, способного обеспечить конкурентоспособность угольной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Решение данной задачи может быть реализовано за счет достижения следующего:

- получение максимальной прибыли за счет снижения издержек производства по добыче, интенсификации и концентрации производства, резкого роста производительности труда, увеличения объема и качества выпускаемой продукции;
- максимального привлечения потребителей за счет конкурентоспособности выпускаемой продукции и высокой организационной и технологической дисциплины;
- высокого уровня социально-экономической защиты трудящихся и создания безопасных и комфортных условий труда и др.

В связи с этим возникает настоятельная необходимость в разработке и совершенствовании отечественной технологии добычи угля подземным способом.

Развитие технологии подземной угледобычи в мире происходит по двум основным направлениям — короткими очистными забоями — камерами (США, Канада, ЮАР, Австралия) и длинными очистными забоями — лавами (Германия, Великобритания, Польша, Россия, Китай, Казахстан и др.).

Как показывает мировой опыт, только при создании высокопроизводительных комплексно-механизированных забоев (КМЗ), работающих по принципу «шахта-лава», «шахта-пласт», с применением высокопроизводительного и надежного оборудования и оптимальных параметров выемочных полей, возможно, достижение высоких технико-экономических показателей. При этом нагрузка на КМЗ должна составлять порядка 5000-10000 т/сут, длина лавы — 200-400 м, а оптимальная длина выемочного поля — 3-6 км.

производительности по добыче 1000 т/сут и себестоимости добычи около 300 тенге/т, что в два раза меньше затрат на добычу, характерных для выемки угля очистным механизированным комплексом с той же нагрузкой.

Приведенная методика оценки эксплуатационного качества горно-шахтного оборудования создает предпосылки для объективного сопоставления их технологических характеристик.

Однако в условиях Карагандинского бассейна перейти на «шахту-лаву» проблематично, т.к. отсутствуют выемочные поля, имеющие длину порядка 3-4 км.

В работах [1,2] приведена типизация по размерам шахтных и выемочных полей. Все шахтные поля поделены на две группы:

I группа — шахтные поля, имеющие размеры по простиранию менее 3,5-4,5 км с непроходимыми тектоническими нарушениями и по падению 1,0-1,5 км, такие поля названы «локальными участками»;

II группа — шахтные поля, имеющие размеры по простиранию 5,0-6,0 км и по падению 1,0-1,5 км.

Проведенные исследования [1,2] показывают, что большинство шахт относится к I группе и только шахты им.Калинина, «Саранская» (после объединения с «Сокурской» и «Актасской»), «Тентекская» и им.Костенко (после объединения со «Стахановской» и «Карагандинской») относятся ко II группе.

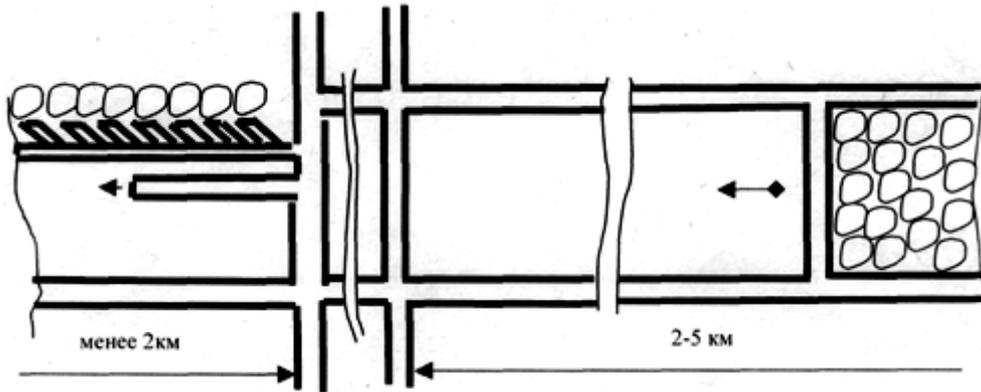
Таким образом, исходя из того что большинство запасов угольных пластов неблагоприятно для отработки длинными КМЗ, необходимо создание технологии комбинированной угледобычи, включающей элементы системы разработки длинными и короткими столбами с управлением кровли полным обрушением или податливыми целями.

При данной технологии благоприятные выемочные поля отрабатываются длинными КМЗ, а локальные участки — по короткозабойной технологии (см. рис.).

Основными достоинствами короткозабойной технологии является ее способность легко адаптироваться под условия залегания и пространственное расположение запасов угля. Это участки с запасами угля:

- ограниченные по площади (локальные участки);
- имеющие неправильную конфигурацию;
- подработанные пачки ранее отработанных пластов;
- участки угольных пластов с наличием различных осложняющих горно-геологических факторов (угольные пласты со сложным строением, волнистой гипсометрией, переменной мощностью пласта, большими углами падения, геологическими

нарушениями).



Технологическая схема комбинированной угледобычи короткими и длинными очистными забоями

Одним из достоинств технологии камерных, камерно-столбовых систем добычи в связи с ее меньшей затратностью на подготовку и оборудование забоев является то, что при ее помощи можно значительно быстрее организовать новое предприятие по добыче угля, получить хорошие результаты, накопить значительный капитал. Это позволит предприятиям закупить технику для организации отработки длинными столбами, с резким увеличением объемов добычи угля.

Короткозабойные технологии обеспечивают полную извлечение запасов угля в локальных участках, стабилизируют технико-экономические показатели шахт при «разрывах» очистного фронта длинными КМЗ.

В работах [1, 2, 3] предложена технология угледобычи с короткими (30-40 м) очистными забоями с возведением выработки вслед за лавой. Эта технологическая схема достаточно полно исследована в шахтных условиях (шахта им.Ленина, комплекс ОКТ-1): геомеханические процессы, шаг обрушения основной кровли, условия проветривания, особенно в зоне создания поддерживаемой выработки. При этом установлено, что длина очистного забоя должна быть кратной шагу обрушения основной кровли (18-20 м). Только в этом случае обеспечиваются благоприятные условия для поддержания вновь создаваемой выработки.

Определенный интерес представляет новая короткозабойная гидравлическая технология, разработанная институтом ВНИИГидроуголь под руководством профессора А.А. Атрушкевича. Создан полный набор оборудования для решения всех задач высокоэффективной подземной добычи угля, включая: комбайн, позволяющий выполнять проходческие и очистные работы в коротких забоях в сложных горно-геологических условиях; буровые станки и установки для возведения анкерной крепи оригинальной конструкции; установки для обезвоживания угля и осветления технологической воды, обеспечивающие подземный замкнутый цикл технологического водоснабжения; дробильно-сортировальный комплекс, позволяющий выдавать на

поверхность обогащенный уголь-концентрат и т.д. Усовершенствованы технологическая и организационные схемы ведения горных работ с использованием этого оборудования. В настоящее время данная технология проходит испытания на экспериментальных шахтах [4].

Большой опыт отработки угольных пластов при короткозабойной технологии гидравлическим способом накоплен на гидрошахтах Кузбасса (шахты «Юбилейная», «Инская», «Заречная», «Полосухинская» и др.), при этом были достигнуты следующие показатели: по шахте «Юбилейная» (1977г.) объем добычи составил 3634,4 тыс. т/год, производительность труда рабочего по добыче — 209 т/мес; по шахте «Полосухинская» (1988 г.) объем добычи — 2515,7 тыс. т/год, производительность труда — 143,9 т/мес. Для сравнения на шахтах ОАО УК «Кузнецкуголь», где отработка угольных пластов осуществляется длинными забоями с применением современного отечественного и импортного оборудования, среднегодовая добыча (2000 г.) составляла на одну шахту 1634 тыс.т, а производительность труда рабочего по добыче — 97,1 т/мес [5], добыча по УД АО «Испат-Кармет» (1999 г.) — 7,3 млн. т, средняя производительность труда рабочего по добыче — 37,4 т/мес.

Опыт применения гидродобычи имеется и в Карагандинском бассейне, где в свое время эксплуатировалась гидрошахта №106, впоследствии объединенная с шахтой «Сокурская». Позднее планировалось открытие гидроучастка на юго-восточном блоке шахты «Сокурская» для отработки пластов К₇ и К₁₀. Однако проект не был реализован из-за отсутствия капиталовложений на завершение строительства гидроучастка.

Таким образом, применение технологии комбинированной выемки в некоторой степени поможет решить проблему выемки локальных участков, в которых сосредоточены значительные запасы угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перзадаев М.А., Квон С.С., Роот Э.Г., Алиев С.Б. Угольные георесурсы Казахстана и перспективы их рациональной разработки и использования. Караганда, 1999.
2. Алиев С.Б. Технологическо-экономические основы реструктуризации шахтного фонда и создания высокопроизводительных лав. М.: Росуголь, 2000.
3. Нефедов П.П., Дрижд Н.А., Квон С.С., Презент Г.М., Перзадаев М.А. Технология разработки сложных и некондиционных пластов Карагандинского бассейна. Караганда, 1995.
4. Кузнецова Е.В. Перспективы внедрения гидродобычи на шахтах УД АО «Испат-Кармет» / КарГТУ // Труды университета. Вып.1. 2000.
5. Горностаев В.И., Фрянов В.Н. Развитие технологии комбинированной разработки угольных месторождений // Уголь. 2001. №7.

УДК 622.274.3

В.Ю. ШИРОВ

Технологические схемы комбинированной выемки

Одним из направлений повышения эффективности разработки жил средней мощности и мощных является комбинация методов разработки с учетом особенностей рудных тел. Как известно, наибольшая изменчивость содержания полезного компонента наблюдается по мощности рудного тела. Для относительно простых рудных тел характерно повышение содержания металла в средней части и уменьшение его к границам. Кроме того, отработка приконтурной зоны характеризуется значительными потерями и разубоживанием, т.е. отбойка руды строго по контуру технически трудноосуществима и нецелесообразна. В этих условиях имеется принципиальная возможность повышения качества добываемой руды в среднем по месторождению (блоку) путем выделения богатой руды из массива или из отбитой массы, что позволяет улучшить показатели переработки руды (для управления качеством минерального сырья и снижения себестоимости его добычи). Такая возможность может быть реализована в разработке жил средней мощности и мощных системой с подэтажной отбойкой руды.

Сущность варианта технологии селективной выемки полезного ископаемого состоит в следующем. Часть мощности рудного тела, т.е. наиболее богатая ее часть (преимущественно в средней части при простом залегании), отрабатывается системой с магазинированием руды либо системой с подэтажной отбойкой, обеспечивающей высокую полноту и качество выемки. А оставшаяся часть (бедная) отбивается массовым обрушением руды глубокими скважинами. При этом извлечение полезного ископаемого из отбитой руды может осуществляться методом подземного выщелачивания. Такая технология, кроме того, обеспечивает уменьшение себестоимости добычи за счет использования при выемке бедных руд наиболее дешевых способов и комплексно решает вопрос управления горным давлением путем забучивания выработанного пространства отработанными породами.

С целью снижения разубоживания руды подобные комбинированные системы разработки применяются при отработке рудных тел средней мощности на Юго-Восточном руднике АГОК и на одном из полиметаллических рудников в Киргизии. Здесь часть

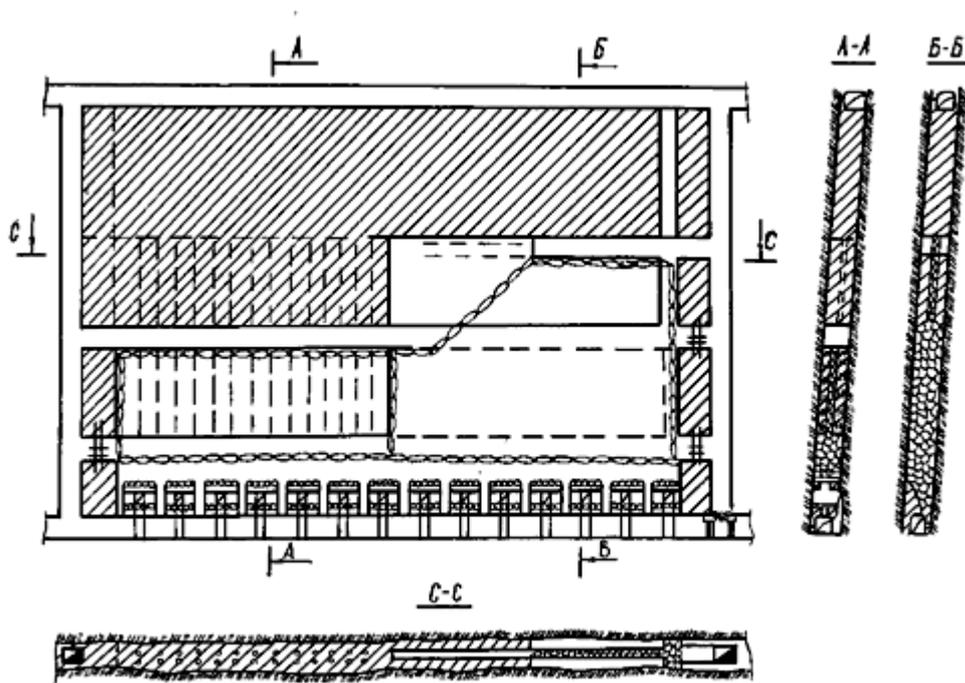
мощности рудного тела со стороны висячего или лежащего бока залежи, не превышающую ширины устойчивого пролета обнажения, вынимают системой с магазинированием руды и мелкошпуровой отбойкой, а оставшуюся часть рудного тела обрушают из подэтажных штреков веерными скважинами на открытое или замагазинированное рудой очистное пространство. Существенным недостатком этой технологии является значительный объем горно-подготовительных и нарезных работ, в основном связанный с проходкой подэтажных штреков. Для устранения этого недостатка предлагается вариант системы разработки, формирующий одновременно с выемкой слоя подэтажную выработку (см. рис.).

Подготовка блока к очистной выемке аналогична указанной выше и состоит в проведении блокового восстающего, нарезке днища, подсечке блока и формировании отрезной щели. Отработка блока ведется снизу вверх. На всю высоту подэтажа по центру рудного тела вынимается щель мелкошпуровым способом с магазинированием руды или отбойкой глубоких скважин. Ширина щели определяется способом ее выемки и изменчивостью оруденения. На уровне очередного подэтажа щель расширяется до сечения подэтажного штрека отбойкой горизонтальных скважин на щель. Избыток руды выпускается через образованное технологическое пространство люков в днище блока. В сформированном подэтажном штреке устанавливаются буровые станки, обуривают и отбивают оставшуюся часть мощности рудного тела со стороны бортов очистного пространства, одновременно образуя щель на следующем подэтаже, если последняя вынимается со скважинной отбойкой. При мелкошпуровом способе выемки щели к ее образованию приступают только после окончательной отбойки запасов нижележащего горизонта. Таким образом, сущность предлагаемой технологии сводится к проработке щели на вышележащем и формировании подэтажного бурового штрека с одновременным погашением оставшихся запасов нижележащего подэтажа отбойкой на зажатую среду.

Такая технология выемки руды позволит уменьшить себестоимость добычи за счет сокращения затрат на проходку подэтажных

выработок и создает предпосылки для селективной выемки руды. Система разработки с подэтажной отбойкой без предварительного проведения

подэтажного штрека рекомендуется для отработки крутопадающих жильных месторождений.



Система разработки с подэтажной отбойкой без предварительного проведения подэтажного штрека

УДК 533.15:339.219.1:622.26

С.К. ХАМИТОВ

Уравнение турбулентной диффузии при периодических и смешанных выделениях примесей в горной выработке

В процессе проветривания шахт и рудников поля концентрации вредных выделений формируются под действием источников примесей различного характера. При этом происходит наложение полей концентрации отдельных источников с получением некоторого суммарного распределения. Рассмотрим решение одномерного уравнения турбулентной диффузии для одномерной выработки.

В зависимости от того, как происходит выделение примесей, против движения воздуха или совпадает с направлением движения воздуха, уравнение турбулентной диффузии записывается в виде:

$$\frac{\partial k}{\partial \tau} - w \cdot \frac{\partial k}{\partial x} = D_x \cdot \frac{\partial^2 k}{\partial x^2} - \nu \cdot k \quad (1)$$

или

$$\frac{\partial k}{\partial \tau} + w \cdot \frac{\partial k}{\partial x} = D_x \cdot \frac{\partial^2 k}{\partial x^2} - \nu \cdot k, \quad (2)$$

где $k(x, \tau)$ — концентрация примесей;
 w — осредненная скорость в направлении основного потока;
 D_x — коэффициент продольной турбулентной диффузии;
 τ — время;
 ν — коэффициент адсорбции газов (каогуляции пыли).

Начало координат берется на границе зоны отброса примесей со стороны поступления воздуха.

Начальные граничные условия записываются:

$$k(x, 0) = 0, \quad (3)$$

$$k(0, \tau) = R(\tau), \quad (4)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} k(x, \tau) = 0. \quad (5)$$

Функция $R(\tau)$ зависит от режима пылегазовыделения. Применяя преобразования Лапласа по переменной τ к уравнениям (1) и (2), получим дифференциальные уравнения в пространстве изображения

$$\frac{d^2 \tilde{k}}{dx^2} + \frac{w}{D_x} \cdot \frac{d\tilde{k}}{dx} - \frac{\nu + s}{D_x} \cdot \tilde{k} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{d^2 \tilde{k}}{dx^2} - \frac{w}{D_x} \cdot \frac{d\tilde{k}}{dx} - \frac{\nu + s}{D_x} \cdot \tilde{k} = 0. \quad (7)$$

Общие решения уравнений (6) и (7) с учетом условия сходимости интеграла Лапласа и соответственно изображения решений краевых задач (1)-(5) записываются в виде

$$\tilde{k}(x, s) = \tilde{R}(s) \cdot \exp \left\{ -\frac{x}{2D_x} \cdot \left[w + \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot (\nu + s)} \right] \right\}, \quad (8)$$

$$\tilde{k}(x, s) = \tilde{R}(s) \cdot \exp \left\{ \frac{x}{2D_x} \cdot \left[w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot (v + s)} \right] \right\}. \quad (9)$$

Для перехода в пространство оригиналов нам понадобится следующая формула обращения [1]:

$$L^{-1} \left[\frac{\exp(-r \cdot x)}{s - \beta} \right] = \frac{1}{2} \exp(\beta \cdot \tau) \times \left\{ \exp \left[-x \cdot \sqrt{\frac{\beta}{D_x}} \right] \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{x}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} - \sqrt{\beta \cdot \tau} \right] + \exp \left[x \cdot \sqrt{\frac{\beta}{D_x}} \right] \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{x}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} + \sqrt{\beta \cdot \tau} \right] \right\}, \quad (10)$$

где $r = \sqrt{\frac{s}{D_x}}$, β — произвольное комплексное число,

$$\operatorname{erfc}(\varphi) = 1 - \operatorname{erf}(\varphi), \operatorname{erf}(\varphi) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\varphi e^{-\psi^2} d\psi.$$

Рассмотрим процесс диффузии с прямоугольно-периодической функцией выделения примесей. Такое выделение примесей имеет место, например, при последовательном взрывании шнуров в течение конечного промежутка времени. В этом случае $R(\tau)$ из граничного условия определяется

$$R(\tau) = C_0 \sum_{j=0}^n (-1)^j H(\tau - j \cdot \tau_1), \quad (11)$$

$$\text{где } H(\tau) = \begin{cases} 1 & \text{if } \tau > 0, \\ 0 & \text{if } \tau \leq 0. \end{cases}$$

Используя свойства линейности и сдвига, получим

$$\tilde{R}(s) = c_0 \cdot \frac{1}{s} \sum_{j=0}^n (-1)^j \exp(-j \cdot s \cdot \tau_1), \quad (12)$$

где c_0 — постоянная, и решения уравнений (6) и (7) имеют вид:

$$\tilde{K}(x, s) = \frac{c_0}{S} \sum_{j=0}^n (-1)^j \exp(-j \cdot \tau_1 \cdot s) \times \exp \left\{ -\frac{x}{2D_x} \left[w + \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot (v + s)} \right] \right\}, \quad (13)$$

$$\tilde{K}(x, s) = \frac{c_0}{S} \sum_{j=0}^n (-1)^j \exp(-j \cdot \tau_1 \cdot s) \times \exp \left\{ \frac{x}{2D_x} \left[w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot (v + s)} \right] \right\}. \quad (14)$$

Переходя в пространство оригиналов, с использованием формулы обращения (10) имеем:

$$K(x, \tau) = \frac{c_0}{2} \sum_{j=0}^n (-1)^j \left\{ \exp \left[-\frac{x}{2D_x} \cdot (w + \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \operatorname{erfc} \left(\frac{x - (\tau - j \cdot \tau_1) \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot (\tau - j \cdot \tau_1)}} \right) + \exp \left[-\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \operatorname{erfc} \left(\frac{x + \tau - j \cdot \tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau - j \cdot \tau_1}} \right) \right\}, \quad (15)$$

$$K(x, \tau) = \frac{c_0}{2} \sum_{j=0}^n (-1)^j \left\{ \exp \left[\frac{x}{2D_x} \cdot (w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \operatorname{erfc} \left(\frac{x - (\tau - j \cdot \tau_1) \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot (\tau - j \cdot \tau_1)}} \right) + \exp \left[\frac{x}{2D_x} (w + \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \operatorname{erfc} \left(\frac{x + \tau - j \cdot \tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau - j \cdot \tau_1}} \right) \right\}, \quad (16)$$

$$\text{где } n = \left\lfloor \frac{\tau}{\tau_1} \right\rfloor.$$

Вместо формулы (16) при малых значениях x можно рассматривать выражение

$$K(x, \tau) = \frac{c_0}{2} \sum_{j=0}^n (-1)^j \exp \left[\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau - j \cdot \tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau - j \cdot \tau_1}} \right), \quad (17)$$

$$\text{при } v = 0 \quad K(x, \tau) = \frac{c_0}{2} \sum_{j=0}^n (-1)^j \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau - j \cdot \tau_1 \cdot w}{2\sqrt{D_x \cdot \tau - j \cdot \tau_1}} \right). \quad (18)$$

Пусть смешанное выделение примесей выражает суммарный эффект непрерывного и импульсного выделения примесей

$$R(\tau) = c_0 H(\tau) + c'_0 \sum_{i=0}^m (-1)^i H(\tau - i \cdot \tau_1).$$

Тогда

$$\tilde{R}(s) = \frac{1}{s} \left[c_0 + c'_0 \sum_{i=0}^m (-1)^i \exp(-i \cdot \tau_1 \cdot s) \right]. \quad (19)$$

Решение в пространстве оригиналов с учетом граничного условия (18) имеет вид:

$$\begin{aligned}
 K(x, \tau) &= \frac{C_0}{2} \exp \left[-\frac{x}{2D_x} \cdot (w + \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \\
 &\times \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} \right) + \right. \\
 &+ \exp \left(\frac{x}{2D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \times \\
 &\times \operatorname{erfc} \left. \left(\frac{x + \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \tau}} \right) \right] + \\
 &+ \frac{C'_0}{2} \sum_{i=0}^m -1^i \exp \left[-\frac{x}{2D_x} (w + \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \\
 &\times \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau - i \cdot \tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot (\tau - i \cdot \tau_1)}} \right) + \right. \\
 &+ \exp \left(\frac{x}{D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \times \\
 &\times \operatorname{erfc} \left. \left(\frac{x + (\tau - i \cdot \tau_1) \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot (\tau - i \cdot \tau_1)}} \right) \right], \\
 K(x, \tau) &= \frac{C_0}{2} \exp \left[\frac{x}{2D_x} \cdot (w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \\
 &\times \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} \right) + \right. \\
 &+ \exp \left(\frac{x}{D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \times \\
 &\times \operatorname{erfc} \left. \left(\frac{x + \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \tau}} \right) \right] + \\
 &+ \frac{C'_0}{2} \sum_{i=0}^m -1^i \exp \left[-\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \\
 &\times \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau - i \cdot \tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot (\tau - i \cdot \tau_1)}} \right) + \right. \\
 &+ \exp \left(\frac{x}{D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \times \\
 &\times \operatorname{erfc} \left. \left(\frac{x + (\tau - i \cdot \tau_1) \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot (\tau - i \cdot \tau_1)}} \right) \right].
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Найдем решение уравнения турбулентной диффузии при любых периодических пылегазовыделениях.

$R(\tau)$ в том случае является периодической функцией с периодом T_0 :

$$R \tau \sim C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} + b_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0}, \tag{22}$$

где $C_0 = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} c \tau d\tau$, $\tag{23}$

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0} c \tau \cdot \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} d\tau, \tag{24}$$

$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0} c \tau \cdot \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} d\tau. \tag{25}$$

Применяя к задаче (2, 3, 5, 22) преобразования Лапласа по переменной τ , получаем уравнение в пространстве изображений

$$\begin{aligned}
 \tilde{K} x, s &= \tilde{K}_1 x, s + \tilde{K}_2 x, s + \tilde{K}_3 x, s = \\
 &= \frac{C_0}{s} \exp \left[\frac{wx}{2D_x} - x \cdot \left(\frac{w^2}{2D_x} + \frac{v+s}{D_x} \right)^{1/2} \right] + \\
 &+ \left[\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{s}{s^2 + \left(\frac{2\pi n}{T_0} \right)^2} \right] \cdot \exp \left[\frac{wx}{2D_x} - x \cdot \left(\frac{w^2}{4D_x^2} + \frac{v+s}{D_x} \right)^{1/2} \right] + \\
 &+ \left[\sum_{n=1}^{\infty} b_n \frac{\frac{2\pi n}{T_0}}{s^2 + \left(\frac{2\pi n}{T_0} \right)^2} \right] \cdot \exp \left[\frac{wx}{2D_x} - x \cdot \left(\frac{w^2}{4D_x^2} + \frac{v+s}{D_x} \right)^{1/2} \right].
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

Используя формулы обращения

$$L^{-1} \left\{ \exp \left[-\sqrt{r} \beta + s \right] \right\} = \frac{\sqrt{r}}{2\tau \cdot \sqrt{\pi \cdot \tau}} \exp \left(-\beta \cdot \tau - \frac{r}{4\tau} \right),$$

$$L^{-1} \left[\frac{s}{s^2 + \left(\frac{2\pi n}{T_0} \right)^2} \right] = \cos \frac{2\pi n \cdot \tau}{T_0},$$

$$L^{-1} \left[\frac{1}{s^2 + \left(\frac{2\pi n}{T_0} \right)^2} \frac{2\pi n}{T_0} \right] = \sin \frac{2\pi n \cdot \tau}{T_0},$$

переходим в пространство оригиналов

$$\begin{aligned}
 K_1(x, \tau) &= \frac{C_0}{2} \exp \left[\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}) \right] \times \\
 &\times \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} \right) + \right. \\
 &+ \exp \left(\frac{x}{D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \times \\
 &\times \operatorname{erfc} \left. \left(\frac{x + \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \tau}} \right) \right],
 \end{aligned}
 \tag{27}$$

$$K_2(x, \tau) = \exp \left[\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x v}) \right] \times \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D_x}} \cdot a_n \right] \times \left\{ \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \times \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} - x}{4D_x \tau_1} \right] \cos \frac{2\pi \cdot n \tau_1}{T_0} d\tau_1 + \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} - x}{4D_x \tau_1} \right] \times \sin \frac{2\pi \cdot n \tau_1}{T_0} d\tau_1 \right\}, \quad (28)$$

$$K_3(x, \tau) = \exp \left[\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x v}) \right] \times \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D_x}} \cdot b_n \right] \times \left\{ \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \times \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} - x}{4D_x \tau_1} \right] \cos \frac{2\pi \cdot n \tau_1}{T_0} d\tau_1 - \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} - x}{4D_x \tau_1} \right] \times \sin \frac{2\pi \cdot n \tau_1}{T_0} d\tau_1 \right\}.$$

Обозначим

$$A_n = \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D_x}} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} - x}{4D_x \cdot \tau_1} \right] \cdot \cos \frac{2\pi \cdot n \tau_1}{T_0} d\tau_1, \quad (30)$$

$$B_n = \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D_x}} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} - x}{4D_x \cdot \tau_1} \right] \cdot \sin \frac{2\pi \cdot n \tau_1}{T_0} d\tau_1.$$

Поэтому для концентрации примесей имеем

$$K(x, \tau) = \exp \left[\frac{x}{2D_x} (w - \sqrt{w^2 + 4D_x v}) \right] \times \left\{ C_0 \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} \right) + \exp \left(\frac{x}{D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{x + \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \tau}} \right) \right] + \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n a_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} + B_n a_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n b_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} + B_n b_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \right) \right\}. \quad (31)$$

При $v = 0$ получим

$$K(x, \tau) = \frac{\tilde{N}_0}{2} \left(\operatorname{erfc} \left(\frac{x - w \cdot \tau}{2\sqrt{D_x \tau}} \right) + \exp \left(\frac{x \cdot w}{D_x} \right) \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{x + w \tau}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} \right) \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\tilde{A}_n a_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} + \tilde{B}_n a_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\tilde{A}_n b_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} - \tilde{B}_n b_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \right); \quad (32)$$

$$\hat{A}_n = \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D_x}} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot w - x}{4D_x \tau_1} \right] \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau_1}{T_0} d\tau_1;$$

$$\tilde{B}_n = \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D_x}} \int_0^{\tau} \tau_1^{-\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{\tau_1 \cdot w - x}{4D_x \tau_1} \right] \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau_1}{T_0} d\tau_1.$$

Аналогично получается решение в пространстве оригиналов задач (1, 3, 5, 22)

$$K(x, \tau) = \exp \left[-\frac{x}{2D_x} (w + \sqrt{w^2 + 4D_x v}) \right] \times \left\{ \frac{C_0}{2} \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{x - \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \cdot \tau}} \right) + \exp \left(\frac{x}{D_x} \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v} \right) \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{x + \tau \cdot \sqrt{w^2 + 4D_x \cdot v}}{2\sqrt{D_x \tau}} \right) \right] + \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n a_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} + B_n a_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n b_n \sin \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} - B_n b_n \cos \frac{2\pi \cdot n \cdot \tau}{T_0} \right) \right\}. \quad (33)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диткин В.А., Прудников А.П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. М.: Физмат, 1961. 450с.

УДК 622.261.2:622.281

В.Ф. ДЕМИН

Рациональные технологические схемы проведения выемочных выработок

С перспективой неизбежного роста глубины горных работ темпы подготовки новых выемочных участков и состояние выработок (особенно повторно используемых) не удовлетворяют возросшим требованиям своевременного воспроизводства фронта очистных забоев в условиях высокой концентрации горных работ и их устойчивой работы. В то же время затраты трудовых и материальных ресурсов на проведение и поддержание горных выработок имеют тенденцию к росту. На проведении, поддержании и ремонте в 2002 году работало 25,3% рабочих по добыче, которые в настоящее время уже не всегда обеспечивают нормальный фронт ведения очистных работ.

Таким образом, коренное совершенствование горных работ может быть реализовано путем комплексного решения вопросов подготовки и отработки выемочных полей, при котором подготовительные выработки (включая повторно используемые) полностью отвечали бы предъявляемым к ним требованиям в период всего срока эксплуатации при минимальных затратах на поддержание и обеспечение надежной высокопроизводительной работы очистных забоев.

В этом ряду также стоят вопросы по снижению отрицательного влияния сдерживающих факторов, связанных с определением в процессе эксплуатации выемочной выработки оптимальных сочетаний элементов системы «крепь бортовой выработки — крепь усиления — охранное сооружение», обеспечивающих повторное использование выработки в необходимом эксплуатационном состоянии в период всего срока службы при минимальных затратах на ее проведение и поддержание.

По УД ОАО «Испат-Кармет» ежегодно ремонтируется в среднем 2,7...3,0 % всей протяженности поддерживаемых выработок. При этом не вся извлеченная крепь из-за невозможности ее восстановления может использоваться повторно. Объем ремонта выработок почти не снижается, а его стоимость во многих случаях приближается к стоимости вновь пройденных выработок. На ремонте и содержании выработок и откаточных путей занято 8,3 % всех подземных рабочих.

Горно-подготовительные работы — одна из основных подсистем шахты — призваны решать задачу своевременной подготовки вновь вводимых в отработку выемочных полей. При переходе к отработке запасов угля по маломощным и сложноструктурным пластам актуальным является вопрос совместной оптимизации параметров технологии горно-подготовительных работ с учетом их взаимосвязи в объемах и во времени с другими подсистемами шахты.

К основным количественным параметрам технологии горно-проходческих работ относятся: скорость проведения выработок, продолжительность подготовки фронта работ очистных забоев, число одновременно действующих подготовительных забоев, численность проходческого звена. К качественным характеристикам горно-проходческих работ относятся технологическая схема проведения

выработок и комплекс горно-проходческого оборудования.

На выбор технологической схемы горно-проходческих работ влияют горно-геологические условия и горно-технические параметры: газоносность, мощность и категория опасности пласта по внезапным выбросам, крепость присекаемых по сечению выработки боковых пород, угол наклона, длина, площадь поперечного сечения в свету и плотность установки крепи в выработке, а также способы дегазации (опережающие бортовые скважины, предварительная дегазация), транспорт и складирование пустой породы в отработанных пространствах.

При технологических схемах с совместным ведением очистных и подготовительных работ необходимо соблюдение принципа синхронности их ведения.

В последние годы механизация работ по проведению выработок в угольной промышленности развивалась благодаря внедрению проходческих комбайнов, совершенствованию процесса бурения шпуров (при буровзрывном способе проведения выработок) и средств погрузки горной массы. Несмотря на количественное увеличение и качественное улучшение средств механизации, предназначенных для проведения выработок, производительность труда на подготовительных работах характеризуется недостаточно высокими технико-экономическими показателями. В частности, при буровзрывном способе средняя скорость проведения вскрывающих и подготавливающих выработок составляет 65 м/мес, производительность труда — 0,13-0,14 м/смену, затраты ручного труда превышают 80 % от общих затрат в проходческом цикле. Несколько лучше показатели при проведении выработки комбайнами. Средняя скорость при проведении выработок этим способом составила 160 м/мес, производительность труда — 0,23-0,24 м/смену.

ИГД им. А.А. Скочинского [1] на основе анализа тенденций развития технологии и проходческой техники, перспектив развития смежных технологических звеньев подземной угледобычи разработаны следующие технологические требования к новым системам проходческих машин. Основные системы проходческих машин поточной технологической схемы должны обеспечивать: техническую производительность по разрушению массива 0,6-0,8 м³/мин, удалению горной массы в разрыхленном состоянии — 1,5-2 м³/мин, креплению — 2,5-3 м/ч или 35-45 м²/ч обнаженной поверхности при высоте выработки 3-5 м и ширине 4-6 м, углам наклона ± 18° с учетом знакопеременного ее профиля и при любой форме сечения; снижение в 1,3-1,5 раза общих трудовых затрат проходчика при сокращении в 1,8-2 раза затрат ручного труда по сравнению с требованиями прогрессивных технологических схем.

Новые системы проходческих машин должны быть максимально унифицированы и универсальны, с тем чтобы один типоразмер соответствовал большому диапазону горно-технических условий.

Ниже для анализа приведены технологические схемы проведения горных выработок с лучшими образцами оборудования производства стран СНГ, сравнение которых и определение наиболее эффективных из них позволит повысить уровень горно-подготовительных работ и улучшить технико-экономические показатели.

При технологических схемах проведения выработок с породным и смешанным забоем с $f = 7 \div 9$ (а, б) применяется следующее проходческое оборудование (табл. 1).

Схема (а) 1: буропогрузочная машина 2ПНБ-2Б, ленточный телескопический проходческий конвейер ЛПТ-80, крепеустановщик КПМ-8, монорельсовая дорога ДМК.

Схема (а) 2: машина МПК-3 с боковой разгрузкой ковша.

Схема (б): проходческий комплекс «Сибирь».

При технологических схемах проведения выработок с угольным и смешанным забоем с $f \leq 6$ (в, г) применяется следующее проходческое оборудование.

Схема (в): проходческий комбайн 4ПП-2 (4ПП-5), ленточный телескопический конвейер ЛТП-80, крепеустановщик КМП-8 (КПУ-2), монорельсовая дорога ДМК.

Схема (г): агрегат на базе проходческого комбайна тяжелого типа со средствами предохранительного крепления, средства магазинирования и установки постоянной крепи, ленточный телескопический конвейер ЛТП-80, монорельсовая дорога ДМК.

Преимущества схемы (г) с параллельным выполнением операций «работа комбайна» и «крепление»: позволяет на 8-10 % снизить общие трудовые затраты, при этом скорость проходки увеличивается более чем в 1,5 раза.

При технологических схемах проведения нарезных выработок (д, е) применяется следующее проходческое оборудование.

Схема (д): нарезной комплекс КН и скребковый конвейер СР-70.

Схема (е): фронтальный агрегат КНВ, телескопический конвейер, напочвенная канатная дорога.

В таблице 2 предложена классификационная схема по средствам механизации проведения горных выработок от цикличной многооперационной технологии с индивидуальными машинами к многооперационной поточной технологии с автоматической системой машин — в последующем — базовый вариант.

Таким образом, развитие технологии проведения подготовительных выработок создало предпосылки для перехода от цикличной к малооперационной поточной технологии с агрегатными системами машин, что обеспечит более высокие качественные показатели, чем фактически достигнутые на данном этапе, — в 1,3-1,4 раза по уровню производительности труда и в 2 раза по скорости проходки.

Для количественной оценки технологических схем производственных процессов проведения подготовительных выработок предложен интегральный критерий — коэффициент технического уровня горно-подготовительных работ [1]:

$$K_{my} = 1 - \sqrt{\frac{T_i^2 + T_{pi}^2}{2 T_a^2 + T_{pa}^2} + \frac{\tau_i^2}{2\tau_a^2}},$$

где T_i и T_b — трудоемкость работ соответственно по i -й и базовой технологическим схемам, чел-мин/м³;

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Показатель	Схема а	Схема б	Схема б: схема а	Схема в	Схема г	Схема в: схема г	Схема д	Схема е	Схема д: схема е
Трудоемкость операций, чел-мин/м ³ : работа комбайна (разрушение, погрузка)	-	8		12	11	0,90	6	6	
бурение	21	-	0,19*	-	-		-	-	0,20*
заряжание и взрывание	8	-		-	-		-	-	
погрузка	14	-		-	-		-	-	
транспорт	3	3	1,0	3	3	1,0	6	3	0,50
крепление	13	12	0,90	11	10	0,90	10	7	0,70
вспомогательные работы	9	8	0,90	4	4	1,0	6	4	0,67
Общая трудоемкость работ, чел-мин/м ³	74	36	0,49	36	33	0,92	36	28	0,48
Производительность труда проходчика, м ² /смену	4,88	10,0	2,06	10,0	10,81	1,09	10,0	12,86	2,07
Скорость проходки, м/мес	1,5	8,0	5,33	4,6	7,0	1,55	6,0	8,0	4,0

* — отношение трудоемкости работ при комбайновой технологии к суммарной трудоемкости работ по бурению, заряджанию, взрыванию, погрузке при буровзрывной проходке

T_{pi} и $T_{pб}$ — затраты ручного труда соответственно по i -й и базовой технологическим схемам;

τ_i и $\tau_б$ — затраты времени на единицу продукции соответственно по i -й и базовой технологическим схемам.

Комплексный интегральный показатель технического уровня характеризует соотношение показателей i -й технологии по сравнению с базовой, отвечающей необходимым требованиям на момент рассмотрения уровня технологических схем проведения горных выработок.

Принципы, которым удовлетворяет базовая технологическая схема проведения подготовительных горных выработок, являются следующими. Высокоэффективная работа очистных забоев во многом также зависит от своевременного воспроизводства фронта очистных работ, т.е. от темпов, способов проведения и состояния выработок, к которым должны предъявляться следующие требования:

- высокие скорости их проведения. При мировой тенденции достижения объема добычи 3 млн. т угля из одной лавы и мощности пласта до 2 м с эксплуатацией 250 дней в году суточное подвигание составляет 26-30 м;

- отсутствие задержек выемочной машины на сопряжениях лавы с бортовыми выработками;

- способы охраны должны обеспечивать их надежное эксплуатационное состояние в течение всего срока службы выработки;

- минимально возможные затраты на крепление и поддержание горных выработок. Податливая арочная металлическая крепь с желобчатым профилем, созданная 60 лет назад и требующая проведения систематических ремонтных работ, трудоемкого перекрепления на сопряжениях лавы с примыкающими выработками, не отвечает условиям применения при современных высокопроизводительных очистных забоях. Поэтому широкое внедрение прогрессивного анкерования в подготовительных выработках позволит в два раза снизить затраты на крепление и поддержание подготовительных выработок и на 25...35% — трудоемкость очистных работ;

- реализация концепции заложенного в породах почвы всячего штрека, оформляемого за лавой, а также проходка двух штреков на пласте мощностью до 1,8 м с подрывкой боковых пород и складированием их в расколке могут соответствовать по нагрузке высокопроизводительной лаве.

Технологические решения должны приниматься из обеспечения условия: суммарные затраты на проведение и поддержание выемочных выработок должны покрываться доходом от работы лавы, тем самым должна быть обеспечена безотказная работа лавы.

Расчеты по определению технического уровня технологических схем, выполненные с использованием таблицы 1, позволили оценить уровень их эффективности. Установлено: более эффективной схеме проведения горной выработки соответствует меньшая доля ручного труда и трудоемкость работ и одновременно большая скорость проведения выработки с обеспечением принципа поточности, максимального совмещения слагающих проходческий цикл операций и минимально возможного их объема. Наиболее эффективны двухоперационные поточные технологические схемы (табл. 2) с агрегатными полуавтоматическими системами машин, обеспечивающими сокращение трудоемкости и продолжительности работ в 1,5...1,8 раза и ручного труда в 1,9...2,2 раза.

Таблица 2

ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Характеристика технологии	Комплекс машин и оборудования	Технический уровень схем
Многооперационная цикличная	Буропогрузочная машина 2ПНБ-2Б, конвейер ЛТП-80	0,41...0,43
	Погрузочная машина МПК-3, бурильная установка УБШ-313, конвейер ЛТП-80	0,49...0,53
	Буропогрузочный комплекс «Сибирь 3» с погрузочной машиной МПК-3, бурильным агрегатом УБШ-353, прегрузатель-накопителем	0,51...0,52
Трехоперационная цикличная	Проходческий комбайн 4ПП-5 (1ГКПС-04), конвейер ЛТП-80, крепеустановщик КПМ-8	0,65...0,72
Двухоперационная цикличная	Проходческий комбайн 4ПП-5, конвейер ЛТП-80, крепеустановщик КПМ-8	0,73...0,75
	Проходческий комбайн КП-25УВП (КП-20Б), конвейер ЛТП-80, тельфер УПВ	0,75...0,77
Двухоперационная поточная	Агрегат на базе тяжелого комбайна, крепеустановщик КПМ-8, конвейер ЛТП-80, монорельсовая дорога ДМК	0,81...0,83
	Фронтальный агрегат КНВ, телескопический конвейер ЛТП-80, напочвенная канатная дорога	0,73...0,77
	Проходческий комбайн КСП-42 (КСП-32, П-110, П-220), конвейер 2ЛКР-1000, доставочная дорога фирмы «Шарф» («Феррит»)	0,77...0,81

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техника и технология горно-подготовительных работ горной промышленности / Под ред. Э.Э. Нильвы. М.: Недра, 1991. 315с.

УДК 622.831:539.3

А.А. ТАКИШОВ

Деформированное состояние целиков с «ядром» прочности

Соотношение размеров целика, ширины к высоте, оказывает влияние на его несущую способность. Это связано с образованием «ядра» прочности, повышающего несущую способность целика, и «ядра» разупрочнения, понижающего ее [1]. Границей между этими состояниями или критической величиной коэффициента формы является $k_{\phi} = \sqrt{3\left(\frac{\nu}{1-\nu}\right)}$.

Целики с коэффициентом формы величиной больше критической испытывают напряженное состояние с образованием «ядра» прочности, а с коэффициентом формы меньше критической — с образованием «ядра» разупрочнения.

Рассматривается деформированное состояние целиков, испытывающих напряженное состояние с образованием «ядра» прочности, то есть с коэффициентом формы, большей $\sqrt{3\left(\frac{\nu}{1-\nu}\right)}$.

Уравнения, описывающие деформированное состояние целиков, имеют вид [2]:

$$u_{\bar{v}\bar{v}} = \left(\frac{1-\nu^2}{E}\right) \left\{ - \left[\left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right)^3 \left[k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}^2 - 8x^2 \right] \frac{x^2}{2} + \left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right) x^2 + \frac{x}{2} \right\} q_{x\bar{v}\bar{v}} - \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) \left\{ -24 \left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right)^3 \times \right. \\ \left. \times q_{x\bar{v}\bar{v}} \left\{ \left[\left(\frac{H_{\bar{v}\bar{v}}}{2}\right)^2 - y^2 \right] - \frac{1}{24} \left[k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}^2 - 8x^2 \right] \right\} x^2 - q_{1\bar{v}\bar{v}} x \right\} + \\ + \left\{ 24 \left[\left(\frac{H_{\bar{v}\bar{v}}}{2}\right)^2 - \frac{y^2}{6} \right] \left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right)^2 - \left[1 - \left(\frac{3}{1-\nu}\right) \right] - \right. \\ \left. - \frac{3}{2} \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) \right\} \left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right) q_{x\bar{v}\bar{v}} y^2 \right\} + u_{1\bar{v}\bar{v}}^0 y + u_{2\bar{v}\bar{v}}^0;$$

$$v_{\bar{v}\bar{v}} = \left(\frac{1-\nu^2}{E}\right) \left\{ -48 \left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right)^3 q_{x\bar{v}\bar{v}} \left\{ \left[\left(\frac{H_{\bar{v}\bar{v}}}{2}\right)^2 - \frac{y^3}{3} \right] - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{24} \left[k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}^2 - 4x^2 \right] \right\} xy - \frac{y}{2} q_{1\bar{v}\bar{v}} + \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) \times \right. \\ \left. \times \left\{ \left[\left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right)^3 \left[k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}^2 - 4x^2 \right] x + 2 \left(\frac{1}{k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}}}\right) x + \frac{1}{2} \right\} q_{x\bar{v}\bar{v}} y - \right. \right. \\ \left. \left. - \gamma \frac{x^2}{2} \right\} + \left[1 - \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right)^2 \right] \left(\nu + 2H_{i0\bar{v}\bar{v}} + H_{\bar{v}\bar{v}} \right) \frac{y}{2} x \right\} + v_{\bar{v}\bar{v}1}^0 x + v_{\bar{v}\bar{v}2}^0, \quad (1)$$

где ν — коэффициент поперечной деформации;

E — модуль упругости;

$k_{\phi} = B_{лц}/H_{лц}$ — коэффициент формы;

$B_{лц}$ — ширина целика;

$q_{xлц}$ — усилие проявления бокового давления;

$H_{лц}$ — высота целика;

γ — объемный вес;

$q_{1лц}$ — нагрузка взаимодействия целика с вышележащей толщей горных пород;

$q_{2лц}$ — нагрузка взаимодействия целика с нижележащей толщей горных пород;

$$u_{\bar{v}\bar{v}1}^0 = \left(\frac{1-\nu^2}{E}\right) \left\{ - \left[\frac{13}{2} - 7 \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) \right] \frac{1}{8} k_{\phi}^2 + 12 \left\{ - \frac{1}{8} \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 5 - k_{\phi}^2 \frac{1}{12} \left(\frac{1}{k_{\phi}}\right)^2 \right\} + 3 \left(\frac{1}{1-\nu}\right) \right\} \frac{1}{k_{\phi}} q_{x\bar{v}\bar{v}} + u_{\bar{v}\bar{v}2}^0;$$

$$u_{\bar{v}\bar{v}2}^0 = - \left(\frac{1-\nu^2}{E}\right) \left\{ \left[- \frac{13}{8} + 3 \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) \right] \left(\frac{1}{k_{\phi}}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{12} k_{\phi}^2 \right) \right\} \times \\ \times q_{x\bar{v}\bar{v}} - \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) q_{1\bar{v}\bar{v}} \left\{ \frac{1}{8} k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}} \right\};$$

$$v_{\bar{v}\bar{v}1}^0 = -u_{\bar{v}\bar{v}1}^0;$$

$$v_{\bar{v}\bar{v}2}^0 = \frac{1}{4} k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}} \left[\frac{1}{8} \left(\frac{1-\nu^2}{E}\right) \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) \gamma k_{\phi} H_{\bar{v}\bar{v}} - v_{\bar{v}\bar{v}1}^0 \right].$$

На основе аналитических выражений (1) проведены расчеты. Распределение смещений при $\nu = 0,22$, $E = 20000$ МПа, $q_{1лц} = 20$ МПа, $q_{2лц} = 20,26$ МПа, $\gamma = 0,026$ МН/м³, $H_{лц} = 10$ м и различных значениях коэффициента формы приведены на рис. 1 и 2. Поперечные смещения вдоль

вертикальной оси симметрии равны нулю (рис. 1, а; 2, а). Для ясности представления они показаны как в вертикальных, так и в горизонтальных плоскостях. Под действием смещений свободные боковые грани приобретают форму вогнутой кривой, выпуклостью к вертикальной оси симметрии целика.

При $k_\phi = 1$ средняя часть боковых поверхностей прогибается вовнутрь целика, выдавливая наружу крайние части верхних и нижних граней (рис. 1, а), при $k_\phi = 1,5$ боковые поверхности целика выдавливаются наружу, не задевая вогнутостью своей первоначальной формы (рис. 2, а).

Остановимся на вопросе о величине коэффициента формы, являющейся границей прогиба боковой поверхности вовнутрь целика. После соответствующих преобразований из выражения (1) для описания смещений середины боковой поверхности целика имеем:

$$u_{\bar{y}\bar{y}} \Big|_{\substack{x=-B_{\bar{y}\bar{y}}/4 \\ y=0}} = \frac{-\frac{1}{8} \left(\frac{1-\nu^2}{E} \right) \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) q_{1\bar{y}\bar{y}} H_{\bar{y}\bar{y}} \left[1 - 6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) \left(\frac{1}{k_\phi} \right)^2 \right] k_\phi}{1 - 3 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) \left(\frac{1}{k_\phi} \right)^2} \quad (2)$$

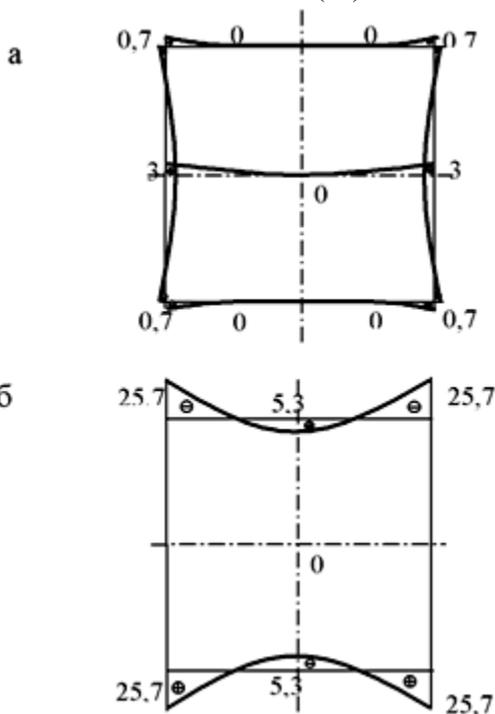


Рис. 1. Распределение смещений в целике при $k_\phi = 1$: а — поперечные ($u_{ли} \cdot 10^{-3}$ м); б — продольные ($v_{ли} \cdot 10^{-3}$ м)

На основе выражения (2) построен график функции $u_{\bar{y}\bar{y}} \Big|_{\substack{x=-B_{\bar{y}\bar{y}}/4 \\ y=0}} = f k_\phi$ (рис.3).

Данная зависимость имеет одну асимптоту — вертикальную, соответствующую критической величине коэффициента формы целика

$$k_\phi = \sqrt{3 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)}$$

При подходе к ней слева и справа смещения стремятся в бесконечность. Целики с «ядром» прочности характеризует часть графика правее вертикальной асимптоты. Здесь установлена величина коэффициента формы

$$k_\phi = \sqrt{6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)},$$

которому соответствует нулевое смещение середины свободной боковой поверхности целика. В интервале $\sqrt{3 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)} < k_\phi < \sqrt{6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)}$

смещения убывают от «плюс» бесконечности до нуля, здесь они имеют положительные знаки. В интервале же $\sqrt{6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)} < k_\phi < +\infty$ смещения возрастают, знак у них отрицательный.

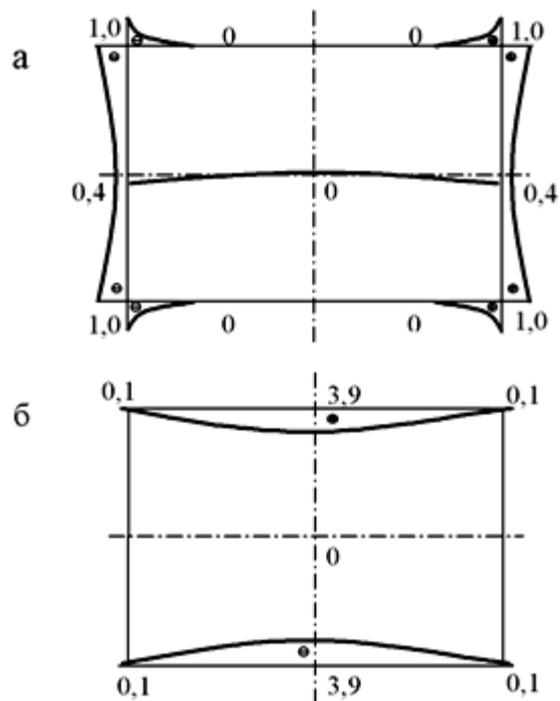


Рис. 2. Распределение смещений в целике при $k_\phi = 1,5$: а — поперечные ($u_{ли} \cdot 10^{-3}$ м); б — продольные ($v_{ли} \cdot 10^{-3}$ м)

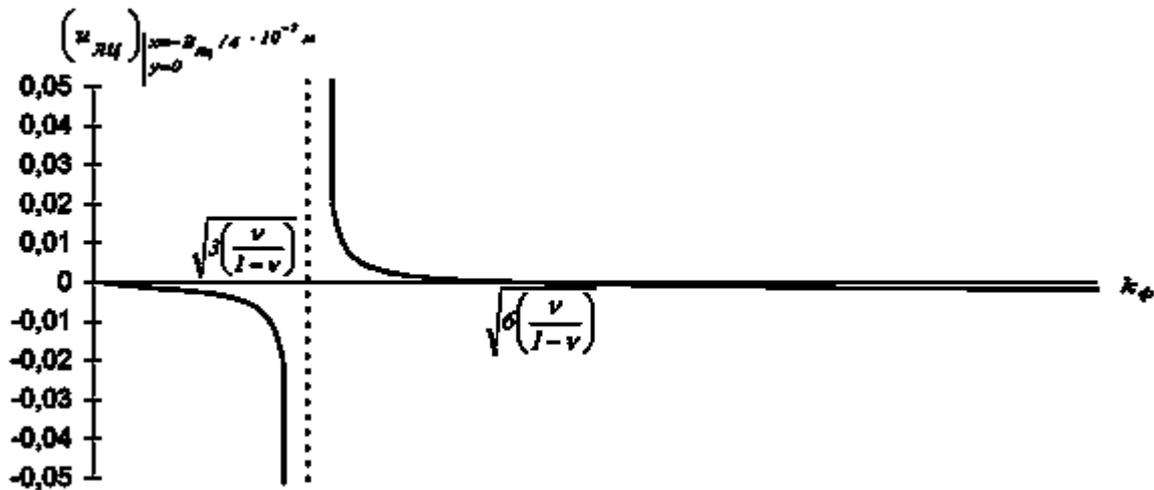


Рис. 3. График зависимости поперечных смещений середины боковой поверхности целика от коэффициента формы

Таким образом, величина коэффициента формы $k_\phi = \sqrt{6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)}$ является нейтральной для перемещений в середине свободной боковой поверхности целика. При этом левее $k_\phi = \sqrt{6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)}$ боковые поверхности вдавливаются в тело целика (рис. 1), вызывая растяжение средней части продольных волокон, а правее $k_\phi = \sqrt{6 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right)}$ вогнутая форма боковых поверхностей выдавливается наружу от прямолинейной первоначальной формы целика (рис. 2). Соответственно боковые поверхности испытывают только напряжение сжатия.

В целом для целиков с «ядром» прочности имеет место следующая закономерность распределения

смещений: с приближением значений коэффициента формы к ее критической величине все грани целика стягиваются к середине и наоборот — с увеличением этого соотношения. При этом боковые грани сохраняют вогнутость своей формы.

Смещения как продольные, так и поперечные, соответствующие середине целика, то есть в «ядре», равны нулю. Поперечные смещения на контактных поверхностях (рис. 1, а; 2, а), в промежутке между серединами крайних частей, равны нулю и увеличиваются от них к краям целика.

Проведенный анализ распределения смещений позволяет выявить закономерности их распределения в зависимости от соотношения размеров целиков и соответственно регулировать данный процесс с целью проектирования и выбора устойчивых параметров систем разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Такишов А.А. Исследование коэффициента бокового проявления напряжений целиков ленточной формы // Труды университета. Караганда: КарГТУ, 2001. №2. С.59-61.
2. Такишов А.А. Аналитическое описание деформаций целиков, поддерживающих налегающую толщу // Вестн. Евразийского университета. Астана, 2001. №1. С.150-154.

УДК 622.235.0015

Б.Р. РАКИШЕВ
К.К. ТАКЕЛЕКОВ
К.Ж. ТАКЕЛЕКОВ

Обоснование параметров буровзрывных работ при подготовке котлованов под промышленные здания и сооружения

Отсутствие научно обоснованной методики расчета параметров буровзрывных работ скважинными зарядами при рыхлении скальных пород приводит к излишним затратам материальных и денежных ресурсов.

Для исследования влияния удельного расхода взрывчатых веществ (ВВ) на параметры буровзрывных работ собран материал [1] по 32 объектам Жезказганского промышленного региона. Всего было взорвано 150 тыс. м³ скальных пород. На основании анализа определена зависимость

удельного расхода ВВ (q) от коэффициента использования (η) и коэффициента сближения скважин для разной категории пород по крепости [2] (рис. 1). Построенный график позволяет определить оптимальное значение удельного расхода ВВ, которое находится в точке пересечения кривых коэффициента использования и сближения скважин. При любом другом значении удельного расхода ВВ объем горной массы, отнесенный на одну скважину, уменьшается. Так, для пород V категории крепости оптимальному значению удельного расхода ВВ $q_1 = 0,65 \text{ кг/м}^3$ соответствуют значения коэффициента сближения и коэффициента использования скважин, равные $m_1 = 0,86$ и $\eta_1 = 0,86$.

При значении удельного расхода ВВ, больше оптимального, например, $q_2 = 0,9 \text{ кг/м}^3$, коэффициенты сближения и коэффициенты использования скважин будут соответственно равны $m_2 = 0,6$ и $\eta_2 = 0,91$.

Тогда отношение объема рыхления (V_1) при q_1 к объему рыхления (V_2) при q_2 составляет:

$$\frac{V_{1\text{е}}}{V_{2\text{а}}} = \frac{m_1^2 W^3 \eta_1}{m_2^2 W^3 \eta_2} = \frac{0,86^2 \cdot 0,86}{0,6^2 \cdot 0,91} = 1,94.$$

Отсюда $V_{1\text{к}} = 1,94V_{2\text{к}}$, т.е. объем взорванной горной массы, отнесенный на одну скважину при оптимальном значении удельного расхода ВВ $q_1 = 0,65 \text{ кг/м}^3$ почти в два раза больше, чем при рыхлении тех же пород с удельным расходом ВВ $q_2 = 0,9 \text{ кг/м}^3$.

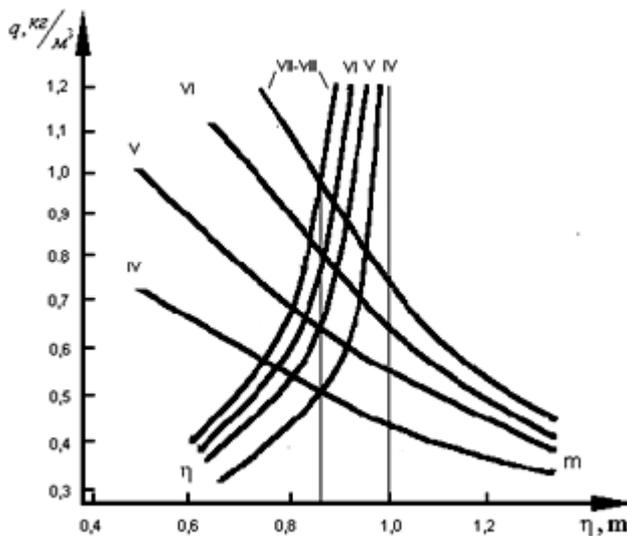


Рис. 1. Зависимость q от η и m

Таким образом, установленные оптимальные величины удельного расхода ВВ и коэффициентов сближения и использования скважин для каждой категории пород по крепости позволяют принимать такие параметры буровзрывных работ, благодаря которым рыхление скальных пород в котлованах с одной обнаженной поверхностью можно производить на точно заданную глубину. А это дает возможность перейти от двухступенчатой подготовки котлованов с применением скважинного и шпурового методов отбойки к

подготовке котлованов на полную проектную глубину только методом скважинных зарядов в один прием.

На основании подробного анализа результатов буровзрывных работ по рыхлению скальных пород общим объемом $16,3 \text{ тыс. м}^3$ при подготовке котлованов на 13 объектах построен график зависимости стоимости рыхления пород от удельного расхода ВВ, который описывается формулой:

$$c = kq^2, c_o = kq_o^2,$$

где c — стоимость рыхления 1 м^3 пород, у.е.;
 q — удельный расход ВВ, кг/м^3 ; k — коэффициент пропорциональности;

q_o — оптимальное значение удельного расхода ВВ, кг/м^3 ;

c_o — стоимость рыхления 1 м^3 пород при оптимальном значении удельного расхода ВВ, у.е.

Совместное решение этих формул дает:

$$c_o = c \left(\frac{q_o}{q} \right)^2.$$

Анализ собранного материала показывает, что в 1975 г. средний удельный расход ВВ при объеме рыхления горных пород, равном 1928 тыс. м^3 , составил по Жезказганскому СУ «Казахвзрывпром» $0,75 \text{ кг/м}^3$. С учетом удельного объема пород разной крепости в общем объеме рыхления выведена средневзвешенная величина оптимального расхода ВВ по Жезказганскому СУ «Казахвзрывпром», равная $q_o = 0,64 \text{ кг/м}^3$.

Таким образом, существует реальная возможность снизить удельный расход ВВ на $0,11 \text{ кг/м}^3$ против существующих расходов ВВ, что резко увеличивает эффективность взрывных работ.

Например, при $q = 0,75 \text{ кг/м}^3$ стоимость рыхления 1 м^3 пород составляет 1,6 у.е., тогда как уменьшение удельного расхода ВВ до оптимального $q_o = 0,64 \text{ кг/м}^3$ приводит к снижению стоимости рыхления до 1,3 у.е./ м^3 . В целом при ежегодном объеме рыхления скальных пород 2 млн. м^3 экономический эффект по оптимальным параметрам буровзрывных работ составит порядка 600 тыс. у.е.

Для установления зависимости удельного расхода ВВ от параметров буровзрывных работ и энергии сейсмического воздействия взрыва были проведены экспериментальные взрывы на специальном полигоне.

При исследовании зависимости скорости колебаний грунта от приведенного веса заряда наиболее трудоемкой задачей является определение самой скорости колебаний грунта [4]. Для решения этой задачи применялась следующая аппаратура: а) в качестве регистрирующего прибора применялся портативный магнитоэлектрический осциллограф Н-700; б) в качестве приемников сейсмоколебаний использовались сейсмодатчики типа СМВ-30, СВ-2-10, СПЭД-56, СПЭД-62.

Для установления зависимости скорости колебаний частиц пород от приведенного веса заряда ВВ нами были записаны сейсмические колебания грунта во время 45 промышленных взрывов.

При замерах колебаний грунта сейсмоприемники устанавливались на расстояниях 10-20 м от центра взрыва. Причем в каждой точке устанавливалось по два сейсмоприемника: один — горизонтально в направлении центра взрыва и один — вертикально, тем самым замерялись две составляющие скорости V_x и V_z .

Для иллюстрации здесь приведены схемы установки датчиков и ситуационный план только для 5 взрывов, произведенных на опытном полигоне в породах V категории крепости (рис. 2). На основании соответствующей обработки фактического материала для каждой категории пород построены графики зависимости скорости колебаний частиц грунта при взрыве от приведенного веса заряда ВВ (рис. 3).

Полученные кривые, как правило, имеют форму параболы и описываются формулой:

$$V = k \cdot \rho^n, \rho = \frac{\sqrt[3]{Q}}{r},$$

где V — скорость сейсмических колебаний частиц грунта, см/с; k ,

n — коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств горных пород;

ρ — приведенный вес заряда ВВ;

Q — вес одновременно взрывающегося ВВ, кг;

r — кратчайшее расстояние от центра взрыва до сейсмодатчика, м.

Таким образом, кривые, приведенные на рис. 3, описываются формулами:

для пород IV категории крепости по СНиПу: $V = 87,2\rho^2$;

для пород V категории крепости по СНиПу: $V = 320\rho^2$;

для пород VI категории крепости по СНиПу: $V = 530\rho^2$;

для пород VII-VIII категории крепости по СНиПу: $V = 870\rho^2$.

Энергия колебания грунта при взрыве представляет собой суммарную оценку всего колебательного процесса и является его физическим показателем. Энергетическая характеристика сейсмического воздействия важна для оценки интенсивности сейсмических колебаний. При выявлении интенсивности колебаний производится количественная оценка плотности потока энергии сейсмических волн по следующей формуле [3]:

$$E_{fi} = \frac{1}{2} \frac{\rho c \sum V_i^2}{f_i},$$

где ρc — акустическая жесткость пород;

V_i — скорость смещения грунта на частоте f_i ;

n_i — число периодов, имеющих скорость V_i на частоте f_i .

Из этой формулы видно, что величина плотности потока энергии практически пропорциональна скорости сейсмических колебаний. Поэтому изучение зависимости какого-либо параметра буровзрывных работ от энергии сейсмического воздействия взрыва можно без особой ошибки заменить изучением зависимости того же параметра от скорости сейсмических колебаний частиц грунта.

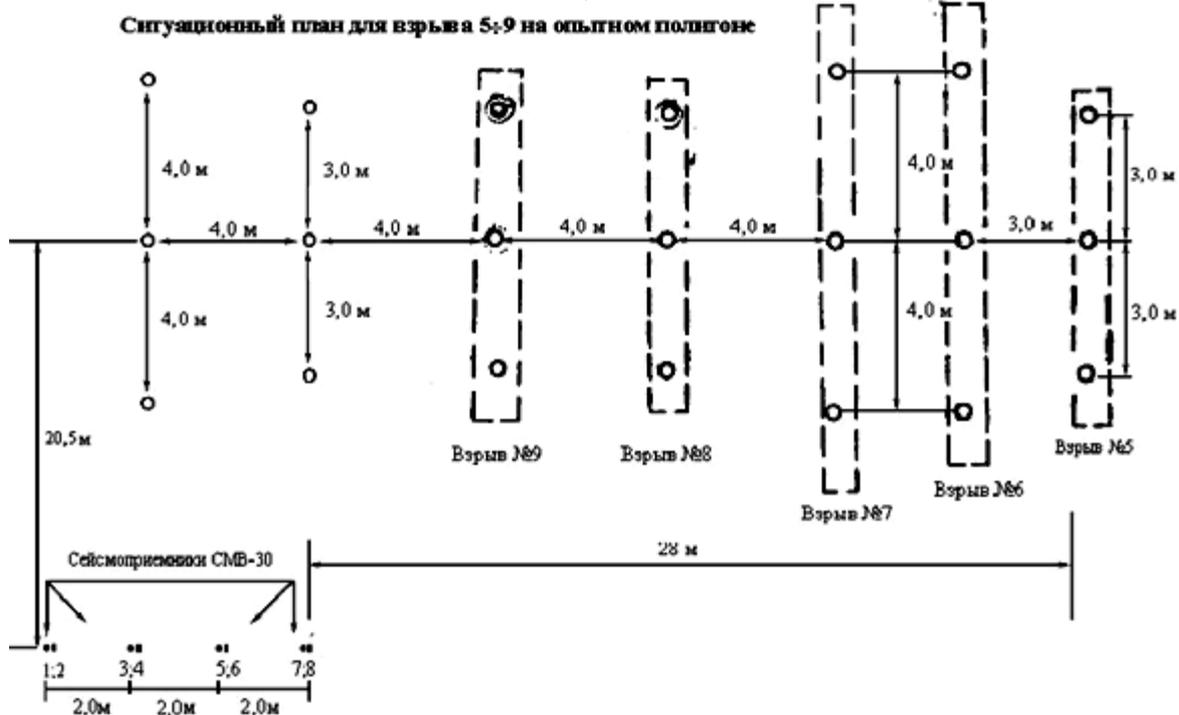
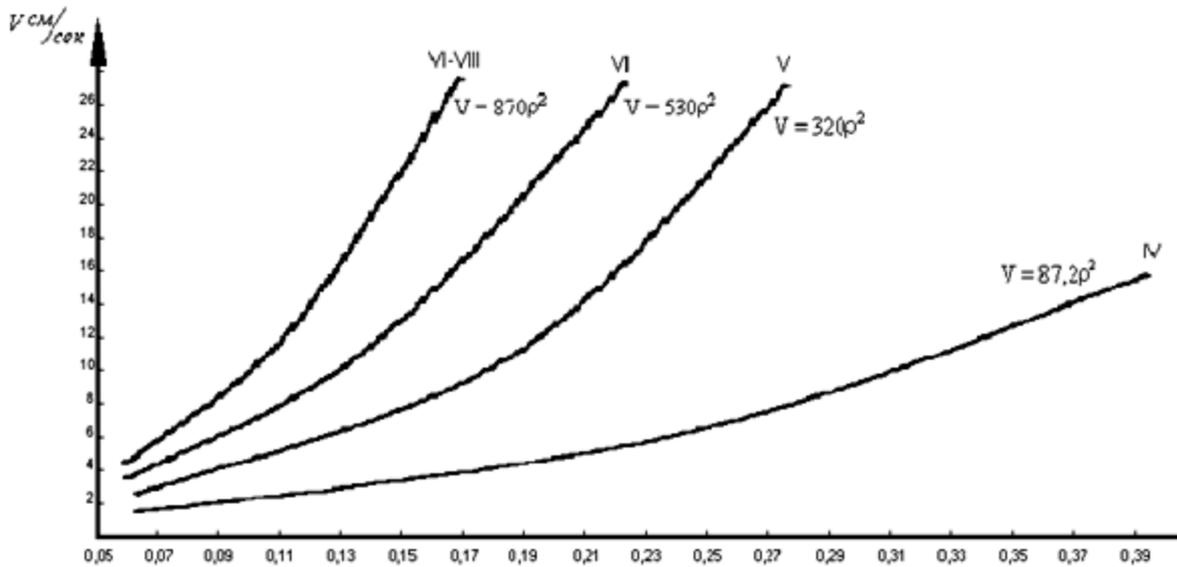


Рис. 2

Рис. 3. Зависимость V от ρ для разной категории пород по крепости

При изучении сейсмического действия взрыва на окружающие породы нами была исследована зависимость удельного расхода ВВ от скорости сейсмических колебаний частиц пород. Для выявления этой зависимости при каждом взрыве фиксировались значения удельного расхода ВВ и соответствующие ему значения скорости колебаний частиц для каждой категории пород (рис.4). Значения скорости замерялись на одних и тех же расстояниях от места взрыва. Замеры скорости производили отдельно по горизонтальной и вертикальной составляющим, после чего вычислялась общая величина скорости сейсмоколебаний.

Выявленные зависимости описываются формулами для разной категории пород крепости по СНИПу:

$$\begin{aligned} q_{IV} &= 0,00745V + 0,41, \\ q_V &= 0,00745V + 0,56, \\ q_{VI} &= 0,00745V + 0,72, \\ q_{VII-VIII} &= 0,00745V + 0,89. \end{aligned}$$

На основании всех этих зависимостей была построена номограмма, показанная на рис. 5. С помощью этой номограммы можно прогнозировать параметры буровзрывных работ при рыхлении скальных пород в Жезказганском промышленном районе.

Предположим, что необходимо подготовить котлован под промышленное сооружение. Чтобы определить оптимальные параметры буровзрывных работ при рыхлении скальных пород в этом котловане, достаточно пробурить одну экспериментальную скважину, заложить в нее известный заряд (Q) и взорвать эту скважину. Во время взрыва следует зафиксировать с помощью осциллографа Н-700 и сейсмоприемников СМВ-30 смещения частиц грунта на известном расстоянии от центра взрыва. После определения скорости сейсмоколебаний частиц пород в этой точке V

вычисляют по формуле $\rho = \sqrt[3]{\frac{Q}{r}}$ величину

приведенного заряда ρ . Далее, на номограмме (рис.5) определяют место нахождения точки, имеющей координаты $V = 12,5$ см/с, а $\rho = 0,22$. Это говорит о том, что породы, в которых был произведен опытный взрыв, относятся к V категории крепости по СНИПу. После определения категории крепости пород приступают непосредственно к прогнозированию параметров буровзрывных работ. Прежде всего от найденной точки проводят прямую параллельную оси q - ρ до пересечения с зависимостью между удельным расходом ВВ и скоростью сейсмоколебаний для V категории крепости. Для определения оптимального коэффициента сближения перпендикуляр, опущенный на ось q , продолжается до пересечения с зависимостью удельного расхода ВВ от коэффициента использования скважин. Из точки пересечения с кривой проводят линию, параллельную оси q , до пересечения с осью m , η . На оси m и отложится значение коэффициента использования скважин.

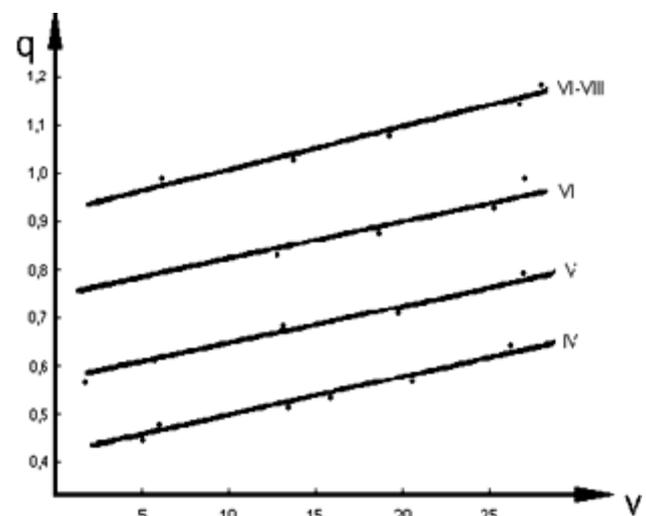


Рис. 4. Зависимость q (кг/м³) от V (см/с)

По номограмме можно решать и обратную задачу. Если нужно добиться определенного коэффициента использования скважин, то, пользуясь номограммой, можно определить значение удельного расхода ВВ и

значение коэффициента сближения, при которых для пород данной категории будет достигнут необходимый коэффициент использования скважин.

Таким образом, с помощью настоящей номограммы определяются оптимальный удельный расход ВВ, коэффициент использования скважин и коэффициент сближения скважин для любых скальных пород, относящихся к IV-VIII категориям крепости. А это имеет большое практическое значение при подготовке котлованов с одной обнаженной поверхностью в новых, мало исследованных районах. Остальные параметры буровзрывных работ следует рассчитывать, исходя из основных параметров, определенных по номограмме.

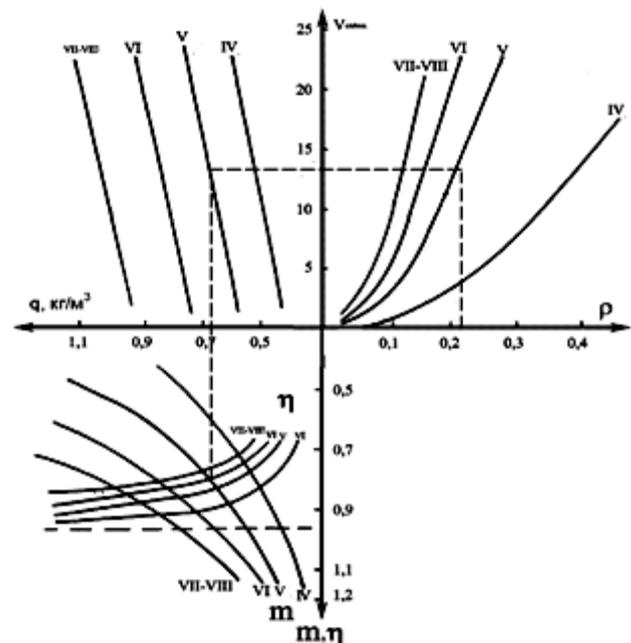


Рис. 5. Номограмма определения оптимальных параметров буровзрывных работ в скальных породах

По данным исследований, фактические удельные расходы ВВ для пород IV, V, VI и VII-VIII категорий по Жезказганскому специализированному управлению «Казахвзрывпром» равны соответственно (q): 0,65 кг/м³; 0,71 кг/м³; 0,92 кг/м³ и 1,14 кг/м³. Эти величины близки к нормативным. Рекомендуемые же нами оптимальные величины удельного расхода ВВ для тех же категорий пород равны соответственно (q_0): 0,5 кг/м³; 0,65 кг/м³; 0,8 кг/м³; 1,0 кг/м³. Таким образом, при одинаковом удельном весе пород разной категории в общем объеме взрывааемых пород удельный расход ВВ снижается в среднем на 0,11 кг/м³, что позволяет получить экономию до 200 тыс. у.е. в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Совершенствование технологии производства буровзрывных работ в котлованах с одной обнаженной поверхностью: Отчет о НИР № ГР 74032328 / Фонды КарГТУ. Караганда, 1975. 208 с.
2. Вальштейн Г.И., Такелеков К.К., Такелеков К.Ж. Эффективность разрушения скальных пород буровзрывным способом притрассовых карьеров // Труды университета. Вып. 3 / КарГТУ. Караганда, 1998.
3. Богатский В.Ф., Пергамент В.Х. Энергия несущих частот // Сборник научных трудов Магнитогорского горно-металлургического института. 1969. Вып. 51.
4. Медведев С.В. Сейсмика горных взрывов. М.: Недра, 1964.

Раздел 4

Горные машины и комплексы

УДК 622.002.5:681.51854

В.А. ЭТТЕЛЬ

Обобщенная структурная схема распознающей системы для вибродиагностики редукторов горных машин

На основе выполненных исследований [1] разработана обобщенная структурная схема распознающей системы (рис. 1).

Сигнал $x(t)$, представляющий собой напряжение на выходе магнитофона измерительного тракта, передается на аналогово-цифровой преобразователь — АЦП, в котором выполняются две операции: дискретизация сигнала по времени и последующее квантование отсчета $x_i = x(i\Delta t)$ по уровню. Дискретизация по времени — циклическая, т.е. с постоянным $\Delta t = t_i - t_{i-1}$. В настоящее время АЦП выпускаются серийно, и выбор конкретного типа АЦП производится на основе данных, заданных в ТЗ, и логической схемы алгоритмов, которая для задачи, решаемой в работе, имеет вид:

$$X \sum_0 k_0 \downarrow^1 k \hat{O}_n \hat{O}_0 CRP_0 \uparrow^1 E, \quad (1)$$

где k_0, k, R, E — арифметические операторы;

P_0 — логический оператор;

$X, \Sigma_0, \Phi_0, \Phi_c, C$ — аналоговые операторы.

Последовательность операторов следующая.

1. Выделяется текущее значение аналоговой величины ($x(t)$) — оператор X .

2. Устанавливается в нулевое (исходное) состояние сумма уравнивающих эталонов — оператор Σ_0 и индекс i , обозначающий число квантов (эталонов), используемых при уравнивании.

3. Увеличивается индекс i на единицу — оператор k .

4. Формируется входная величина для данных цикла преобразования — оператор Φ_c .

5. Формируются эталонные напряжения, соответствующие делениям шкалы, — оператор Φ_0 .

6. Сравнивается значение входной величины со значениями эталонов, формирующими шкалу в данном цикле преобразования, — оператор C .

7. Фиксируется полученный параллельный единичный код — оператор R .

8. Сравнивается текущее значение индекса k с l — оператор P_0 .

9. Отсчитывается код с выхода преобразователя — оператор E .

С выхода АЦП двоичный код дискретного отсчета аналогового сигнала $x(t)$ передается в оперативную память мини-ЭВМ через соответствующий интерфейс.

В ОЗУ также хранятся программы, с помощью которых осуществляется вычислительный процесс. Дадим описание алгоритмов этих программ.

Алгоритм построения функции распределения вероятностей x_i . Определяется интервал варьирования x_{\max} и x_{\min} , а также число разрядов k .

$$k = 1,87(n-1)^{\frac{2}{3}}, \quad i \text{ д } n \geq 2000.$$

Величина разряда

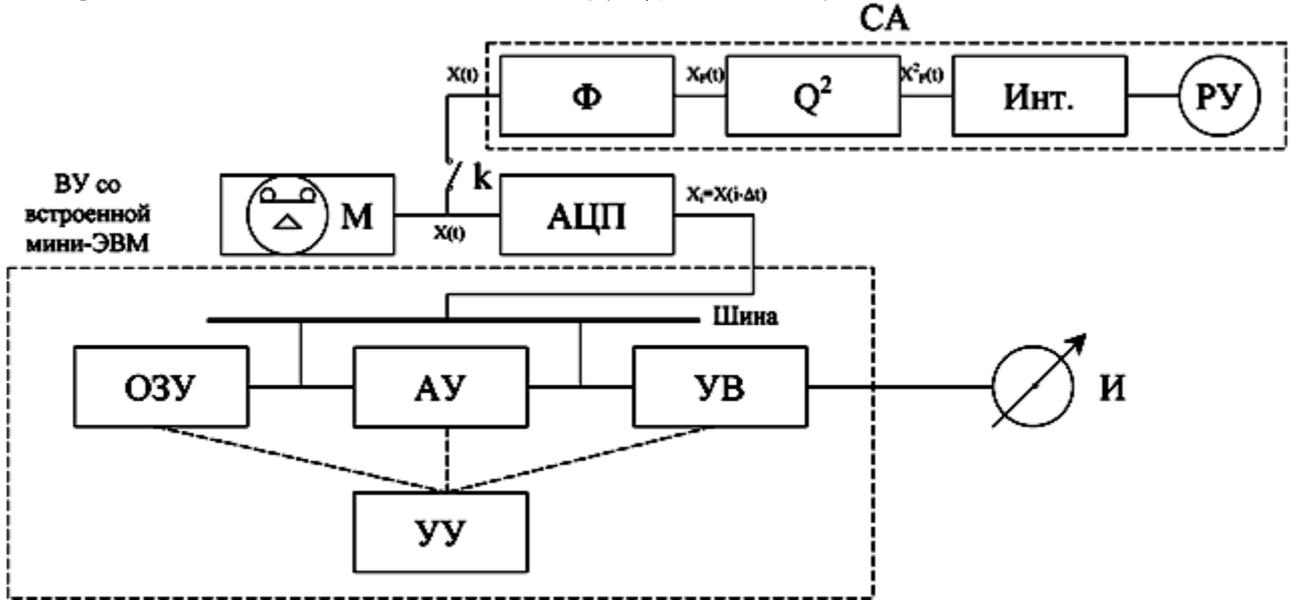
$$c = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}$$

и границы разрядов

$$d_j = x_{\min} + jc; \quad j = 1, 2, \dots, k;$$

$$d_k = x_{\max}.$$

Определяется последовательность чисел $\{n_j\}; | j = 1, 2, \dots, k$ из условий



М – магнитофон; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; АУ – арифметическое устройство; УВ – устройство вывода результатов вычислений; УУ – устройство управления для выработки управляющих сигналов блокам ОЗУ, АУ и УВ; И – индикатор технического состояния редуктора; Ф – линейный полосовый фильтр; Q² – квадратор; Инт. – интегратор; РУ – регистрирующее устройство; СА – спектральный анализатор

Рис. 1. Обобщенная структурная схема распознающей системы

$n_1 =$ [число значений x_i , удовлетворяющих неравенству $x_i \leq d_1$];
 $n_2 =$ [число значений x_i , удовлетворяющих неравенству $x_i \leq d_2$];
 •
 •
 •
 $n_j =$ [число значений x_i , удовлетворяющих неравенству $x_i \leq d_j$];
 •
 •
 •
 $n_k =$ [число значений x_i , удовлетворяющих неравенству $x_i \leq d_k$].

Очевидно, что n_k удовлетворяет условию

$$n_k = n.$$

Функция распределения вероятностей

$$F(x) = \frac{n_1}{n}; x \leq d_1;$$

$$F(x) = \frac{n_2}{n}; x \leq d_2;$$

•

•

•

$$F(x) = \frac{n_i}{n}; x \leq d_i;$$

•

•

•

$$F(x) = \frac{n}{n} = 1; x \leq d_k.$$

Алгоритм преобразования x_i в последовательность y_i с нормальным законом распределения вероятностей

следующий. Преобразование производится на основании соотношения

$$F(x_i) = \hat{O} * \left(\frac{y}{\sigma_x} \right), \quad (2)$$

где $\Phi^*(S)$ — нормальная функция распределения.

Воспользуемся ранее рассмотренной аппроксимацией $\Phi^*(S)$.

$$\hat{O}^*(S) = \begin{cases} 1 - a \exp[-b c + s^2]; & s \geq 0, \\ a \exp[-b c - s^2]; & s < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Для членов последовательности $x_i, i = 1, 2, \dots, n$ находится вероятность

$$P(X < x_i) = F(x_i) = p_i.$$

На основании (2) и (3) получаем два уравнения для определения s_i .

$$s_i^2 + 2cs_i + D = 0; s \geq 0,$$

$$s_i^2 - 2cs_i + E = 0; s < 0,$$

где $D = c^2 + \frac{1}{b} \ln \frac{1-p_i}{a}; E = c^2 + \frac{1}{b} \ln \frac{p_i}{a}$.

Зная последовательность s_i , определяем последовательность y_i

$$y_i = s_i \sigma_x.$$

Алгоритм вычисления корреляционной функции следующий.

Корреляционная функция определяется для последовательности y_i . Исходная формула для вычисления нормированной корреляционной функции имеет вид

$$P_{yy}(\tau) \approx \frac{1}{\sigma_x^2} \frac{1}{T-\tau} \int_0^{T-\tau} y(t)y(t+\tau)dt. \quad (4)$$

Придадим t и τ дискретные значения, кратные Δt

$$t = \nu\Delta t; \nu = 0, 1, 2, \dots$$

$$\tau = \mu\Delta t; \mu = 0, 1, 2, \dots$$

Кроме того, положим

$$T = n\Delta t.$$

При сделанных допущениях интеграл в (4) можно заменить суммой

$$P_{yy}(\mu\Delta t) \approx \frac{1}{\sigma_x^2} \frac{1}{n - \mu + 1} \sum_{\nu=0}^{n-\mu} x(\nu\Delta t)x(\mu + \nu)\Delta t$$

или, если ввести обозначения

$$P_{yy}(\mu\Delta t) = \rho_{yy}(\mu),$$

$$t(\nu\Delta t) = t_\nu,$$

$$t(\mu + \nu)\Delta t = t_{\nu+\mu},$$

то

$$\rho_{yy}(\mu) \approx \frac{1}{\sigma_x^2} \frac{1}{n - \mu + 1} \sum_{\nu=0}^{n-\mu} x_\nu x_{\nu+\mu}; \mu = 0, 1, 2, \dots, \mu_{\max}.$$

Можно принять

$$\mu_{\max} \leq 0,1n.$$

Алгоритм вычисления интервала корреляции следующий. Определение интервала корреляции, используемое для определения шага квантования по времени, определяется из соотношения [2]

$$\tau_k = \int_0^{\tau_k} |\rho_{yy}(\tau)| d\tau.$$

Заменив интеграл конечной суммой, получим

$$\tau_k = \Delta t \sum_{j=0}^{j_n} |\rho_{yy}(j\Delta t)|.$$

Учитывая, что корреляционные функции вибросигнала могут содержать квазигармонические составляющие, величину τ_k следует выбирать таким образом, чтобы на длине τ_k содержалось целое число периодов (рис. 2).

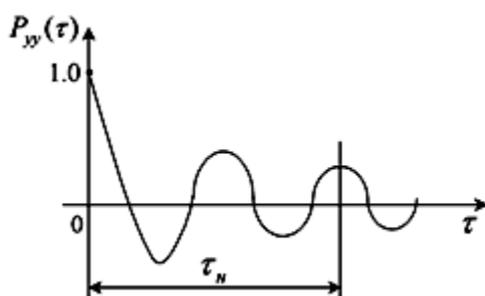


Рис. 2

Алгоритм вычисления дисперсий и F -критерия следующий.

Образует независимую выборку из последовательности y_i

$$n_k = \frac{T}{k\Delta t},$$

где $k = \frac{\tau_k}{\Delta t}$ — целое число.

Оценки дисперсий эталонного вибросигнала и вибросигнала, предъявленного для распознавания, вычисляются по формулам

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n_k - 1} \sum_{i=1}^{n_k} y_i^2; \sigma_y^2 = \frac{1}{n_k - 1} \sum_{i=1}^{n_k} y_{iy}^2.$$

Заметим, что в общем случае объемы независимых выборок эталонного вибросигнала и вибросигнала, предъявленного для распознавания, различны.

F -критерий вычисляется по формуле

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}.$$

Вычисленное значение F сравнивается с процентными точками $F_{\nu_1, \nu_2, q}$ F -распределения. Очевидно, длины реализаций вибросигнала, предъявленного для распознавания, и эталонного вибросигнала можно выбрать такими, что $\nu_1 = \nu_2 = \nu$. F -распределение таково, что величина $F_{\nu, q}$ незначительно изменяется при $\nu = 100, 200$ и 500 . Поэтому в ОЗУ достаточно иметь величины $F_{\nu, q}$ именно для этих значений ν . Так, для уровня значимости $q = 0,05$ в ОЗУ должны быть значения $F_{\nu, 0,05}$, представленные в таблице.

ν	100	200	500
$F_{\nu, 0,05}$	1,39	1,26	1,16

В случае $F > F_{\nu, q}$ следует считать, что редуктор находится в «неисправном состоянии» и, соответственно, команда подается на индикатор технического состояния.

Устройство распознающей системы, уточняющее вид повреждения элементов редуктора, представляет собой спектральный анализатор. Для вибродиагностики одноступенчатых редукторов применяется последовательный анализатор, в котором перестройка по спектру осуществляется с помощью фильтров с переменной настройкой. Для вибродиагностики двух- и трехступенчатых редукторов применяются последовательные спектральные анализаторы с гетеродинированием спектра. В качестве гетеродинов в этих анализаторах используются различные варианты RC-генераторов на низких частотах и LC-генераторы с магнитными модуляторами на радиочастотах и на СВЧ. В бывшем СССР было налажено серийное производство нескольких гетеродинных спектральных анализаторов типа СЧ (АСШ), предназначенных для анализа весьма широкого диапазона частот.

В спектральных анализаторах для параллельного анализа используются избирательные RC-цепи — для инфранизких и низких частот и LC-цепи — для высоких частот. Эти анализаторы в качестве составной части содержат электромеханические коммутаторы с непосредственным контактом или емкостной связью.

Вычисленное значение $S_x(\omega_i, Be)$ фиксируется в регистрирующем устройстве. В ОЗУ хранится значение спектральной плотности для эталонного вибросигнала — $S_x^{(0)}(\omega_i, Be^{(0)})$. По данным $S_x(\omega_i, Be)$ и $S_x^{(0)}(\omega_i, Be^{(0)})$, вычисляется величина D и проверяется условие $-z_{q1} \leq D \leq z_{q1}$. При выполнении этого условия принимается гипотеза H_0 .

Ординаты нормированного нормального распределения заимствуются из таблиц математической статистики [3].

Описанная выше распознающая система принята заводом по ремонту горно-транспортного

оборудования ОАО «Испат-Кармет» (г. Караганда) и ремонтно-механическим заводом (г. Сарань) для внедрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эттель В.А. Исследование и разработка распознающей системы для вибродиагностики редукторов горных машин: Дис. ... канд. техн. наук. Караганда, 2002.
2. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. М.: Советское радио, 1968.
3. Большов Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: ВЦ АН СССР, 1968.

УДК [532.5+621.225](075.8)

А.А. МИТУСОВ
В.А. МИТУСОВ

Программа исследования энергетических характеристик гидродвигателей ударного действия

Анализ возможных характеристик гидродвигателей ударного действия (далее УГД — ударный гидродвигатель) является необходимым этапом как проектирования, так и эксплуатации. При этом наиболее оперативным и наименее трудоемким является метод исследования математических моделей, в данном случае процесса импульсного энергопреобразования.

Попытки создания таких моделей на основе уравнений движения бойка, учитывающих все виды потерь, показали чрезвычайную сложность создания гибких исследовательских алгоритмов для решения проектировочных задач, когда исследуется параметрически неопределенная структура УГД, а предполагаемая точность решений не достигается ввиду неустойчивости таких параметров, как температура и вязкость жидкости, состояние зазоров в подвижных соединениях, фактических значений коэффициентов трения, сопротивления каналов и других. С целью обеспечения высокой адаптируемости к различным постановкам исследовательских задач нами для построения модели избран принцип автономного наложения потерь на идеализированную характеристику движения бойка, обеспеченную стабилизированными силами в фазах возврата и рабочего хода с мгновенной их сменяемостью.

Модель системы импульсного энергопреобразования представляет собой потоковую функциональную структуру импульсного гидропривода (ФС ИГП) с энергетическими связями, реализующую процесс импульсного энергопреобразования согласно балансу

$$N_y = N_H \cdot k_p \cdot \eta_e \cdot \eta_m \cdot \eta_o \cdot \eta_c,$$

где N_y и N_H — соответственно мощности — ударная и потребляемая от насоса;

$\eta_e, \eta_m, \eta_o, \eta_c$ — КПД гидравлический, механический, объемный и слива.

Связь модели с реальным объектом алгоритмически многоступенчатая и обусловлена следующими положениями.

1. Ступени связи характеризуются параметрами структуры системы и процессов под терминами «теоретические», «расчетные» и «конструктивные».

2. Модель реализует теоретическую характеристику рабочего цикла УГД $x(t)$ и $\dot{x}(t)$ от действия теоретического давления P через теоретические параметры ударного гидроцилиндра (УГЦ): $S1$ и $S2$ — площади камер, q — рабочий объем, R_e — сопротивление импульсного энергопреобразования, что обеспечивается соответствующим теоретическим расходом Q .

3. Расчетными являются параметры УГЦ: $S1_K, S2_K, q_K, R_{eK}$, определяемые с учетом потерь на вытеснение отработанной жидкости — η_c , и без учета η_e, η_m, η_o , а также независимо от управляемости камер УГЦ и вида энергетических связей.

4. Конструктивными являются реальные площади камер УГЦ S_v и S_P с учетом их управляемости для конкретных ФС УГД и без учета η_e, η_m, η_o .

5. Реальный УГЦ обеспечивает реализацию заданной теоретической характеристики движения бойка и вытеснения отработанной жидкости на слив от теоретического давления P с потреблением теоретического расхода Q .

6. Конструктивные значения параметров питания УГД P_d и Q_d определяются с учетом гидравлических, механических и объемных потерь, определяемых параметрами соответствующих подсистем ФС ИГП и заданной теоретической характеристикой $\dot{x}(t)$ для конкретной ФС УГД.

7. Связь между входными и выходными параметрами УГД обеспечивается энергопреобразующими параметрами: q — рабочим объемом и R_e — сопротивлением импульсного энергопреобразования.

8. Колебания давления учитываются при определении потребляемого от насоса давления P_H .

Энергетическая модель ИГП представлена на рисунке.

Здесь потоковая структура составлена из энергопреобразующего элемента УГЦ и элементов потерь энергии: НТ и СТ — напорного и сливного трубопроводов, М и Г — подсистем механических и гидравлических потерь, Др — дренажной подсистемы, формирующей объемные потери. Подсистемы, формирующие соответствующие затраты давления соединены последовательно, а подсистема объемных потерь параллельна УГЦ. Связи между элементами

характеризуются, в соответствии с изложенными положениями, следующими формулами: мощности на входе и выходе:

$$N_n = (N_o + \Delta N_{nm}) k_p; N_o = P_o Q_o;$$

$$N_y = A n; N_c = P_c Q_c;$$

преобразования давления:

$$P_o \eta_{z.m} = P; P q = A;$$

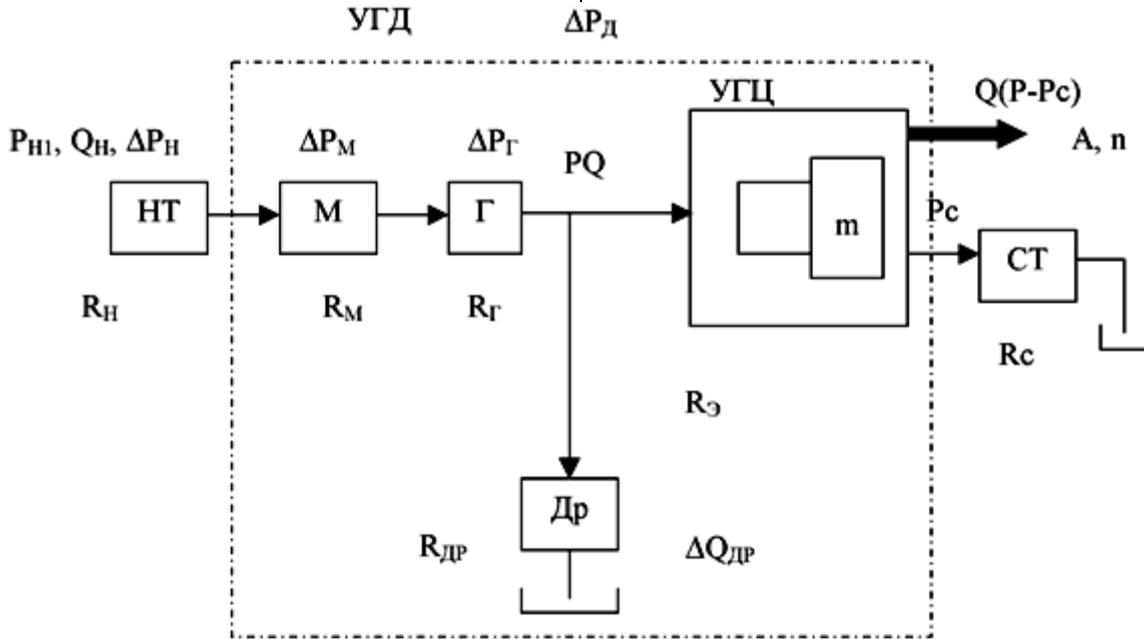
$$P q_k = A + P_c q_k; \Delta P_o = P - P_c;$$

$$A = \Delta P_o q_k;$$

преобразования расхода:

$$Q_n = Q_o + \Delta Q_{nm}; Q_o = Q / \eta_o;$$

$$n = Q / q_k$$



Функциональная структура системы энергопреобразования ИГП

Относительные потери выражаются через коэффициенты с индексами соответствующих потерь:

$$k_{\bar{A}} = \frac{R_{\bar{A}}}{R_{\bar{A}e}}, k_i = \frac{\Delta P_i}{P},$$

$$k_j = \frac{\sqrt{P \cdot R_{\bar{A}e}}}{R_{\bar{A}o}}, k_{\bar{n}} = \frac{R_{\bar{n}}}{R_{\bar{n}e}},$$

где R — сопротивления соответствующих подсистем.

Коэффициент колебания давления, энергетически являющийся коэффициентом использования потребляемой мощности, как показывают результаты обработки осциллограмм давления, определяется тремя существенно отличающимися в частотном отношении колебаниями: высокочастотными — волновые процессы в камерах; среднечастотными — инерционные забросы при быстрых открытиях и закрытиях гидравлических камер УГЦ; низкочастотными — определяемыми степенью сжатия газа ε_p (упругость аккумулирующего элемента) в аккумуляторе с частотой, равной частоте ударов. Первые два вида колебаний энергетически компенсируются. Их целесообразно учитывать при динамических исследованиях. Поэтому коэффициент k_p в энергетическом балансе считаем зависимым только от характеристики аккумулятора

$$k_p = \frac{P_{\max}}{P} \text{ или } k_p = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\varepsilon_p} + 1 \right).$$

Коэффициенты полезного действия определяются с учетом принципа наложения потерь и в соответствии с потоковой ФС:

$$\eta_{\bar{A}} = \frac{1}{1 + k_{\bar{A}} / \eta_o^2}; \eta_M = \frac{1}{1 + k_M \eta_{\bar{A}}};$$

$$\eta_i = \frac{1}{1 + k_o}; \eta_{\bar{n}} = 1 - \frac{k_{\bar{n}}}{\eta_o^2}.$$

Предложенная модель положена в основу программы «Research», предназначенной для решения исследовательских задач в следующей общей постановке: определить влияние параметров элементов обобщенной структуры УГД на характеристики качества энергопреобразования в проекторочной и эксплуатационной постановках решаемых задач.

В процессе обобщения возможные схемы управления УГД [2] представлены двумя наиболее специфическими системами: релейными и импульсными САУ.

При разработке алгоритма программы решаемые задачи предусмотрены в следующих постановках.

1. Проекторочная задача: определить параметры структуры УГД, обеспечивающие заданные энергетические характеристики.

2. Эксплуатационная задача: определить энергетические характеристики УГД с известной, параметрически определенной структурой.

Программа «Research» выполнена на языке Pascal и имеет блочную структуру, соответствующую решаемым задачам и структурам исследуемых УГД.

Алгоритм программы обеспечивает двойной цикл восьмикратного варьирования исходными параметрами, где во внешнем цикле меняется теоретическое давление P , а во внутреннем — один из параметров структуры: УГЦ, трубопровода или потока жидкости, что обеспечивает возможность исследовать влияние этого параметра на энергетические характеристики УГД.

Решению выбранного типа задачи подчинено создание одного из блоков «Design» или «Exploitation». Вычисление энергетических характеристик и вывод из программы организуются блоком «КПД». Настройка программы на решаемую задачу обеспечивается значениями определителей $W_1...W_4$, из которых W_1 задает тип задачи (проектировочная или эксплуатационная); W_2 задает структуру объекта (релейная или импульсная САУ УГД); W_3 определяет вывод параметров массивом или таблицей параметров с абстрагированными обозначениями $A_1...A_{12}$, которым присваиваются значения конкретных энергетических характеристик в зависимости от значения определителя; W_4

определяет выбор одного из семи параметров внутреннего цикла для каждого типа задачи.

Выбор типа исследуемой функциональной структуры обеспечивается значениями определителей $U_1...U_4$.

Таким образом, программа обеспечивает обоснованный выбор параметров при проектировании и прогнозировании характеристик УГД в процессе эксплуатации: при использовании различных источников питания жидкостей, трубопроводов, при износе, а также при регулировании в системах постоянного расхода или постоянного давления.

Программа адаптирована к 8 ФС УГД, включающих в себя как наиболее употребляемые в современной практике, так и нереализованные, но представляющие интерес с эксплуатационной точки зрения.

Апробирование программы применительно к конкретным конструкциям гидромолотов ГМБ2Р и УГДС-03 показало удовлетворительную адекватность математической и физической моделей и позволило внести коррективы в значения используемых в программе коэффициентов механического трения и гидравлических сопротивлений элементов, условных длин щелевых уплотнений, характеристик интенсивности раскрытия проходных сечений и других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митусов А.А. Сопротивление гидродвигателей объемных гидроприводов // Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия: Материалы Междунар. симпозиума. Орел: ОрелГТУ, 2000.
2. Митусов А.А. Автоматизированное проектирование гидродвигателей ударного действия: Учеб. пособие. Караганда: КарГТУ, 2002. 109с.

УДК [532.5+621.225](075.8)

А.А. МИТУСОВ

Инерционное сопротивление гидродвигателей ударного действия

Проблемой расчета гидродвигателя ударного действия является качественная и количественная оценка взаимосвязей силовых и скоростных параметров проходящего через него энергопотока.

В гидроприводах непрерывного действия инерционные силы, определяющие динамическую связь между силовыми и скоростными параметрами энергопотока присутствуют лишь в переходных режимах: запуск, торможение, изменение режима. В установившемся же режиме эта связь отсутствует, а при энергетических расчетах учитываются кинематические связи вход — выход автономно для силовой и скоростной характеристик через рабочий объем q для машин вращательного действия и площади вытеснителей S для силовых и моментных гидроцилиндров. Так, например, для приводов постоянного расхода внешняя нагрузка M формирует входное давление P , а входной расход Q формирует выходную скорость n .

$$M \xrightarrow{q} P \quad Q \xrightarrow{q} n$$

Гидродвигатель ударного действия (УГД) является основным энергопреобразующим элементом

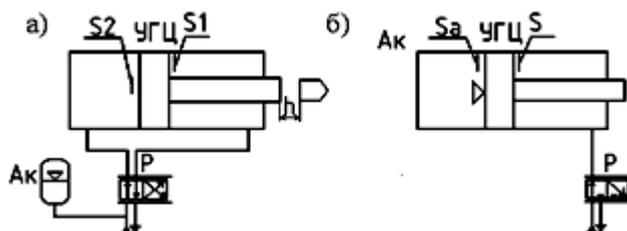
импульсного гидропривода (ИГП). Такие гидроприводы могут рассматриваться как силовая дискретная система, основной особенностью которой, в отличие от непрерывных, является отсутствие постоянной кинематической связи между нагрузкой и параметрами входного энергопотока. Здесь цикл энергопреобразования ударного гидродвигателя характеризуется осуществлением каждой фазы движения ведомого звена (бойка) в неустановившемся, динамическом режиме, обуславливающим специфическую взаимосвязь расход — давление ($Q - P$). При отсутствии влияния внешней нагрузки эта связь зависит от инерционной характеристики двигателя.

С целью установления закона этой связи рассмотрим идеализированный, без учета потерь и колебаний давления, процесс энергопреобразования применительно к базовым вариантам гидродвигателей ударного действия, характеризуемым схемами с параллельным (рисунок 1, а) и последовательным (рисунок 1, б) соединениями насоса и аккумулятора (Ак) по отношению к ударному гидроцилиндру

(УГЦ). Баланс установившегося цикла можно представить системой уравнений:

$$\begin{cases} \sum F_i - m\ddot{x} = 0; & (1) \\ Q t = \bar{V}_a + \bar{V}_a; & (2) \\ \sum \bar{V}_{ai} = 0, & (3) \end{cases}$$

где уравнение (1) характеризует динамический баланс ударного гидроцилиндра в каждой i -фазе цикла; уравнение (2) характеризуют кинематический баланс в каждый момент времени цикла ударного гидродвигателя; уравнение (3) является условием кинематического баланса аккумулятора Ак для всего цикла. Здесь $\sum F_i$ — алгебраическая сумма сил давления на боек со сторон гидравлических камер; m — масса бойка; \bar{V}_a и \bar{V}_a — объемы потребляемой (+) или отдаваемой (-) ударным гидроцилиндром и аккумулятором жидкости; Q — расход источника питания.



Схемы УГД

Решение системы для УГД с параллельным аккумулятором дает выражение

$$P = \frac{2mh^2}{q^3} \left[\sqrt{\sigma+1} + \tau \right] Q^2,$$

где $\sigma = S_2/S_1$ — геометрическая характеристика УГЦ; $\tau = 1 + t_u/t_p$ — кинематическая характеристика, исходная для конструкции устройства управления, обеспечивающая соотношение фаз рабочего хода бойка t_p и его взаимодействие с инструментом t_u .

Анализ выражения показывает, что давление и расход в ИГП связаны через конструктивные параметры УГД, что позволяет, согласно законам гидродинамики, считать УГД гидравлическим сопротивлением, очевидно, инерционного типа, и формулу записать в виде

$$P = R_e Q^2,$$

где P — теоретическое, без учета потерь, давление питания;

R_e — инерционное сопротивление УГД, оказываемое потоку проходящей через него жидкости. По смыслу применения в энергорасчетах этот параметр может быть назван сопротивлением импульсного энергопреобразования УГД.

Для УГД с параллельным и последовательным Ак:

$$R_e^{np} = \frac{2mh^2}{q^3} \sqrt{\sigma+1} + \tau^2,$$

$$R_e^{nc} = \frac{2mh^2}{(q\sigma\psi)^3} \left(\frac{1}{\sqrt{1-\psi\sigma}} + \tau \right)^2,$$

где $\psi = \frac{P_a}{P}$; P_a — осредненное, стабилизированное давление аккумулятора.

При производстве практических расчетов необходимо учитывать, что кинематическая величина хода h зависит от способа управления движением бойка. В этом отношении САУ УГД подразделяются на релейные, детерминированные по конструктивному ходу h , и импульсные, детерминированные по времени цикла T и его фаз. Для этих систем сопротивления соответственно $R_{e(x)}$ и $R_{e(t)}$, а законы энергопреобразования

$$P = R_{e(x)} Q^2; \quad R_{e(x)} = \frac{2mh^2}{q^3} \left(\frac{\sigma+1}{\sigma} \sqrt{\sigma+1} + \tau \right)^2;$$

$$P = R_{e(t)} n Q; \quad R_{e(t)} = \frac{2m}{S_2^2} \sqrt{\sigma+1} + \tau^2.$$

Линейность характеристики импульсной САУ объясняется тем, что здесь входными управляющими воздействиями, в отличие от релейной, являются не только расход или давление питания, но и частота переключений распределителя, определяющая задаваемое время рабочего цикла УГД и длительности его динамических фаз.

Таким образом, при синтезе расчетных программ функциональные структуры систем импульсного энергопреобразования могут быть представлены графами, где стрелка между буквенными обозначениями параметров указывает на причинно-следственную связь, а над стрелками обозначены энергопреобразовательные параметры.

$$\begin{matrix} Q \xrightarrow{q} n & P \xrightarrow{q} A \\ \downarrow & \downarrow \end{matrix} \quad (4-5)$$

$$\begin{matrix} P \xrightarrow{q} A & Q \xrightarrow{q} n \\ Q \xrightarrow{R_e} n \rightarrow P \xrightarrow{q} A & n \rightarrow q \xrightarrow{p} A \\ \uparrow & \uparrow \\ p \xrightarrow{R_e} Q & \end{matrix} \quad (6-7)$$

Здесь (4) и (5) для релейной системы, соответственно постоянного расхода и постоянного давления; (6) и (7) — то же для импульсной системы.

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие положения:

- объемный гидродвигатель ударного действия является инерционным гидравлическим сопротивлением, квадратичным от расхода для релейных САУ УГД и линейным для импульсных;

- с энергетической точки зрения УГД характеризуется рабочим объемом q — как объемная машина и сопротивлением импульсного энергопреобразования R_e — как силовая дискретная система.

УДК 622.232
Т.С. ФИЛИППОВА

Улучшение аппроксимации распределения сопротивляемости угля резанию путем учета высших моментов

В ряде работ [1-5 и др.] отмечается, что сопротивляемость угля резанию проявляет сильную изменчивость, имеющую случайный характер, и, следовательно, для математической обработки экспериментальных данных следует применять статистические методы. Исчерпывающей вероятностной характеристикой величин, имеющих случайную вариацию, является функция или плотность распределения вероятностей.

Обоснование функции распределения случайных величин производится следующим образом. Вначале выдвигается гипотеза о виде распределения, затем она подлежит проверке в соответствии с правилами статистической проверки гипотез.

Для распределения сопротивляемости часто принимается гипотеза о законе нормального распределения. Однако она выдвигается на эвристическом уровне в силу слишком общих соображений. Так, в работе [6], посвященной определению распределения сопротивляемости угля резанию, гипотеза о нормальном законе распределения выдвигается на основании того, «... что вследствие большого числа факторов, влияющих на механические свойства, можно выдвинуть гипотезу о нормальном законе распределения показателя сопротивляемости угольных пластов, однородных по своему строению». В работе [7] при расчете максимальных усилий резания делается предположение, «... что распределение коэффициента сопротивляемости угля разрушению носит характер близкий к нормальному». В монографии [1] утверждение о нормальном законе распределения сопротивляемости основывается на том, «... что если эмпирические асимметрия и эксцесс таковы, что нуль находится в пределах их двух или трех основных ошибок, отложенных от них в обе стороны, то распределение считается практически нормальным».

В [6] с помощью графического метода выполнена проверка выдвинутой гипотезы и сделан вывод, «... что опытные данные о сопротивляемости не противоречат гипотезе о нормальном законе распределения сопротивляемости». Однако такое утверждение нельзя считать обоснованным в силу следующих причин. Во-первых, для выбора распределения принята одна модель — нормальный закон, другие возможные модели распределения не рассматривались. Как показано в [8], при одной проверяемой гипотезе однозначно интерпретируется лишь негативный ответ — тогда ясно, что гипотезу следует отклонить. Если же опытные данные согласуются с единственной выдвинутой гипотезой, то она остается открытой для дальнейшей проверки. Те же опытные данные можно столь же хорошо согласовать с множеством других невыдвинутых гипотез. Во-вторых, в [9] отмечается, что «...

графический метод оценки прямолинейности и тем самым «нормальности» генеральной совокупности, разумеется, очень субъективен и позволяет получить лишь весьма грубую оценку. Аналогичные утверждения имеются и в [10], а именно «... графическое представление вероятностей является субъективным методом, поэтому наряду с графическим представлением вероятности может быть использована методика проверки адекватности с помощью критериев статистической проверки».

Однако применение этих критериев для показателя сопротивляемости встречает трудности, связанные с тем, что во все критерии проверки согласия опытных данных выбранной модели распределения входит объем выборки, т.е. число независимых реализаций случайной величины [11]. При измерении сопротивляемости угольного пласта между отдельными значениями экспериментальных данных существует вероятностная зависимость, постепенно ослабевающая по мере увеличения интервала между последовательными измерениями. Поэтому для применения критериев согласия следует определять величину, эквивалентную выборке, что предполагает знание закона распределения выше второго порядка [11]. Однако такой информации о сопротивляемости угля резанию не имеется.

Кроме отмеченных обстоятельств, свидетельствующих о нестрогой проверке гипотез о нормальном распределении сопротивляемости угля резанию, приведем экспериментальные данные, из которых видно, что эмпирические распределения сопротивляемости обнаруживают отклонения от нормального закона. На рис. 1, а показаны результаты графической проверки гипотезы о нормальном распределении сопротивляемости по данным, заимствованным из работы [6]. Из приведенных данных видно, что в области больших значений сопротивляемости наблюдаются существенные отклонения от прямой линии, чем ожидается для модели нормального распределения. Это свидетельствует о правосторонней асимметрии в распределении экспериментальных данных. На рис. 1, б показана гистограмма распределения по крепости ряда шахтопластов СССР, заимствованная из работы [5]. Построенная гистограмма также обнаруживает правостороннюю асимметрию. На рис. 1, в показано распределение по сопротивляемости угля резанию шахтопластов Донецкого угольного бассейна, построенное по данным, содержащимся в монографии [1]. В распределении также наблюдается правосторонняя асимметрия.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что нормальный закон не отражает всех закономерностей распределения сопротивляемости, установленных экспериментально.

Экспериментальные данные, свидетельствующие об отклонении распределения сопротивляемости от нормального закона: а — графическая проверка о нормальном распределении сопротивляемости; б — распределение шахтопластов СССР по крепости; в — распределение угольных пластов Донецкого угольного бассейна по сопротивляемости угля резанию.

Нормальный закон распределения использует лишь первые моменты — математическое ожидание и дисперсию. Как показал В. Феллер [12], нормальную аппроксимацию можно улучшить, если воспользоваться моментами более высокого порядка ($\mu_\nu, \nu > 2$). Представим плотность вероятности сопротивляемости угля резанию разложением в ряд, приняв в качестве базисной системы функций алгебраические полиномы. Чтобы коэффициенты ряда были зависящими только от моментов, разложение следует производить по функциям, отличающимся от полиномов весовым множителем [13]:

$$\varphi_i(x) = \sum_{\xi} C_{\xi} Q_{\xi}(x),$$

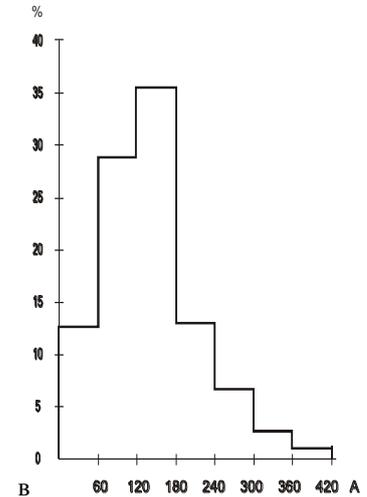
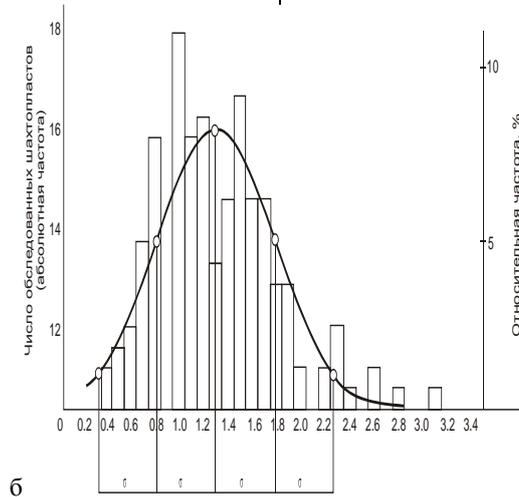
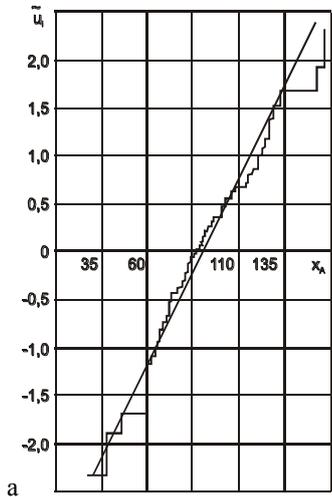


Рис. 1

В этом случае разложение представляется рядом Грамма-Шарлье, которое описано во многих работах [14, 15] и др. Поэтому запишем окончательно вид разложения в обозначениях сопротивляемости угля резанию

$$\varphi_i(x) = \frac{1}{\sigma_A \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{A})^2}{2\sigma_A^2}} \left[1 + \sum_{k=3}^N \frac{1}{k!} \frac{b_k}{\sigma_A^k} H_k \left(\frac{x-\bar{A}}{\sigma_A} \right) \right]. \quad (1)$$

Коэффициенты ряда определяются [14] через центральные моменты

$$\frac{b_3}{\sigma_A^3} = \frac{\mu_{3A}}{\sigma_A^3}; \frac{b_4}{\sigma_A^4} = \left(\frac{\mu_{4A}}{\sigma_A^4} - 3 \right); \frac{b_5}{\sigma_A^5} = \left(\frac{\mu_{5A}}{\sigma_A^5} - 10 \frac{\mu_{3A}}{\sigma_A^3} \right); \quad (2)$$

$$\frac{b_6}{\sigma_A^6} = \left(\frac{\mu_{6A}}{\sigma_A^6} - 15 \frac{\mu_{4A}}{\sigma_A^4} + 30 \right); \frac{b_7}{\sigma_A^7} = \left(\frac{\mu_{7A}}{\sigma_A^7} - 21 \frac{\mu_{5A}}{\sigma_A^5} + 105 \frac{\mu_{3A}}{\sigma_A^3} \right) \dots$$

Одномерные полиномы Чебышева-Эрмита $H_k(z)$ определяются [14] по формуле

$$Q_i(x) = P(x)\psi_i(x),$$

где $\psi_i(x); i = 1, 2, 3 \dots$ — система алгебраических полиномов;

$P(x)$ — весовая функция.

$$\int_0^{\infty} P(x)\psi_i^2(x)dx = 1$$

Коэффициенты разложения в этом случае оказываются функцией только моментов

$$C_i = \int_0^{\infty} \varphi_i(x)\psi_i(x)dx; \quad i = 1, 2, 3 \dots$$

Поскольку разложение по полиномам $\psi_i(x)$ ведется с весом $P(x)$, то следует задать либо вид функции $P(x)$, либо систему ортонормированных полиномов $\psi_i(x)$. Учитывая, что для аппроксимации распределения сопротивляемости угля резанию применялось нормальное распределение, в качестве весовой функции примем

$$P(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}.$$

$$H_k(z) = (-1)^k e^{\frac{z^2}{2}} \frac{d^k}{dz^k} e^{-\frac{z^2}{2}}; \quad H_0(z) = 1.$$

По экспериментальным данным, заимствованным из работы [6], была построена эмпирическая плотность распределения сопротивляемости угля резанию угольного пласта Долинский d4 Карагандинского угольного бассейна, которая была аппроксимирована отрезком ряда (1). В качестве меры расхождения между эмпирической плотностью и аппроксимирующей кривой рассчитывалась величина

$$\xi = \sum_{i=1}^m \frac{[\varphi_i(x_{i+1}) - \varphi_i(x_i)] - [\varphi_i(x_{i+1}) - \varphi_i(x_i)]^2}{\varphi_i(x_{i+1}) - \varphi_i(x_i)},$$

где $\varphi_i(x)$ — эмпирическая плотность распределения; $\varphi(x)$ — аппроксимирующая функция; m — число подынтервалов изменения сопротивляемости, $m = 5$.

На рис. 2 изображены эмпирическая плотность распределения — ступенчатая кривая и аппроксимирующие функции для различного числа членов ряда.

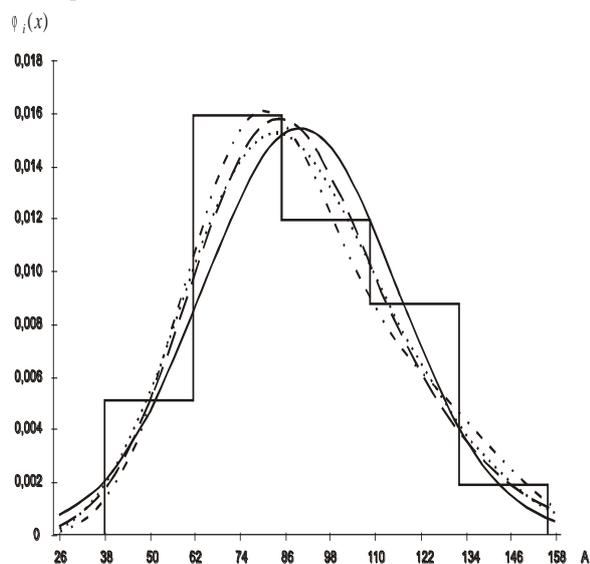


Рис. 2. Аппроксимация эмпирической плотности распределения сопротивляемости отрезком ряда Гамма-Шарлье:

— нормальная плотность;
 --- распределения;
 в ряду удержан один член;

в ряду удержано два члена;

в ряду удержано три члена.

Результаты аппроксимации помещены в таблице.

Величина ξ			
Нормальная плотность распределения	В ряду удержан один член	В ряду удержано два члена	В ряду удержано три члена
0,001815	0,001435	0,001098	0,001196

Из таблицы следует, что в разложении ряда достаточно удерживать два члена разложения,

учитывающие асимметрию $\left(\frac{\mu_{3A}}{\sigma_A^3}\right)$ и эксцессивные

свойства $\left(\frac{\mu_{4A}}{\sigma_A^4} - 3\right)$. Применение при аппроксимации

моментов μ_{3A} и μ_{4A} для сопротивляемости угольного пласта Долинский d4 улучшает, по сравнению с нормальным законом, аппроксимацию распределения сопротивляемости угля резанию. Если удержание в разложении двух членов недостаточно, то можно улучшить аппроксимацию, увеличивая число членов разложения, т.е. учитывать моменты более высокого порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позин Е.З. Сопротивляемость углей разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972.
2. Лейбов Б.М., Позин Е.З. К методике определения сопротивляемости углей разрушению в забое // Научные сообщения ИГД АН СССР. Вып. 3. М.: Госгортехиздат, 1959.
3. Лейбов Б.М., Позин Е.З. Определение сопротивляемости углей резанию в забое // Горные машины. М.: Госгортехиздат, 1958. №2.
4. Позин Е.З. Изменчивость сопротивляемости углей разрушению резанием // Разрушение горных пород механическими способами. М.: Наука, 1964.
5. Топчиев А.В., Любимов В.Н. Основные экспериментальные и теоретические закономерности процессов резания углей // Горные машины. 1958. №2.
6. Казак Ю.Н., Любошинский Д.М. О законе распределения показателя сопротивляемости угольного пласта резанию рабочим инструментом горных машин // Механизация и автоматизация горных работ. М., 1964. №1.
7. Казак Ю.Н., Любошинский Д.М. О расчете максимальных усилий резания углей резаками выемочных машин // Труды КарПТИ. Вып 4 // Вопросы горного дела. М., 1960.
8. Налимов В.В. Теория экспериментов. М.: Наука, 1968.
9. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Пер. с нем. Н.Н. и М.Г. Федоровых; Под ред. Н.С. Райбмана. М.: Мир, 1970.
10. Хан Г., Шапиро С. Статистические методы в инженерных задачах / Пер. с англ. Е.Г. Коваленко; Под ред. В.В. Налимова. М.: Мир, 1969.
11. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. 2-е изд. М.: Наука, 1968.
12. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее применение. Т.2. М.: Мир, 1967.
13. Самсоненко С.В. О разложениях для функций, заданных своими моментами // Исследование по современным проблемам конструктивной теории функций / Под ред. В.И. Смирнова. М.: Физматгиз, 1961.
14. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Сов. радио, 1966.
15. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. М.: Физматгиз, 1962.

Раздел 5

Транспорт

УДК 622.647:621.851.6

Ж.М. КУАНЫШБАЕВ
Д.К. САРЖАНОВ

Усилие осевого смещения подвижного венца транспортных машин

Экспериментальные исследования износа основных элементов проведены на цепных пластинчатых конвейерах, установленных на аглофабрике Качканарского ГОКа. Для регистрации износа был использован метод искусственных баз, который позволил с достаточной точностью определить степень и количественные показатели износа контактирующих поверхностей. Используя методы математической статистики обработки результатов экспериментов, а также средства вычислительной техники, представим общую картину закономерности износа пластин от проработанного времени, что позволит в дальнейшем наметить пути повышения надежности и долговечности цепных пластинчатых конвейеров [1]. Для компенсации удлинения тягового органа двухцепного пластинчатого конвейера целесообразно использовать концевую звездочку с подвижным венцом [2]. Представим абсолютные удлинения тягового органа и величину перераспределения усилий в тяговом органе между приводами пластинчатого конвейера (табл. 1).

Таблица 1

АБСОЛЮТНЫЕ УДЛИНЕНИЯ ТЯГОВОГО ОРГАНА

Мат. ожидание шага звеньев цепи, мм	84,98	85,04	85,065	85,114	85,308
T, ч	100	100	100	100	100
Удлинение, мм	-41,72	-61,02	-29,44	+25,26	+41,82
Перераспределение усилий, кН	-2,2	-5,5	1,26	0,9	2,3

Представим в табл. 2 отклонение геометрических размеров проушин от величины математического ожидания в зависимости от времени наработки пластинчатого питателя.

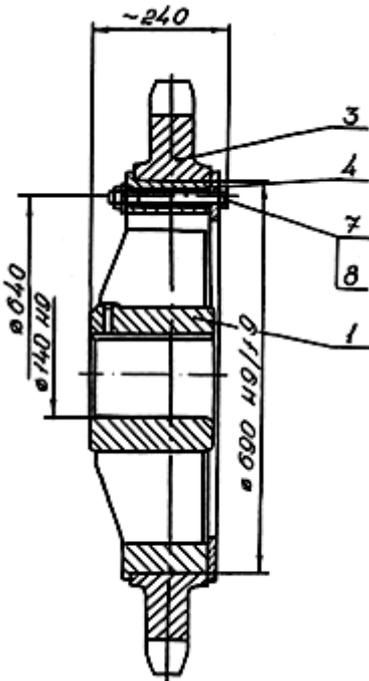
Таблица 2

ОТКЛОНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ПРОУШИН ОТ ВЕЛИЧИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ

Контур	Левый		Правый	
	Н	В	Н	В
Расположение точек				
Математическое ожидание	77,725	78,216	77,95	78,475
Удлинение, мм	-2,0	-0,032	-0,40	-0,70

Блок звездочек двухцепного конвейера включает вал, установленное на нем основание и смонтированные на последнем с возможностью взаимного поворота зубчатые венцы, отличающиеся тем, что, с целью повышения надежности работы, он снабжен прижимным диском с элементами крепления, основание выполнено в виде двух ступиц, на первой из которых зубчатый венец закреплен неподвижно, а на второй — установлен с возможностью поворота, при этом прижимной диск смонтирован на второй ступице с возможностью взаимодействия с ее зубчатым венцом. Сборная звездочка с подвижным венцом, состоящая из ступицы 4, подвижного венца, концевой звездочки с переменным радиусом делительной окружности, состоящей из отдельных сегментов, удерживается

в ступицах кулачком (см. рис.). Кулачки взаимодействуют с дугообразными парами ступиц 3 и 4. Пазы на ступицах являются по профилю отрезками логарифмической спирали, выполненной в каждом четвертях окружности ступиц, соответственно левого и правого направления. Ступица 3 жестко закреплена на валу при помощи шпонки 7. На ступицу 4 посажен с натягом подвижный венец, что удерживает его от осевого смещения. Для рассматриваемой конструкции определяем наибольшее осевое усилие, при котором венец срывается со ступицы концевой звездочки.



Расчет ведем по методике [3], согласно рисунку: $d = 690$ мм, $d_1 = 140$ мм, $d_2 = 1032$ мм.

Наибольшее осевое усилие, которое может выдержать прессовое соединение:

$$P_{oc} = k \cdot F \cdot f, \quad (1)$$

где k — давление на посадочной поверхности, МПа;

$F = \pi d \cdot l$ — площадь посадочной поверхности, мм² (d и l — диаметр и длина посадочной поверхности);

f — коэффициент трения между сопрягающимися поверхностями (для сталей в среднем $f = 0,1 - 0,15$).

Наибольший крутящий момент, передаваемый соединением:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot k \cdot F \cdot d \cdot f = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot k \cdot \pi d^2 \cdot l \cdot f. \quad (2)$$

Давление k на посадочных поверхностях зависит от величины натяга и толщины стенок охватываемой и охватываемой деталей. Согласно формуле Ламе

$$k = \frac{\Delta}{d} \theta, \quad (3)$$

где Δ/d — относительный диаметральный натяг,

$$\frac{\Delta}{d} = 10^{-3} \frac{\Delta[i \dot{\epsilon} i]}{d[i \dot{i} i]}, \quad (4)$$

θ — коэффициент, определяемый следующим выражением:

$$\theta = \frac{1}{\frac{c_1 - \mu_1}{E_1} + \frac{c_2 + \mu_2}{E_2}}, \quad (5)$$

где E_1, E_2 и μ_1, μ_2 — соответственно модули нормальной упругости и пуассоновы константы материалов охватываемой и охватывающей деталей;

c_1 и c_2 — коэффициенты, вычисляемые нижеприведенными выражениями:

$$c_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}, \quad (6)$$

$$c_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}, \quad (7)$$

при этом d_1 и d_2 — соответственно внутренний диаметр охватываемой детали и наружный диаметр охватывающей детали.

Следовательно,

$$k = \frac{\Delta}{d} \frac{1}{\frac{c_1 - \mu_1}{E_1} + \frac{c_2 + \mu_2}{E_2}} = \frac{E_2 \Delta}{d} \frac{1}{c_1 - \mu_1 \frac{E_2}{E_1} + c_2 + \mu_2}. \quad (8)$$

Обозначим $a_1 = d_1/d$ и $a_2 = d/d_2$ относительной тонкостенностью соответственно охватываемой и охватывающей деталей.

Напряжение сжатия в охватываемой детали имеет максимальную величину на внутренней поверхности:

$$\sigma_1 = \frac{2k}{1 - a_1^2}. \quad (9)$$

Напряжение растяжения в охватывающей детали максимально на внутренней поверхности:

$$\sigma_2 = \frac{2k}{1 - a_2^2}. \quad (10)$$

Так как охватывающий и охватываемый элементы концевой звездочки выполнены из одинакового материала ($E_1 = E_2 = E$; $\mu_1 = \mu_2 = \mu$), тогда $\theta = E / (c_1 + c_2)$, и согласно формулам (3), (5):

$$k = \frac{1}{c_1 + c_2} \cdot \frac{E \Delta}{d}; \quad (11)$$

$$\sigma_1 = \frac{2k}{1 - a_1^2} \cdot \frac{E \Delta}{d}; \quad (12)$$

$$\sigma_2 = \frac{2k}{1 - a_2^2} \cdot \frac{E \Delta}{d}. \quad (13)$$

Так как охватывающая и охватываемая детали выполнены из одинакового материала:

$$E_1 = E_2 = E; \mu_1 = \mu_2 = \mu, \text{ то тогда } \theta = \frac{E}{c_1 + c_2},$$

где E — модуль нормальной упругости,

μ — пуассоновы константы,

$$E = 21 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \mu = 0,3 \text{ — для стали.}$$

$$c_1 = \frac{1 + \left(\frac{140}{690}\right)^2}{1 - \left(\frac{140}{690}\right)^2} = 1,086; \quad c_2 = \frac{1 + \left(\frac{690}{1032}\right)^2}{1 - \left(\frac{690}{1032}\right)^2} = 2,617.$$

$$k = \frac{21 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{690} \cdot \frac{1}{1,086 + 2,617} = 0,16438.$$

$$M_{кр} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,16438 \cdot 3,14 \cdot 690^2 \cdot 140 \cdot 0,13 = 2236,24 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 22362,4 \text{ Нм};$$

$$P_{oc} = k \cdot \pi d \cdot l \cdot f = 0,16438 \cdot 3,14 \cdot 690 \cdot 140 \cdot 0,13 = 6481,85 \text{ кгс} = 65 \text{ кН.}$$

По расчету получаем предельно допускаемую величину осевого смещения, которая не должна превышать 65 кН. Расчеты выполнены применительно к посадке натягом, для обеспечения же надежности в реальных условиях эксплуатации цепных конвейеров подвижный венец дополнительно фиксируется втулкой 8 и болтом. Таким образом, использование в двухцепных транспортных машинах концевой звездочки с подвижным венцом позволило равномерно загрузить тяговые цепи и обеспечить его надежную работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куанышбаев Ж.М. Определение перераспределения усилий в двухцепном пластинчатом конвейере // Труды ун-та. Караганда, 2002. Вып. 2. С.41-43.
2. А.с. №1578058 СССР. Блок звездочек двухцепного пластинчатого конвейера / Куанышбаев Ж.М., Данияров А.Н., Егоров Ю.П. Оpubл. Б.И. 1990. №26.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 3-х кн. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1977. 623с.

УДК 622.684.001.25

М.К. ИБАТОВ
Р.М. ПОПОВИЧЕНКО
Б.Б. ДЖИЕНБАЕВ
Н.М. КЕНЕСОВ

Термодинамический расчет термического нейтрализатора отработавших газов карьерных автосамосвалов

Рабочий процесс в нейтрализаторе отработавших газов для расчетных целей удобно разделить на три стадии: подогрев обезвреживаемой газовой смеси в теплообменнике; дальнейший подогрев за счет смешения с продуктами сгорания дополнительного топлива; окисление примесей в реакционной камере. В свою очередь, окисление примесей проходит период индукции, период развитой реакции и стадию выгорания окиси углерода. Стадии подогрева смеси дополнительным топливом и окисления примесей во многих случаях частично или полностью протекают параллельно. Выгорание бедных смесей в типичных условиях термического обезвреживания представляет собой сравнительно медленный процесс, в целом лимитируемый скоростью химических реакций. Случай горения бедных смесей требует организации принудительного подогрева до температур, при которых реакции по окислению протекают достаточно быстро. Это может быть достигнуто сжиганием дополнительного топлива или применением теплообменников.

По технико-экономическим и технико-логическим соображениям оба эти приема целесообразно использовать совместно, а применение регенерации тепла в сочетании со сжиганием дополнительного топлива надо рассматривать как наиболее типичный вариант организации рабочего процесса.

Схема общего случая рабочего процесса в нейтрализаторе приведена на рисунке. Графики

показывают возможный характер изменения температуры по ходу газового тракта нейтрализатора.

Свежая смесь с температурой t_1 подогревается в теплообменнике 1, затем поступает в реакционную камеру 2, где с помощью горелки 3 сжигается дополнительное топливо. В результате смешения газов с продуктами горения дополнительного топлива их величина повышается на величину $\delta_{д.т.}$. Считается, что смешение основного потока с продуктами горения быстро протекает на начальном участке реакционной камеры. Затем в реакционной камере протекает реакция окисления нейтрализуемых примесей и газы поступают снова в теплообменник, где охлаждаются, отдавая тепло поступающей смеси. Часть топлива для уменьшения образования окислов азота может быть отдана в газовый поток до теплообменника через форсунку.

При нулевой поверхности теплообмена ($F=0$) подогрев осуществляется только сжиганием дополнительного топлива. Средняя температура в реакционной зоне при этом невысокая, и обезвреживание примесей практически не будет обеспечено. При наличии теплообменника холодная смесь принудительно подогревается за счет передачи тепла от продуктов реакции, и температурный уровень в реакционной зоне повышается.

При некоторой поверхности теплообмена F_1 температура после горелки достигает минимальной величины $t_{P \min}$, обеспечивающей достаточно полное окисление обезвреживаемых примесей в пределах

располагаемого времени пребывания. При этом теплота окисления примесей участвует в создании температурного напора в теплообменнике.

При дальнейшем увеличении поверхности теплообмена до $F_2 > F_1$ окисление примесей завершается за более короткое время. При этом появляется избыток объема реакционной камеры.

Таким образом, теплообменник в схеме нейтрализатора повышает температурный уровень, позволяя при незначительном расходе дополнительного топлива достигать высоких температур в реакционной зоне.

Нами предлагается следующая методика теплового расчета термического нейтрализатора с теплообменником.

Целью данного теплового расчета является определение: t_2 — температуры подогрева в теплообменнике; t_4 — температуры, до которой отработавшие газы охлаждаются в том же теплообменнике; Q_{Σ} — суммарного тепловыделения в реакционной зоне; $Q_{\Sigma CO}$ — количества теплоты, выделяемого при сгорании горючего компонента; определение на основе этих параметров расхода дополнительного топлива $G_{ДТ}$ соответственно режимам работы двигателя.

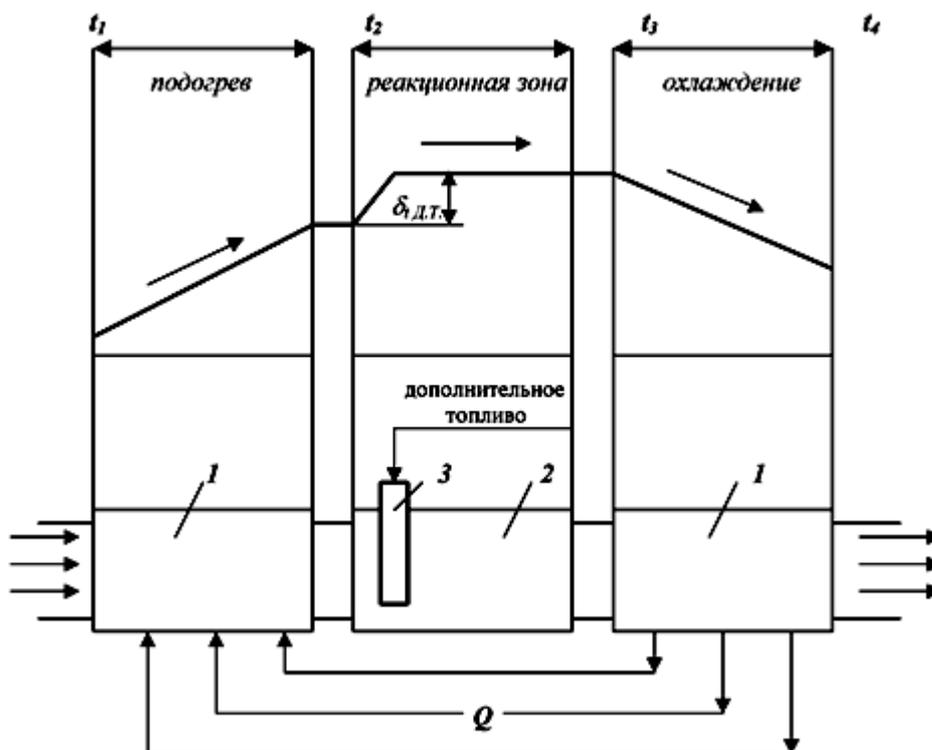


Схема рабочего процесса в термическом нейтрализаторе с теплообменником: 1 — теплообменник; 2 — реакционная камера; 3 — горелка

Количество тепла, переданного в теплообменнике поступающей газовой смеси, можно определить по формуле:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{CP} = G \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1), \quad (1)$$

где K — коэффициент теплопередачи, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ч})$;
 F — поверхность теплообмена, м^2 ;
 Δt_{CP} — эффективный температурный напор, $^{\circ}\text{C}$;
 G — количество газовой смеси, $\text{кг}/\text{ч}$;
 C_p — теплоемкость газовой смеси, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ч})$;
 t_2 — температура подогрева в теплообменнике, $^{\circ}\text{C}$;
 t_1 — температура свежей смеси, $^{\circ}\text{C}$.

Предполагая отсутствие потерь тепла и пренебрегая зависимостью C_p от температуры, на основании теплового баланса имеем:

$$t_4 - t_1 = t_3 - t_2 = \frac{Q_{\Sigma}}{G \cdot C_p}, \quad (2)$$

где Q_{Σ} — суммарное тепловыделение в реакционной зоне, $\text{кДж}/\text{ч}$;
 t_3 — температура окисления обезвреживаемых примесей, $^{\circ}\text{C}$;
 t_4 — температура, до которой охлаждаются отработавшие газы в теплообменнике, $^{\circ}\text{C}$.

Вследствие равенства разностей температур на «горячем» и «холодном» концах теплообменника ($t_4 - t_1 = t_3 - t_2$) эффективный температурный напор равен среднеарифметическому этих величин:

$$\Delta t_{CP} = \frac{t_4 - t_1 + t_3 - t_2}{2} = \frac{Q_{\Sigma}}{G \cdot C_p} = t_3 - t_2. \quad (3)$$

Таким образом, температурный напор теплообменника при принятых допущениях равен разности температур в реакционной зоне и не зависит от поверхности теплообмена.

Из уравнений (1) и (3) следует:

$$t_3 = t_2 + \frac{Q_{\Sigma}}{G \cdot C_p}, \quad (4)$$

$$t_2 = t_1 + \frac{K \cdot F}{G \cdot C_p} \cdot \frac{Q_{\Sigma}}{G \cdot C_p}, \quad (5)$$

$$t_3 = t_1 + \left(1 + \frac{K \cdot F}{G \cdot C_p}\right) \cdot \frac{Q_{\Sigma}}{G \cdot C_p}. \quad (6)$$

Эти соотношения иллюстрируют тот факт, что суммарное тепловыделение влияет не только непосредственно на конечную температуру продуктов реакции t_3 , но и на начальную температуру t_2 за счет изменения температурного напора теплообменника. Степень влияния на температуру t_2 определяется коэффициентом пропорциональности:

$$N = \frac{K \cdot F}{G \cdot C_p}.$$

Из уравнений (4) и (5) легко получить следующее выражение для N :

$$N = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2} = \frac{\chi}{1 - \chi}, \quad (7)$$

где χ — степень регенерации.

В качестве характеристики регенератора примем степень регенерации $\chi = 0,85$.

Данные о содержании компонентов в отработавших газах получены по результатам проведенных нами промышленных испытаний нейтрализатора отработавших газов автосамосвалов БелАЗ-549.

Температура t_1 , с которой свежая смесь поступает в теплообменник, на холостом ходу двигателя равна 260 °С, на средних нагрузках — 450 °С и на максимальных нагрузках — 650 °С.

Температуру, обеспечивающую достаточно полное окисление обезвреживаемых компонентов, принимаем равной 750 °С.

Таким образом из уравнения (7) находим температуру подогрева отработавших газов в теплообменнике t_2 :

$$t_2 = \chi(t_3 - t_1) + t_1. \quad (8)$$

Из уравнения (2) определяем температуру, до которой охлаждаются отработавшие газы, проходя теплообменник:

$$t_4 = t_3 - t_2 + t_1. \quad (9)$$

Значение суммарного тепловыделения в реакционной зоне можно найти из следующего выражения:

$$Q_{\Sigma} = V_H \cdot C_{PM}^{i3} \cdot (t_3 - t_2), \quad (10)$$

где V_H — объем отработавших газов, м³/ч;

C_{PM} — теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(м³·°С).

Для газовой смеси уравнение (10) преобразуется в следующее:

$$Q_{\Sigma} = V_H \cdot \left(C_{PM}^{i3} \cdot t_3 - C_{PM}^{i2} \cdot t_2 \right). \quad (11)$$

Для t_3 :

$$C_{PMCM}^{i3} \cdot t_3 = \left(C_{PMO_2}^{i3} \cdot V_{O_2} + C_{PMCO_2}^{i3} \cdot V_{CO_2} + C_{PMN_2}^{i3} \cdot V_{N_2} + C_{PMH_2O}^{i3} \cdot V_{H_2O} \right) t_3, \quad (12)$$

где C_{PM} — теплоемкость данного вида газа (справочные данные), кДж/(м³·°С);

V — объемная доля данного вида газа (экспериментальные данные).

Аналогично и для t_2 :

$$C_{PMCM}^{i2} \cdot t_2 = \left(C_{PMO_2}^{i2} \cdot V_{O_2} + C_{PMCO_2}^{i2} \cdot V_{CO_2} + C_{PMN_2}^{i2} \cdot V_{N_2} + C_{PMH_2O}^{i2} \cdot V_{H_2O} \right) t_2. \quad (13)$$

Для определения количества дополнительного топлива воспользуемся известными данными:

удельная теплота сгорания дизельного топлива

$$q_{DT} = 42,7 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг};$$

удельная теплота сгорания окиси углерода

$$q_{CO} = 13,0 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}.$$

Предварительно можно найти количество теплоты, которое выделяется при сгорании окиси углерода, зная его концентрацию в отработавших газах:

$$Q_{\Sigma CO} = q_{CO} \cdot M_{CO}, \quad (14)$$

где M_{CO} — масса окиси углерода соответственно концентрации в отработавших газах, кг.

Вычитая из общего количества теплоты, выделяемой в реакционной зоне, количество теплоты, которое выделилось при сгорании окиси углерода, находим то количество теплоты, которое должно выделяться при сгорании дополнительного топлива, т.е.

$$Q_{\Sigma DT} = Q_{\Sigma} - Q_{\Sigma CO}, \quad (15)$$

где $Q_{\Sigma DT}$ — количество теплоты, выделяемое дополнительным топливом.

Тогда количество дополнительного топлива определяется из выражения:

$$G_{\Delta 0} = \frac{Q_{\Sigma \Delta 0}}{q_{\Delta 0}}. \quad (16)$$

Таким образом, на основании предложенной методики, а также используя справочные и экспериментальные данные, достигается решение задач, поставленных в тепловом расчете термического нейтрализатора отработавших газов карьерных автосамосвалов.

УДК 622.684.001.25

Р.М. ПОПОВИЧЕНКО

Э.Н. РЫЖКОВ

М.К. ИБАТОВ

Н.Т. САГИНТАЕВ

Исследование аэродинамических характеристик для разработки конструктивных схем каталитических нейтрализаторов

В отработавших газах дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) карьерного автотранспорта всегда содержатся токсичные компоненты CO , NO_x , SO_2 , CH и другие, являющиеся продуктами неполного сгорания топлива. С экологической точки зрения они являются вредными для здоровья людей и окружающей среды. Поэтому в настоящее время применяют различные способы нейтрализации этих компонентов, среди которых наиболее приемлемым является способ использования восстановительных и окислительных реакций в присутствии различных катализаторов. Наиболее активными катализаторами являются соли платины и палладия, а также их смеси. В качестве носителя

используют шариковые керамические гранулы из легкого материала диаметром 3 ÷ 5 мм с пористой поверхностью, на которую наносится катализатор. В настоящее время применяются различные конструкции каталитических нейтрализаторов (КН), которые можно разделить на две группы: КН с неподвижным слоем и КН с псевдосжиженным или кипящим слоем катализатора.

При эксплуатации нейтрализаторов с неподвижным слоем катализатора в периоды запуска холодных ДВС, работы ДВС на режимах холостого хода и малых нагрузок на катализаторе накапливается аэрозольная смесь, состоящая из частиц сконденсировавшейся влаги, топлива и сажи. С

увеличением нагрузки и, следовательно, температуры отработавших газов происходит спекание катализатора, что ведет к резкому увеличению газодинамического сопротивления слоя катализатора со всеми вытекающими отсюда последствиями. Кроме того, при этом не вся поверхность гранул в неподвижном слое катализатора участвует в химических реакциях. Проведенные многочисленные исследования показали, что при существующих конфигурациях и размерах гранул катализатора создать высоконадежный и эффективный КН с неподвижным слоем катализатора практически невозможно.

Стремление устранить недостатки неподвижного слоя и тем самым увеличить эффективность работы катализатора привело к созданию таких состояний масс катализатора, при которых гранулы находятся в постоянном движении. К ним можно отнести КН с псевдосжиженным или кипящим слоем. Состояние самой массы катализатора в псевдосжиженном слое характеризуется тем, что слой катализатора приводится потоком газа во взвешенное состояние, при котором гранулы совершают беспорядочное движение. Это позволяет увеличить интенсивность обмена между газом и катализатором, значительно снизить газодинамическое сопротивление слоя, предотвратить возможность образования нагара на поверхности гранул. В конечном итоге это ведет к уменьшению потерь мощности ДВС и содержания сажи в отработавших газах. Однако в псевдосжиженном или кипящем слое существует опасность более интенсивного износа поверхности гранул за счет взаимного истирания, что неизбежно ведет к потере дорогостоящего катализатора.

Поэтому возникла необходимость создания такого квазистатического взвешенного состояния массы катализатора, при котором трение гранул между собой было бы минимальным, а газы соприкасались со всей поверхностью катализатора. Получение такого состояния массы катализатора зависит от многих факторов: расхода газа и его скорости в слое, геометрических размеров реактора и массы катализатора в нем, температуры и плотности газового потока, размеров гранул катализатора и их плотности и т.д.

Поэтому основной целью проводимых нами исследований является теоретическое обоснование возможности получения квазистатического псевдосжиженного слоя катализатора и аэродинамические испытания некоторых конструктивных моделей КН с определением

параметров газового потока и состояния массы катализатора.

При аэродинамических испытаниях для продувки различных конструктивных моделей (вставок) КН в целях выявления возможностей получения кипящего слоя нейтрализатора была использована воздушная аэродинамическая труба, имеющаяся в теплотехнической лаборатории. Схема этой трубы представлена на рис. 1. Элементами этой трубы являются: двоянный низконапорный центробежный вентилятор 2; электродвигатель 1, соединенный с вентилятором клиноременной передачей со ступенчатыми шкивами, позволяющими получить три скорости вращения вала вентилятора ($n = 930; 1450; 2300$ об/мин); горизонтальная часть трубы 6, имеющая сечение 175×175 мм; рабочий участок трубы, где устанавливались вставки и измерительные приборы (пьезометрическая трубка 3; дифференциальный микроманометр 4; жидкостный термометр 5). Гидравлическое сопротивление вставок определялось с помощью U-образного водяного манометра. Для измерения динамического напора воздушного потока по сечению трубы на рабочем участке располагалась конструкция, позволяющая размещать пьезометрическую трубку по центрам 9-ти равновеликих квадратов, на которые разделено сечение трубы. Это позволило определить равномерность распределения потока по всему сечению трубы и определить его среднюю скорость, а также объемный и массовый расход воздуха.

Величина динамического напора воздушного потока в любой точке сечения трубы определяется по следующей формуле:

$$P_i^{\Delta \dot{E} i} = 9,81 \cdot l \cdot K, \text{ Па}, \quad (1)$$

где l — длина столба жидкости в трубке микроманометра, мм;
 K — постоянная прибора;
 i — точка сечения трубы.

Скорость воздушного потока в любой точке сечения трубы определяется по формуле:

$$C_i = \sqrt{\frac{2}{\rho_{\Delta c}} \cdot P_i^{\Delta \dot{E} i}}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где ρ_{B3} — плотность воздуха в точке измерения давления, кг/м^3 .

Среднее динамическое давление воздушного потока по сечению трубы можно определить по формуле

$$\bar{P}^{\Delta \dot{E} i} = \frac{P_1^{\Delta \dot{E} i} + P_2^{\Delta \dot{E} i} + \dots + P_9^{\Delta \dot{E} i}}{N}, \text{ Па}, \quad (3)$$

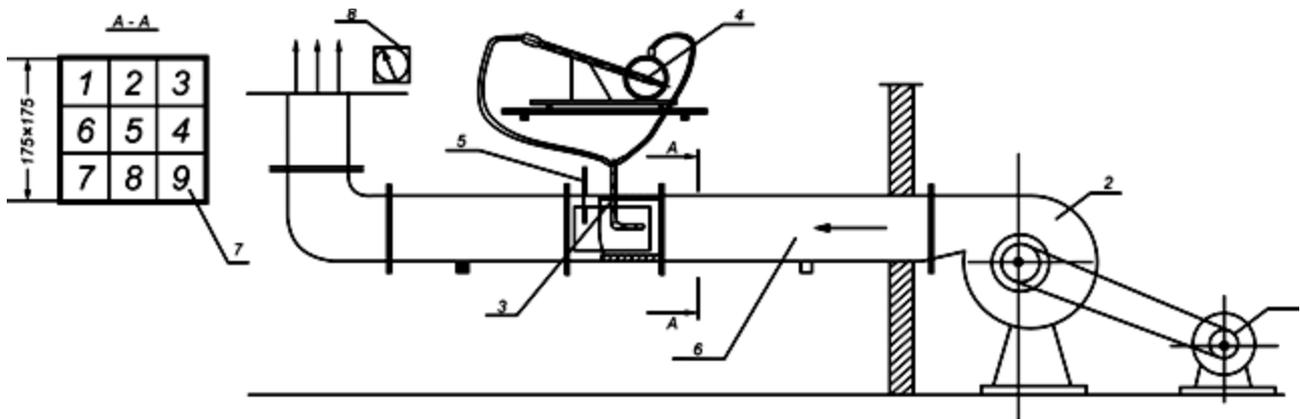


Рис. 1. Схема воздуховода с центробежным вентилятором: 1 — электродвигатель; 2 — сдвоенный центробежный вентилятор; 3 — пьезометрическая труба; 4 — микроманометр; 5 — жидкостный термометр; 6 — воздуховод 175×175 мм; 7 — разбивка сечения воздуховода на 9 точек замера динамического давления (вид со стороны вентилятора); 8 — барометр

где $P_i^{\Delta \dot{E} l}$ — динамическое давление в центрах каждого из 9-ти квадратов сечения трубы; $N = 9$.

Средняя (расчетная) скорость воздушного потока в сечении трубы будет равна:

$$\bar{C} = \sqrt{\frac{2}{\rho_{\Delta \dot{E} l}} \cdot \bar{P}^{\Delta \dot{E} l}}, \text{ м/с}, \quad (4)$$

Расход воздуха в трубе можно определить следующим образом:

а) секундный объемный

$$V_c = f \cdot \bar{C}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где f — площадь сечения трубы, м^2 ;

б) часовой объемный

$$V_{\text{ч}} = 3600 \cdot V_c, \text{ м}^3/\text{ч};$$

в) часовой массовый

$$G_{\text{ч}} = V_{\text{ч}} \rho_{\text{ВЗ}}, \text{ кг/ч}.$$

Данные испытаний и результаты их обработки приведены в табл. 1, 2 и 3, а также на рис. 2. Испытания аэродинамической трубы на трех режимах работы вентилятора позволили получить ее характеристики. При этом максимальный объемный расход составил примерно $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, а скорость потока воздуха около 18 м/с при среднем динамическом давлении порядка 190 Па .

Конструкция воздуховода позволяет изменять расход и скорость воздуха в достаточно широких пределах, что позволило подобрать характеристики потока в необходимых пределах. Следует отметить довольно удовлетворительные поля скоростей, что свидетельствует о равномерном распределении воздушного потока по сечению трубы.

Таблица 1

ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОБОРОТАХ ВЕНТИЛЯТОРА

n, об/мин	$P_i^{\Delta \dot{E} l}$, Па								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
930	63,75	66,20	49,04	78,46	84,59	62,53	67,43	71,10	57,66
1450	65,00	67,46	57,65	71,14	94,44	77,27	74,82	84,63	65,00
2300	175,39	175,39	153,31	192,56	248,98	195,01	186,45	214,64	170,48

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ИСПЫТАНИЙ

n, об/мин	$\bar{P}^{\Delta \dot{E} l}$, Па	$\frac{\bar{P}^{\Delta \dot{E} l}}{\bar{P}^{\Delta \dot{E} l}}$	$\rho_{\text{ВЗ}}$, кг/м^3	\bar{C} , м/с	Расход воздуха		
					\bar{V}_c , $\text{м}^3/\text{с}$	\bar{V}_x , $\text{м}^3/\text{ч}$	\bar{G}_x , кг/ч
930	66,36	0,784	1,124	10,86	0,333	1197,00	1345,40
1450	72,66	0,769	1,182	11,09	0,339	1221,45	1443,76
2300	189,37	0,760	1,182	17,90	0,548	1971,89	2330,77

Таблица 3

ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУХА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОБОРОТАХ ВЕНТИЛЯТОРА

n, об/мин	C_i , м/с								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
930	10,65	10,85	9,34	11,82	12,27	10,55	10,96	11,25	10,13
1450	10,49	10,68	9,87	10,97	12,64	11,43	11,25	11,97	10,48
2300	17,23	17,23	16,10	18,05	20,52	18,16	17,76	19,06	16,98

Аэродинамическим испытаниям были подвергнуты четыре конструкции моделей

(вставок), имитирующих работу катализатора в реакторах нейтрализаторов. В основе разработки конструкций моделей лежали следующие предпосылки:

- в реальных условиях каталитические нейтрализаторы располагаются горизонтально, также горизонтально движется газовый поток;

- в целях получения кипящего слоя катализатора модель (вставку) необходимо располагать под углом, чтобы разложить вектор скорости потока на две составляющие, одна из которых (вертикальная) будет создавать кипящий слой;

- в моделях должны использоваться сетки, применяющиеся в каталитических нейтрализаторах.

Модели, имеющие разную конфигурацию, испытывались при различных массах катализатора и скоростях воздушного потока. Так, высота насыпного слоя в моделях менялась от 13 до 40 мм при высоте камеры моделей 55 мм, а скорости воздушного потока были порядка $3,2 \div 5,5 \text{ м/с}$.

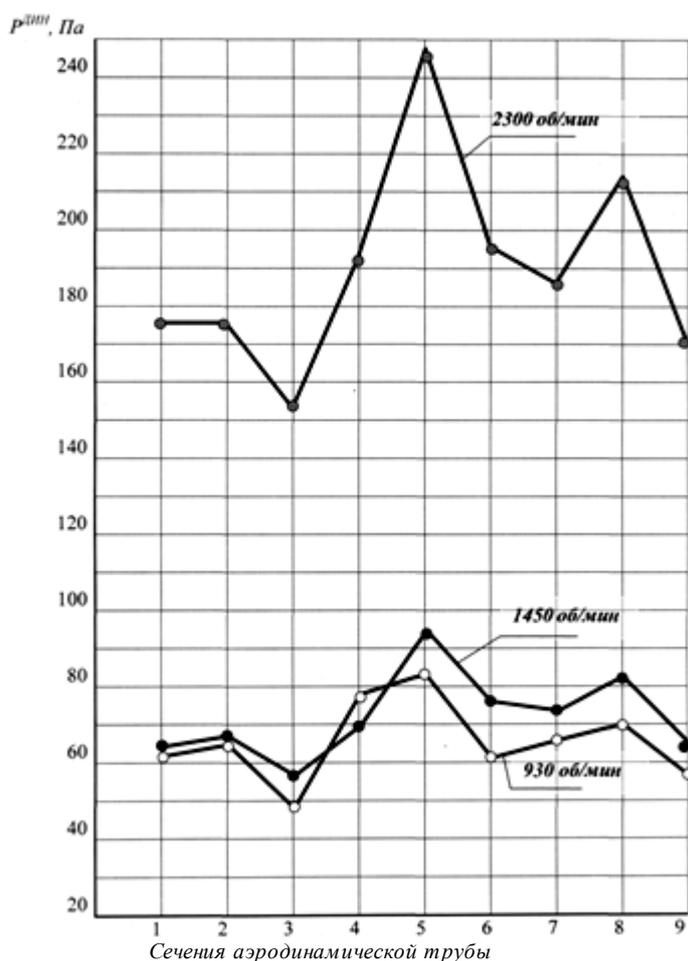


Рис. 2. Динамическое давление воздушного потока в различных точках сечения аэродинамической трубы

По результатам предварительных испытаний была определена конфигурация модели (вставки), позволяющая получить кипящий слой катализатора. На основе полученных результатов возможно проведение теоретических расчетов по определению оптимальных скоростей газового потока при заданных

УДК 621.333:622.6

Л.А. КРУПНИК
И.Н. СТОЛПОВСКИХ

Оптимизация пропускной способности погрузочных пунктов без аккумулярующих емкостей

Технологические схемы погрузочных пунктов без аккумуляющих емкостей широко используются на высокогорных подземных рудниках при загрузке вагонов погрузочными и погрузочно-доставочными машинами, конвейерами или скреперными установками при тупиковых схемах электровозного транспорта. Характерной особенностью таких схем загрузки вагонов является необходимость в дополнительных маневрах на разминовках и треугольных заездах, продолжительность которых может превышать время загрузки составов. В результате пропускная способность погрузочного пункта резко снижается, а общая продолжительность рейса возрастает, что вызывает увеличение затрат на электровозный транспорт.

При рассмотрении таких схем загрузки вагонов можно считать, что входной грузопоток (q') на погрузочный пункт подчиняется законам нормального распределения [1]

$$q'(t) = K_M u t + \eta_t, \quad (1)$$

где t — текущее время;

K_M — коэффициент машинного времени;

u — интенсивность грузопотока;

η_t — гауссовский процесс с независимыми приращениями, нулевым математическим ожиданием и дисперсией.

Коэффициент машинного времени K_M характеризует относительную длительность промежутков поступления руды и для каждой смены является случайной величиной. Данные экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что коэффициент машинного времени распределяется по нормальному закону для различных горно-добывающих комплексов со среднеквадратичным отклонением, находящимся в пределах 0,13...0,25.

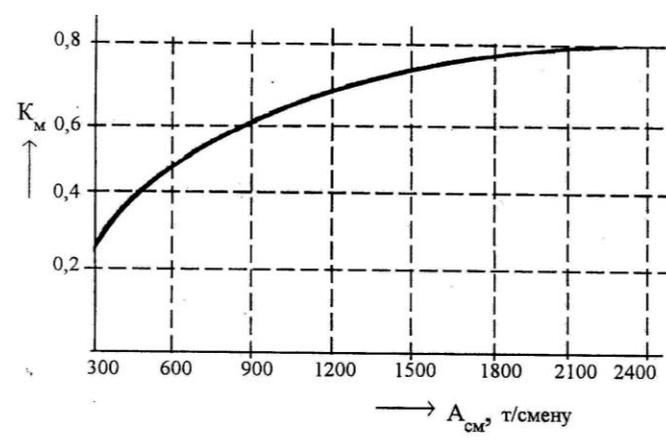
Анализ хронометражных наблюдений за работой очистных комплексов в условиях высокогорных подземных рудников показал, что увеличение нагрузки на очистной забой без изменения технологического оборудования происходило, в основном, за счет улучшения организации работы процессов добычи и смежных технологических процессов. Таким образом, коэффициент машинного времени связан с нагрузкой на очистной забой. Пример зависимости K_M от сменной добычи погрузочного комплекса, оборудованного погрузочной машиной типа ПНБ-4Д, приведен на рисунке. Эта зависимость имеет вид

$$K_i = \frac{0,22 \dot{A}_m}{100 + 0,22 \dot{A}_m}, \quad (2)$$

где A_{cm} — сменная добыча забоя, т/смену.

В технологических комплексах, работа которых не зависит от смежных технологических звеньев, значения коэффициента машинного времени могут быть приравнены к значениям коэффициента использования люка во времени, т.е. $K_M = \kappa_6$, разность K_M и κ_6 достигает максимального значения в технологических комплексах загрузки составов с жесткими связями, т.е. в системах без аккумуляющих емкостей.

Для удобства теоретических рассуждений обозначим τ время загрузки состава ($\tau = t_3$) грузоподъемностью G . Распределение τ совпадает с распределением момента первого прохождения грузопотока $q'(t)$ уровня G .



Изменение коэффициента машинного времени K_M комплекса ПНБ-4Д от сменной производительности A_{cm}

Плотность этого распределения составит

$$q \tau = \frac{G}{\sqrt{2\pi} \sigma_\eta t^2} e^{-\frac{G - K_M u t}{2\sigma_\eta^2 t}}, \quad (3)$$

где σ_η — среднее квадратичное отклонение коэффициента неравномерности.

Найдем математическое ожидание и дисперсию времени загрузки τ

$$M \tau = \int_0^\infty \frac{Gt}{\sqrt{2\pi} \sigma_\eta t^2} e^{-\frac{G - \hat{E}_i u t}{2\sigma_\eta^2 t}} dt = \frac{G}{\hat{E}_i \cdot u}, \quad (4)$$

$$D \tau = M \tau^2 - \left(\frac{G}{\hat{E}_i u} \right)^2 = \frac{\sigma_\eta^2 G}{\hat{E}_i^3 u^3}, \quad (5)$$

Пусть от начала загрузки очередного поезда до момента прибытия следующего проходит случайное время t . Если $t > \tau$, то погрузочный пункт простаивает из-за транспортной системы в течение времени $t_{np} = t - \tau$.

Предположим, что t имеет показательное распределение с параметром λ_c .

Найдем распределение времени простоя погрузочного пункта t_{np} . Вначале вычислим вероятность того, что $t_{np} = 0$.

$$D t_{i\delta} = 0 = D \tau > t = \iint_{\tau > t} \tau \lambda_c e^{-\lambda_c t} dt d\tau =$$

$$= \int_0^{\infty} g \tau \int_0^{\tau} 1 - e^{-\lambda_c \tau} d\tau =$$

$$= 1 - \int_0^{\infty} \frac{G}{\sqrt{2\pi\sigma_\eta^2 - \tau^2}} \exp\left[-\frac{G - \hat{E}_i u \tau^2}{2\sigma_\eta^2 \tau} - \lambda_c \tau\right] d\tau = \quad (6)$$

$$= 1 - \exp\left[-\frac{G \cdot u \cdot \hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left(\sqrt{1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 \cdot u^2} \cdot \lambda_c} - 1\right)\right].$$

Вероятность того, что $t_{np} < x$

$$P t_{i\delta} < x = P t - \tau < x = \iint_{t < \tau + x} g \tau \lambda_c e^{-\lambda_c t} dt d\tau =$$

$$= \int_0^{\infty} g \tau \int_0^{\tau+x} 1 - e^{-\lambda_c(\tau+x)} d\tau = 1 - e^{-\lambda_c x} \int_0^{\infty} g \tau e^{-\lambda_c \tau} d\tau = \quad (7)$$

$$= 1 - e^{-\lambda_c} \cdot \exp\left[-\frac{G \cdot u \cdot \hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left(\sqrt{1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 \cdot u^2} \lambda_c} - 1\right)\right].$$

Среднее время простоя

$$M t_{i\delta} = \int_0^{\infty} \lambda_c \cdot e^{-\lambda_c x} \exp\left[-\frac{Gu\hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left(\sqrt{1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 u^2} \lambda_c} - 1\right)\right] dx =$$

$$= \frac{1}{\lambda_c} \exp\left\{-\frac{Gu\hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left[\left(1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 \cdot u^2} \lambda_c\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]\right\}. \quad (8)$$

Пусть C_p — экономический ущерб на 1 т руды от простоя погрузочного пункта. Тогда средние потери от простоя блока будут равны

$$C_p u \hat{E}_i M t_{i\delta} = \frac{\hat{N}_\delta u \hat{E}_i}{\lambda_c} \exp\left\{-\frac{Gu\hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left[\left(1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 u^2} \lambda_c\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]\right\}. \quad (9)$$

Легко увидеть, что эти потери убывают с ростом λ_c . Вероятностный смысл параметра λ_c — это среднее число поездов, прибывающих на погрузочный пункт в единицу времени.

Тогда общие средние затраты на транспортирование будут равны

$$R \lambda_c = C_p u \frac{\hat{E}_i}{\lambda_c} \exp\left\{-\frac{Gu\hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left[\left(1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 u^2} \lambda_c\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]\right\} - C_T \lambda_c. \quad (10)$$

Найдем λ_c , при котором $R(\lambda_c)$ имеет минимальное значение. Для этого решим уравнение

$$\frac{d}{d\lambda} \lambda_c = 0$$

или

$$\frac{C_p}{\lambda_c} \left[\frac{u\hat{E}_i}{\lambda_c} + \frac{G}{\sqrt{1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 u^2} \lambda_c}} \right] \times$$

$$\times \exp\left\{-\frac{Gu\hat{E}_i}{\sigma_\eta^2} \left[\left(1 + \frac{2\sigma_\eta^2}{\hat{E}_i^2 u^2} \lambda_c\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]\right\} = C_T. \quad (11)$$

Для грузопотоков с малым коэффициентом вариации $\left(\frac{\sigma_\eta}{u} \ll 1\right)$ уравнение (11) примет более простой вид:

$$\frac{C_p}{\lambda_c} \left[\frac{\hat{E}_i u}{\lambda_c} + G \right] e^{\frac{G\lambda_c}{\hat{E}_i u}} = C_T \quad (12)$$

или

$$1 + z e^{-z} = \frac{d_\lambda u \hat{E}_i}{\hat{N}_p G^2} z^2, \quad (13)$$

где

$$z = \frac{\lambda_c G}{k_i u}. \quad (14)$$

Уравнение (13) легко решается численными методами.

Если z мало, то уравнение (13) можно записать в виде

$$1 - z^2 \approx \frac{d_\lambda u \hat{E}_i}{\hat{N}_p G^2} z^2, \quad (15)$$

откуда

$$z \approx \sqrt{\frac{C_p G^2}{C_p G^2 + C_T u \hat{E}_i}}. \quad (16)$$

Подставив (16) в (14), получим

$$\lambda_c \approx \sqrt{\frac{C_p u^2 \hat{E}_i^2}{C_p G^2 + C_T u \hat{E}_i}}. \quad (17)$$

Таким образом, зная стоимость одной тонны руды C_p и стоимость транспортирования груза C_m , можно установить среднее число поездов, прибывающих на погрузочный пункт в единицу времени с учетом вероятностного характера поступления грузопотока на погрузочный пункт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алотин Л.М. и др. Методы исследования и математическое описание подземных грузопотоков для расчета систем внутришахтного транспорта. Караганда, 1971. 510 с.

УДК 621.333:622.6
И.Н. СТОЛПОВСКИХ

Температурные ограничения режимов работы тяговых двигателей электровозов в высокогорных условиях подземных рудников

Электромеханическое преобразование энергии в тяговом двигателе не является идеальным, т.е. подведенная энергия всегда больше отдаваемой, совершающей полезную работу. Источниками тепла в тяговых двигателях являются места сосредоточения потерь. Какую бы первоначальную физическую природу не несли потери, в конечном итоге все они превращаются в тепловую энергию, которую необходимо отвести, так как в противном случае возникает недопустимый температурный режим тягового двигателя, следствием которого будет его термическое разрушение. В зависимости от характера и места выделения потерь, их можно подразделить на четыре группы:

1. Механические потери: а) на трение токосъемных щеток, б) на трение в подшипниках, в) вентиляционные (на перемещение охлаждающей среды) ($P_{мг}$).

2. Электрические потери: а) в обмотках статора и ротора, б) в скользящем контакте щеток, в) на возбуждение ($P_{эл}$).

3. Магнитные потери: а) гистерезисные, б) вихревые в стали, связанные с основным магнитным потоком ($P_{мх}$).

4. Добавочные потери: в стали и в обмотках ($P_{доб}$).

Примерное соотношение между отдельными составляющими потерь в различных тяговых двигателях шахтных электровозов приведены в табл. 1. Значения потерь указаны в процентах от полных потерь в тяговом двигателе.

Таблица 1

УРОВЕНЬ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОТЕРЬ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Тип машин	Потери, %			
	$P_{мг}$	$P_{эл}$	$P_{мх}$	$P_{доб}$
Тяговые двигатели электровозов	20-25	50-60	6-10	10-15

В общем случае потери являются функцией координат и времени и распределены неравномерно. Однако в большинстве практических задач достаточно знать суммарные распределенные потери в отдельных элементах тягового двигателя при установившемся тепловом его режиме.

Потери, выделяемые в тяговом двигателе, превращаются в тепловую энергию, воздействие которой приводит к повышению температуры его узлов и элементов. Наибольшие температуры, как правило, достигаются в тех элементах, где происходит наибольшее тепловыделение. В процессе эксплуатации тягового двигателя уровень температуры его элементов и узлов может изменяться. Однако уровень наибольших температур, достигаемый как в нормальных, так и в аварийных режимах, должен быть ограничен и не превышать

предельно допустимых значений, различных для разных материалов и определяемых их физическими свойствами. Таким образом, предельно допустимая температура элементов и узлов тягового двигателя электровоза выступает в качестве фактора, ограничивающего условия эксплуатации и допустимые нагрузки при различных режимах его работы. Для тягового двигателя электровозов традиционного исполнения главные и основные температурные ограничения режимов и условий эксплуатации определяются допустимой рабочей температурой его изоляции, в первую очередь изоляции обмоток якоря, главных и добавочных полюсов.

Под влиянием термических воздействий и связанных с ними механических усилий изоляционные материалы ухудшают свои свойства и с течением времени изнашиваются (стареют). Результатом износа является утрата изолирующих свойств и в конечном итоге — тепловой или электрической пробой изоляции. Характеристики нагревостойкости изоляции приведены в табл. 2.

Таблица 2

КЛАССЫ НАГРЕВОСТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Класс	Y	A	E	B	F	H	C
$\theta, ^\circ\text{C}$ (ГОСТ 8865-93)	90	105	120	130	155	180	>180
$\Delta\theta, ^\circ\text{C}$ (ГОСТ 183-74)	35-50	50-65	65-80	70-90	85-110	105-135	-

В табл. 2 обозначено: θ — допустимая температура для длительной работы изоляции; $\Delta\theta$ — допустимый температурный перепад на изоляции, связанный с неодинаковым термическим расширением изолируемых деталей.

Значения абсолютной допустимой температуры изоляции θ установлены на основании многочисленных экспериментов и опыта эксплуатации. При соблюдении требований стандарта на величину θ срок службы изоляции составляет не менее 10-15 лет. Превышение же допустимой температуры всего лишь на несколько градусов приводит к существенному снижению срока службы изоляции. Большое влияние на его сокращение оказывает длительность воздействия повышенной температуры. Для некоторых классов изоляции справедливо установленное экспериментально так называемое правило Монтзингера [1]

$$D_{\theta} = D_{\theta}^i \cdot 2^{(\theta_0 - \theta) / \Delta\theta_0}, \quad (1)$$

где D_{θ} — срок службы изоляции при увеличенной температуре θ ;

D_{θ}^i — срок службы при температуре θ_0 , определяемый опытным путем;

$\Delta \theta$ — постоянная величина приращения температуры, сокращающая срок службы вдвое.

Значения $\Delta \theta$ устанавливаются на основании довольно большого объема экспериментальных данных. Для материалов класса *A* $\Delta \theta = 7,9$ °C, *B* $\Delta \theta = 10$ °C, *H* $\Delta \theta = 12,4$ °C. Важно отметить, что в формулу (1) надо подставлять не среднее для изоляционного элемента значение температуры, а максимальное (пиковое) значение температуры, локально достигаемое в некоторой его зоне. Если тяговый двигатель эксплуатируется при нагрузке, превышающей номинальную, срок службы изоляции его конструктивных узлов сокращается. И, наоборот, в случае эксплуатации при нагрузке, меньше номинальной, этот срок увеличивается.

Если воздействие абсолютной температуры определяет термическое старение изоляции, то перепад температуры, например, на толщине корпусной изоляции, т.е. разница температур проводника обмотки и активной стали, вызывает механическое старение, связанное со смещением обмотки в пазе за счет относительного теплового расширения меди. Поскольку температура активной стали прямо зависит от температуры охлаждающей среды, то можно считать, что разность температур среды и обмотки достаточно определенно характеризует перемещение обмоток, или, как его называют, миграцию.

Миграция обмоток тем больше разрушает изоляцию, чем чаще она происходит в процессе эксплуатации тягового двигателя электровоза и чем больше относительное смещение в пазах. Из сказанного следует, что эксплуатировать электрический тяговый двигатель электровоза предпочтительно при стабильной температуре его узлов и элементов. Всякие колебания температуры неблагоприятно отражаются на сроке службы изоляции и тягового двигателя в целом. Становится очевидным, что главным целевым назначением организации охлаждения тяговых двигателей является создание таких условий теплообмена с охлаждающей средой, чтобы температура и превышения температуры активных частей тягового двигателя над температурой охлаждающей среды не превосходили пределов, установленных нормами.

Отвод тепла от нагретого тела может осуществляться либо прямо в охлаждающую среду, либо через определенную структуру, изолирующую тело от охлаждающей среды и представляющую собой некоторый тепловой барьер. В связи с этим различают два способа охлаждения электрических машин: непосредственное и косвенное.

В качестве примера косвенного охлаждения рассмотрим теплоотвод от обмотки якоря тягового двигателя рудничного электровоза. Часть такой обмотки, заключенная в одном пазу, показана на рисунке.



Схема отвода тепла от паза обмотки якоря тягового двигателя электровоза: 1 — проводники обмотки якоря; 2 — корпусная изоляция; 3 — клинья; 4 — зубцы; Q_m — электрические потери; Q_c — магнитные потери

Выделяемое в обмотке тепло Q_m (электрические потери) может отводиться к охлаждающей среде через корпусную изоляцию, клинья и зубцы. Корпусная изоляция и клинья представляют здесь пассивный тепловой барьер, зубцы — активный тепловой барьер, поскольку в нем выделяются магнитные потери Q_c . Наличие активного теплового барьера ухудшает условия теплоотвода, поскольку потери Q_c , подогревая зубец, снижают тепловой поток, проходящий через корпусную изоляцию и зубец.

Из схемы ясно, что эффективность теплоотвода обмотки якоря тягового двигателя электровоза зависит от потока воздуха, проходящего через двигатель, т.е. от системы вентиляции двигателя.

Обычно при проектировании для каждого типа тяговых двигателей проводят вентиляционный расчет, который заключается в определении гидравлического сопротивления системы охлаждения z , потерь давления Δp по тракту от входа воздуха в машину при давлении p_1 до выхода из нее при давлении p_2 и скоростей воздуха в каналах w . Расход воздуха определяется из предварительного теплового расчета или ориентировочно по формуле

$$Q = \sum P_{гр} / \tilde{\rho}_0 \Delta \theta_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где $\sum P_{гр}$ — греющие потери;

c_p — удельная объемная теплоемкость воздуха;

$\Delta T_{жс} = T_{в\text{ых}} - T_{в\text{х}}$ — подогрев воздуха в машине;

$T_{в\text{х}}$ и $T_{в\text{ых}}$ — температуры воздуха на входе и выходе.

При воздушном охлаждении ориентировочное значение подогрева для машин с изоляцией классов *A*, *E* и *B* принимается 20 °C, а с изоляцией классов *F* и *H* — до 25-30 °C, т.е. $\Delta T_{жс}$ составляет 1/3-1/4 допустимого превышения температуры обмоток.

Следует отметить, что при выполнении расчетов тяговых двигателей электровозов, предназначенных для работы в высокогорных условиях, к ранее учитываемым факторам добавляется уменьшение плотности воздушной среды высокогорья. Уменьшение плотности воздуха снижает производительность вентилятора, ухудшает теплоотдачу от наружных поверхностей обмоток якоря, главных и добавочных полюсов к окружающему воздуху. Производительность вентилятора охлаждающей системы прямо пропорциональна плотности окружающего воздуха, а

коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности определяется следующей формулой [2]:

$$\alpha = 600 \cdot c_p \left(\frac{\mu}{d} \right)^{0.2} \cdot V \cdot \gamma^{0.8}, \quad (3)$$

где c_p — объемная теплоемкость воздуха, Дж/см³;
 μ/d — отношение вязкости воздуха к гидродинамическому диаметру вентиляционного канала;
 V — скорость воздуха при прохождении через двигатель, м/с;
 γ — плотность воздуха, кг/м³.

Если считать c_p , V и μ/d величинами, не зависящими от высоты над уровнем моря, то можно написать

$$\alpha_i = \alpha_o \left(\frac{\gamma_i}{\gamma_o} \right)^{0.8}, \quad (4)$$

где α_o и α_n — соответственно, коэффициенты теплоотдачи на уровне моря и на данной высоте.

Таким образом, значение коэффициента теплоотдачи, а поэтому и количество тепла, отводимого системой охлаждения, будут изменяться пропорционально величине

$$\left(\frac{\gamma_i}{\gamma_o} \right)^{0.8}, \quad (5)$$

где γ_o и γ_n — плотность воздуха на уровне моря и на данной высоте, кг/м³.

Из изложенного следует, что при вентиляционных расчетах тяговых двигателей электровозов для высокогорных условий работы учет изменения плотности воздуха с ростом высоты над уровнем моря имеет существенное значение для точности расчетов и установления допустимых режимов работы тяговых двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филипова И.Ф. Основы теплообмена в электрических машинах. Л.: Энергия, 1974. 384 с.: ил.
2. Гуревич Э.И. Тепловые испытания и исследования электрических машин. Л.: Энергия, 1977. 294 с.: ил.

Раздел 6

Технические средства и программное обеспечение автоматизированных систем

УДК 62-519:681.3:004.4

*О.А. КАН
А.А. ЛЕБЕДЕВ
Д.О. КАН*

Опрос контролируемых датчиков в АСУ «Безопасность»

Автоматизированная система управления «Безопасность» предназначена для централизованного контроля параметров, характеризующих технологические процессы, происходящие в шахте и на ее поверхности. АСУ «Безопасность» состоит из вычислительного комплекса (ВК), устройства сопряжения (УС) и аппаратуры передачи информации (АПИ).

На рисунке представлена структурная схема АСУ «Безопасность» шахты им. Ленина. Вычислительный комплекс состоит из двух ПЭВМ типа IBM и обеспечивает опрос контролируемых датчиков, обработку, хранение и представление информации. Устройство сопряжения обеспечивает первичную обработку информации, поступающей через аппаратуру АПИ, и обмен информацией между ПЭВМ и аппаратурой АПИ.

Аппаратура передачи информации выполняет следующие функции:

- а) телеизмерение текущих значений параметров (ТИ);
- б) телесигнализацию состояния двухпозиционных объектов (ТС);
- в) телеуправление двухпозиционными объектами (ТУ);
- г) централизованное питание искробезопасным напряжением распределителей РГ, преобразователей ПТИ и объектов контроля и управления мощностью до 0,5 Вт;

д) цифровую индикацию номера выбранного объекта;

к) при совместной работе с ПЭВМ аппаратура АПИ обеспечивает возможность программного изменения последовательности, частоты и длительности опроса объектов, измерение и управление через ПЭВМ.

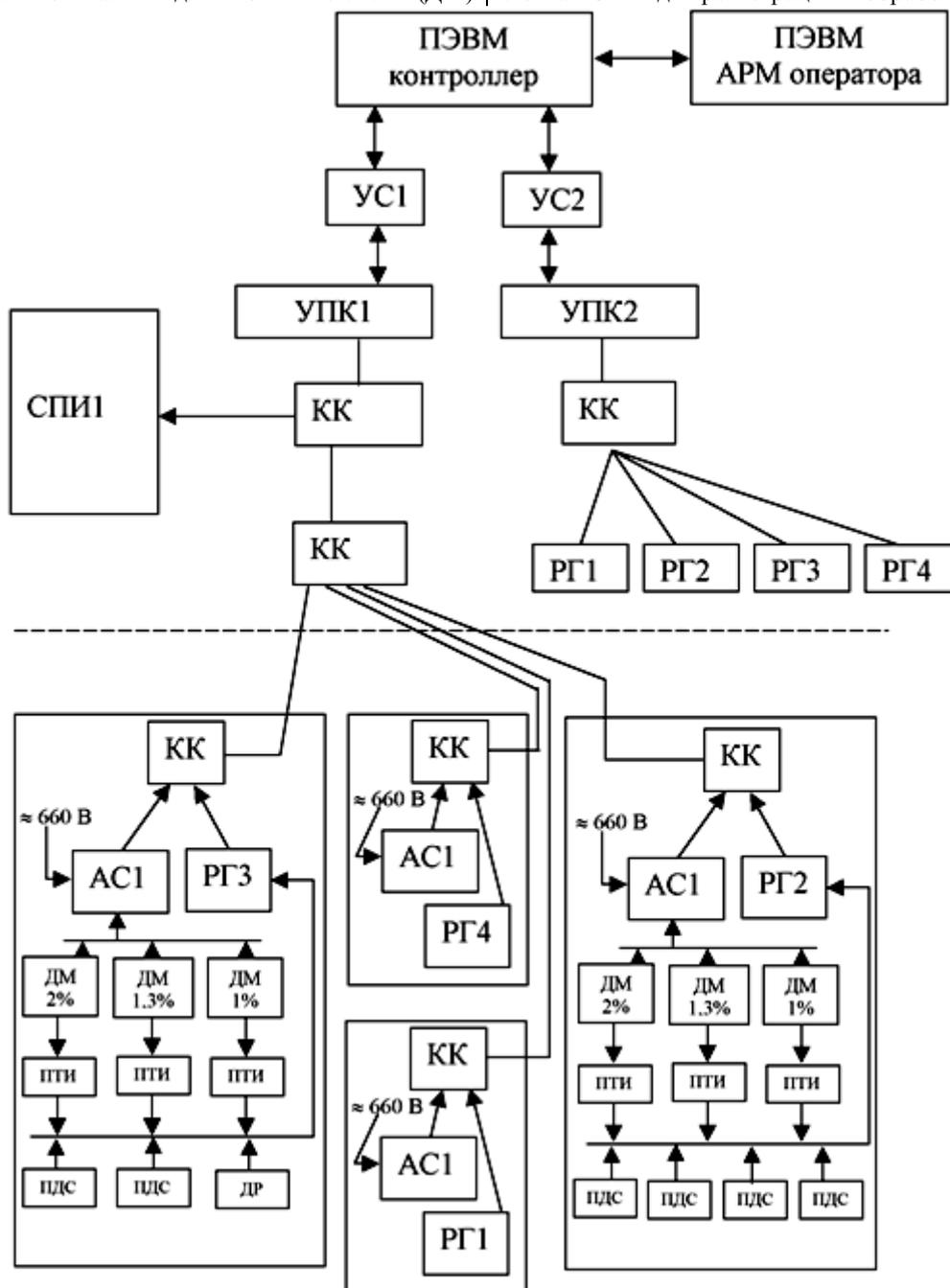
АСУ образует две функциональные группы. Одна функциональная группа (УПК2, РГ1, РГ2, РГ3, РГ4) предназначена для централизованного контроля параметров ВГП (производительность и депрессия, телеконтроль метана в здании ВГП и телесигнализация о включении рабочего или резервного вентилятора). Вторая функциональная группа системы предназначена для централизованного контроля параметров безопасности подземной части шахты (УПК1, РГ1, РГ2, РГ3, РГ4).

Верхний уровень иерархии системы образуется двумя ПЭВМ типа IBM (контроллер и АРМ оператора). Нижний уровень иерархии второй функциональной группы системы образуют распределители РГ, связанные с датчиками метана ДМТ-4 посредством ПТИ комплекса «Метан», преобразователями ПДС и датчиками работы комбайна подготовительных участков.

Связь между верхним и нижним уровнями осуществляется с помощью УС и АПИ, в состав которой входят устройства УПК, распределители РГ и преобразователи ПТИ. Сигналы от преобразователей

ПДС поступают на распределитель, затем передаются по линии связи на УПК, далее через устройство сопряжения — на ПЭВМ для обработки и регистрации. Сигналы датчиков метана (ДМ)

поступают по обособленным линиям связи на стойку СПИ для регистрации, а через преобразователи ПТИ на РГ и далее по линии связи на УПК и далее через УС на ПЭВМ для регистрации и обработки.



Структурная схема АСУ «Безопасность»

Аппаратура АПИ состоит из устройства УПК, размещенного на поверхности шахты в невзрывоопасном помещении (например центрального диспетчерского пункта), распределителей РГ и ПТИ, установленных в горных выработках угольной шахты.

Программное обеспечение АСУ «Безопасность» реализует сбор, обработку первичной информации, поступающей от датчиков, распознавание и предупреждение опасных ситуаций, а также хранение и представление информации на экране ПЭВМ в виде таблиц и графиков.

Одной из самых важных задач является разработка программы опроса контролируемых датчиков. Эффективное выполнение процедуры опроса датчиков полностью зависит от выбранного алгоритма опроса, используемых средств и методов адаптации к изменениям на контролируемых объектах. Время опроса датчиков АСУ «Безопасность» складывается полностью из времени работы аппаратных средств на каждом из этапов опроса. Интервал времени между очередными опросами датчика зависит от технологических

условий и опасной ситуации, сложившейся на контролируемом объекте.

В существующих системах контроля значительная часть времени уделяется на передачу и обработку измерительной информации, причем значительная доля расходов идет на переработку избыточной информации.

При нормальном протекании процессов спектр передаваемых сигналов сосредоточен в области низких частот, и информация обычно малоинтересна. Наиболее ценной является информация об аномальном протекании процессов, которая представляет собой или нарушение стационарности контролируемого процесса, или превышение допустимых норм правил безопасности.

С увеличением числа контролируемых датчиков увеличивается интервал между соседними опросами каждого датчика. Простое уменьшение частоты опроса может привести к потере этой информации, что совершенно недопустимо, если учесть, что система контроля призвана обеспечить безопасные условия труда шахтеров. В этой связи возникает задача разработки алгоритмов адаптивного опроса контролируемых объектов, позволяющих опрашивать датчики с различной частотой, а в аварийной ситуации — обеспечить автоматический переход на новые режимы опроса датчиков.

Предположим, что в результате анализа данных после очередного опроса n датчиков получили k групп, отличающихся заданными периодами опроса

$$n = \sum_{i=1}^k m_i, \quad (1)$$

где m_i — число датчиков в группе с заданным периодом опроса T_i .

Рассмотрим условия, обеспечивающие различные периоды опроса датчиков в системе. Примем, что период опроса T_i одного датчика группы m_i включает в себя время на опрос датчика $t_i (t_i \ll T_i)$ плюс время, оставшееся до следующего опроса этого датчика. При наличии в системе только одной группы имеем минимальный период опроса одного датчика

$$T_{i \min} = t_i + t_i * (m_i - 1) = t_i * m_i, \quad (2)$$

то есть необходимым условием обеспечения заданного периода опроса датчиков группы m_i является

$$T_i \geq t_i * m_i. \quad (3)$$

Причем выполнение равенства в условии (3) означает, что в системе может быть только одна группа.

Для нахождения достаточного условия обеспечения заданных периодов опроса, введем понятие заданной интенсивности опроса датчиков λ_i группы m_i

$$\lambda_i = T_{i \min} * T_i^{-1} = t_i * m_i * T_i^{-1}. \quad (4)$$

Если $\lambda_i = 1$, то выполняется равенство в условии (3), то есть в системе может быть только одна группа. При наличии в системе двух и более групп достаточным условием обеспечения заданных периодов опроса является

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i < 1. \quad (5)$$

Рассмотрим алгоритм, организующий различные периоды опроса датчиков в системе. Примем для простоты рассуждений, что $m_i = 1$. Тогда имеем датчиков с заданными периодами опроса T_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Требуется опросить их с периодами

$$T_i \leq T_i. \quad (6)$$

Вычислим λ_i для всех датчиков по формуле (4) при условии, что $m_i = 1$

$$\lambda_i = t_i * T_i^{-1}. \quad (7)$$

Опрос начинаем с датчика, имеющего наименьшее λ_i , так как у него наибольший резерв по времени до следующего опроса. Далее сущность алгоритма заключается в том, что на каждом такте опрашивается датчик с наибольшей относительной интенсивностью опроса, которая вычисляется после опроса каждого датчика по формуле

$$\Delta \lambda_i = (\lambda_{i \text{тек}} - \lambda_i) * \lambda_i^{-1}, \quad (8)$$

где $\lambda_{i \text{тек}}$ — текущая интенсивность опроса.

После первого опроса датчика с наименьшим λ например, j -го, имеем

$$\lambda_{i \text{тек}} = t_i * (T_i - t_j)^{-1} = t_i * T_{i \text{тек}}^{-1}, \quad (9)$$

где $T_{i \text{тек}}$ — оставшееся текущее время до опроса i -го датчика. На каждом следующем такте из оставшегося текущего времени вычитается время опроса последнего датчика для получения нового $T_{i \text{тек}}$. Относительная интенсивность вычисляется для всех датчиков, кроме опрошенного в последнем такте. Для последнего опрошенного датчика, например, j -го, восстанавливаются параметры по формулам

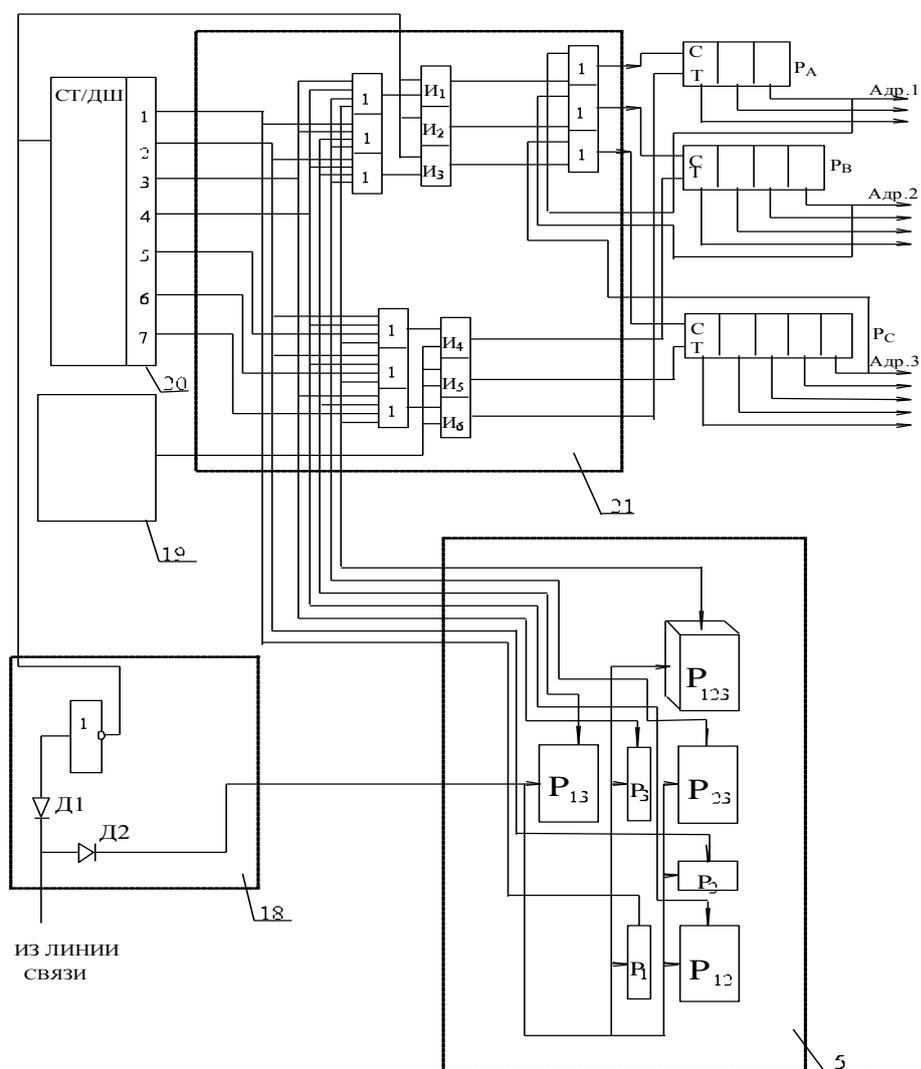
$$\lambda_{i \text{тек}} = t_j * T_j^{-1}, T_{j \text{тек}} = T_j. \quad (10)$$

При реализации данного алгоритма на ПЭВМ параметры по каждому датчику определяются и запоминаются в памяти ПЭВМ в виде таблиц, что позволяет корректировать их в нужные моменты времени в зависимости от режимов функционирования контролируемых объектов.

Таким образом, предложенный алгоритм организации переменных периодов опроса датчиков повышает эффективность обработки за счет имеющейся возможности оперативного изменения режимов опроса датчиков при отклонении от нормального хода контролируемых процессов.

Приемный полукомплект представлен на рисунке. С линией связи соединяется через блок селекции (18), работающий следующим образом: диод Д₁ пропускает отрицательные синхроимпульсы на инвертор, с его выхода импульсы будут иметь положительную полярность и поступают эти импульсы через определенное число информационных импульсов, выдаваемых линейными и скомбинированными распределителями передатчика на счетчик-дешифратор (20) и блок управления (21) линейными и скомбинированными МРИ приемного полукомплекта. Блок (19) является генератором тактовых импульсов.

Работает приемный полукомплект следующим образом: в начальный момент счетчик-дешифратор находится в состоянии «1», а содержимое распределителя равно нулю.



Приемный полукомплект многомерной системы телемеханики

С появлением первого синхроимпульса запускается через элемент И₂ распределитель Р_В и устанавливается в счетчике-дешифраторе состояние «2». Разрешающий потенциал поступит на распределитель Р₂, и информация, поступающая из линии связи, будет выдана через распределитель Р₂ по своим информационным каналам (выходам).

С появлением второго синхроимпульса запускается через элемент И₃ распределителя Р_С и устанавливается в счетчике-дешифраторе состояние «3». Откроется цепь для прохождения тактовых импульсов на распределитель Р₃, и разрешающий потенциал поступит на разрешающий вход элемента И РВЭИ распределителя Р₃. С выходов распределителя Р₃ считывается информация, поступающая из линии связи. С появлением третьего синхроимпульса через элементы И₁, И₂ поступят запускающие импульсы на распределители Р_А и Р_В, и также изменится состояние счетчика-дешифратора (20), которое перейдет в состояние Р_А&4&Р_В, и тем самым через элементы ИЛИ, И₄ и И₅ пройдут тактовые импульсы на распределители Р_А и Р_В, что приведет к срабатыванию двухмерного распределителя Р₁₂. И информация, поступающая из линии связи, будет выдаваться по всем информационным цепям этого распределителя. Аналогично пройдут информационные сигналы через распределители Р₁, Р₁₃, Р₂₃, Р₁₂. Для наглядности поясним, как будет проходить информация через кубический распределитель.

С появлением шестого синхроимпульса через элементы И₁, И₂ и И₃ поступают единицы через три элемента ИЛИ на вход распределителя Р_А, Р_В и Р_С,

которые запускаются; одновременно шестой синхроимпульс переводит счетчик-дешифратор в состояние «7» и тем самым три элемента ИЛИ и элементы И₄, И₅, И₆ формируют цепь прохождения тактовых импульсов с ГТИ (19) на тактовые входы распределителей Р_А, Р_В и Р_С, совместная работа которых активизирует распределитель Р₁₂₃, на РВЭИ которого поступает разрешающий потенциал с выхода «7» счетчика-дешифратора (1) и тем самым происходит прием информации из линии связи по всем информационным каналам кубического распределителя Р₁₂₃. Седьмой импульс переводит счетчик-дешифратор в состояние «1», и тем самым процесс повторяется. На рисунке Р₁, Р₂, Р₃, Р₁₂, Р₂₃, Р₁₂₃ выполняют функции информационных блоков приема и выдачи информации по всем распределителям: линейным (Р₁, Р₂, Р₃), скомбинированным двухмерным (Р₁₂, Р₁₃, Р₂₃) и трехмерным (Р₁₂₃).

Таким образом, положительный эффект достигается за счет выполнения обычного распределителя импульсов в виде МРИ, а также введением в передающем и приемном полукомплекте счетчика-дешифратора состояний МРИ, анализатора ситуаций, блока управления линейными и скомбинированными распределителями, что позволяет механизировать большое число объектов телемеханизации (10²-10⁵). Как, например, в нашем случае при m=3, Р_В=4, Р_С=5 число это составляет 112, а также имеет и более жесткую синхронизацию передающего и приемного полукомплекта, так как число синхроимпульсов равно 2^m-1 (2³-1) = 7.

УДК 621.3.083

Г.Д. КОГАЙ
А.М. НУРГУЖИНА
Г.М. ЯВОРСКАЯ

Алгоритмы оценки деятельности подразделений и программное обеспечение

Алгоритмы оценки деятельности подразделений можно представить тремя способами: графическим, аналитическим, табличным.

Аналитическое представление:
 $d = e^{-e^{-y}}$ или $d = \exp[-\exp(-y_i)]$,

$D = \prod_{i=1}^n d_i$ — обобщенная функция желательности.

Графический способ представляется в виде графиков:

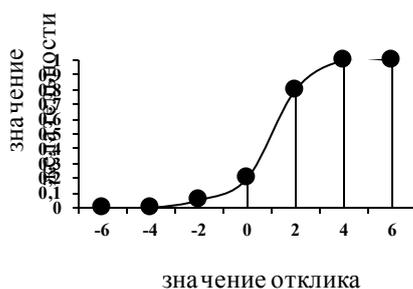


Рис. 1. Функция желательности

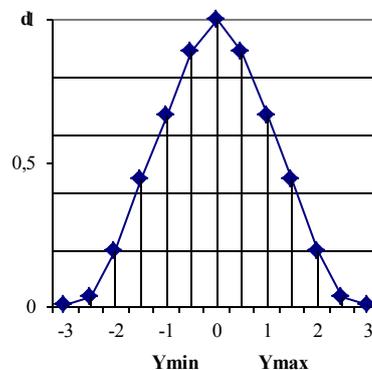


Рис. 2. Функция желательности для свойства, ограниченного с двух сторон

Табличное представление:
РЕАЛЬНЫЕ ЧАСТНЫЕ ОТКЛИКИ

d_i	y_i	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7
1,00-0,80	3,0	300	7	-30	80	300	330	100
0,80-0,63	1,5	200	10	-25	90	250	280	80
0,63-0,37	0,85	120	15	-20	105	220	250	60
0,37-0,20	0,00	100	20	-18	120	200	200	25
0,20-0,00	-0,50	95	40	-15	130	150	150	20

Программное обеспечение является системой, в которую входят:

- операционная система ПК (системное программное обеспечение);
- комплекс прикладных программ, предназначенных для программной реализации.

Написанная программа предназначена для подведения итогов конкурса между факультетами и кафедрами КарГТУ. Язык программирования DELPHI.

Входная информация:

Входные языки — это языки описания исходной информации об объекте проектирования и языки описания задания. Входные документы должны заполняться на русском языке. При заполнении входных документов информация должна отображаться в виде коротких фраз, полностью передающих ее смысловое значение. Численная информация должна задаваться арабскими цифрами. Ввод информации в подсистему должен осуществляться пользователем с клавиатуры в полном соответствии с входной формой. В подсистеме должна предусматриваться возможность корректировки исходных данных.

Входная информация представляет собой текстовую и численную информацию в виде названия факультета, критериев соревнования, в табличном виде.

Выходная информация:

Представляет собой также численную и текстовую информацию в виде таблиц количества набранных баллов. Вся информация должна записываться в файл и выводиться на экран или принтер. Выходные документы выдаются на формате А4. Выходные экранные формы содержат те же данные, что и выходные документы. Данная информация выдается по факультетам в целом. Выходные файлы результатов содержат таблицы с данными по факультетам.

Описание интерфейса.

При запуске подсистемы на экране монитора в верхней части появляется окно с заголовком «Оценка работы факультетов». Под заголовком находится меню, в котором находятся критерии оценки деятельности факультетов, такие как:

- Всего по учебной работе
 - Всего по методической работе
 - Всего по научно-исследовательской работе
 - Всего по воспитательной и культурно-массовой работе
 - Всего по ремонтной работе
 - Поступивших в базовом году
 - Поступивших в текущем году
 - Коэффициент выживания
 - Общий балл
- Эти критерии внутри имеют свои подкритерии.

Далее на панели присутствуют такие кнопки, как: *Просмотр*, где осуществляется просмотр результатов работы программы; *Печать*, где осуществляется печать результатов работы; кнопки пролистывания критериев *Назад*, *Вперед*; список критериев «Название работы» и сама панель с критериями и названиями факультетов.

Программа выполняет оценку факультета в целом по всем критериям и выводит конечное значение функции желательности.

УДК 681.3

Г.Д. КОГАЙ
А.М. НУРГУЖИНА
Г.М. ЯВОРСКАЯ

Функция желательности как универсальный критерий оценки деятельности учебных подразделений

Путь к единому параметру оптимизации часто лежит через обобщение, из многих откликов, определяющих объект. Очень часто трудно выбрать один, самый важный. Рассмотрим ситуацию, когда необходимо множество откликов обобщать (свертывать) в единый количественный признак. С таким обобщением связан ряд трудностей. Каждый отклик имеет свой физический смысл и свою размерность. Чтобы объединить различные отклики, прежде всего приходится ввести для каждого из них некоторую безразмерную шкалу. Шкала должна быть однотипной для всех объединяемых откликов — это делает их сравнимыми. Выбор шкалы — не простая задача, зависящая от априорных сведений об откликах, а также от той точности, с которой необходимо определить обобщенный признак.

После того как для каждого отклика построена безразмерная шкала, возникает следующая трудность

— выбор правила комбинирования исходных частных откликов в обобщенный показатель. Единого правила не существует. Здесь можно идти различными путями, и выбор пути неформализован. Рассмотрим несколько различных способов построения обобщенного показателя.

Пусть исследуемый объект характеризуют n частных откликов $y_u (u = 1, 2, \dots, \dots, n)$ и каждый из этих откликов измеряется в N опытах. Тогда y_{ui} — это значение u -го отклика в i -м опыте ($i = 1, 2, \dots, \dots, N$). Каждый из откликов y_u имеет свой физический смысл и чаще всего разную размерность. Введем простейшее преобразование: набор данных для каждого y_u поставим в соответствие с самым простым стандартным аналогом — шкалой, на которой имеется только два значения:

- 0 — неудовлетворительное качество,
- 1 — удовлетворительное качество.

Преобразованные значения обозначим: y_{ii} — преобразованное значение i -го отклика в i -м опыте. Здесь мы применили шкалу, в которой использовано числовое множество из двух элементов (в данном случае 0 и 1). Стандартизовав таким образом шкалу частных откликов, мы подошли ко второму этапу — их обобщению. По какому же правилу следует комбинировать частные отклики?

Будем рассуждать следующим образом. В ситуации, когда каждый преобразованный частный отклик принимает только два значения (0 и 1), естественно желать, чтобы и обобщенный отклик принимал одно из этих двух возможных значений, причем так, чтобы значение 1 имело место, если и только если все частные отклики в этом опыте приняли значение 1. А если хотя бы один из откликов обратился в 0, то и обобщенный отклик будет 0.

При таких рассуждениях для построения обобщенного отклика удобно воспользоваться формулой

$$Y_i = \sqrt[n]{\prod_{u=1}^n \acute{O}_{ui}},$$

где Y_{ii} — обобщенный отклик в i -м опыте;

$\prod_{u=1}^n$ — произведение частных откликов $Y_{1i}, Y_{2i}, \dots, Y_{ni}$.

Корень ввели для того, чтобы связать эту формулу с другой, более сложной, которая будет рассмотрена далее. В данном же случае ничего не изменится, если написать:

$$Y_i = \prod_{u=1}^n \acute{O}_{ui}.$$

Совершенно очевидно, что такой подход слишком груб и жесток.

Рассмотрим пример.

При подборе студенческой команды, которая должна была участвовать в одном из физкультурно-интеллектуальных соревнований типа КВН, качество претендента оценивалось семью выходными параметрами:

- Y_1 — подтянуться на турнике, *раз*;
- Y_2 — бег скоростной на дистанцию 100 м;
- Y_3 — проплыть на спине 200 м, *мин*;
- Y_4 — поднятие тяжестей, *кг*;
- Y_5 — умение петь, *кол-во песен*;
- Y_6 — знание государственного языка, *кол-во слов*;
- Y_7 — знание английского языка — перевод текста, состоящего из 1000 слов за определенное время, *мин*.

Для каждого частного отклика введем следующие преобразования:

$$\acute{O}_{1i} = \begin{cases} 1, & y_{1i} > 15; \\ 0, & y_{1i} \leq 8; \end{cases} \quad \acute{O}_{5i} = \begin{cases} 1, & y_{5i} > 20; \\ 0, & y_{5i} \leq 14; \end{cases}$$

$$\acute{O}_{2i} = \begin{cases} 1, & y_{2i} < 40; \\ 0, & y_{2i} \geq 60; \end{cases} \quad \acute{O}_{6i} = \begin{cases} 1, & y_{6i} > 1200; \\ 0, & y_{6i} \geq 800; \end{cases}$$

$$\acute{O}_{3i} = \begin{cases} 1, & y_{3i} < 5; \\ 0, & y_{3i} \geq 9; \end{cases} \quad \acute{O}_{7i} = \begin{cases} 1, & y_{7i} > 10; \\ 0, & y_{7i} \leq 20. \end{cases}$$

$$\acute{O}_{4i} = \begin{cases} 1, & y_{4i} > 70; \\ 0, & y_{4i} \leq 50; \end{cases}$$

Для комплексной оценки были построены два обобщенных показателя:

$Y_1 = \sqrt[7]{y_{1i}y_{2i}y_{3i}y_{4i}y_{5i}y_{6i}y_{7i}}$, учитывающий требования в целом, и $Y_2 = \sqrt[3]{y_{3i}y_{5i}y_{7i}}$, учитывающий только основные требования. По обобщенному показателю Y_1 могут рекомендоваться только три претендента (каждый опыт соответствует одному определенному претенденту). Если же взять за основу только требования, то удовлетворительное качество имеется в семи опытах.

Обратим внимание на еще один способ получения обобщенного отклика, который может применяться в тех случаях, когда для каждого из частных откликов известен «идеал», к которому нужно стремиться. Существует много способов введения метрики (указание правил определения расстояний между любыми парами объектов из подмножества), задающей «близость к идеалу». Дополним предыдущие обозначения еще одним: y_{i0} — наилучшее («идеальное») значение i -го отклика. Тогда $y_{ii} - y_{i0}$ можно рассматривать как некоторую меру близости к идеалу. Однако использовать разность при построении обобщенного отклика невозможно по двум причинам. Она имеет размерность соответствующего отклика, а у каждого из откликов может быть своя размерность, что препятствует, как уже известно, их объединению. Отрицательный или положительный знак разности также создает неудобство. Чтобы перейти к безразмерным значениям, дос-

точно разность поделить на желаемое значение: $(y_{ui} - y_{u0}) / y_{u0}$.

Чтобы нивелировать знаки, можно разность возводить в квадрат. Тогда обобщенный отклик получим по следующей формуле:

$$Y_i = \sum_{u=1}^n \left(\frac{y_{ui} - y_{u0}}{y_{u0}} \right)^2.$$

Если в некотором опыте все частные отклики совпадут с идеалом, то Y станет равным нулю. Это и есть то значение, к которому нужно стремиться: чем ближе к нулю, тем лучше. Конечно, необходимо условиться о том, что считать нижней границей, если верхняя граница равна нулю (см. таблицу).

Среди недостатков такой оценки выделяется нивелировка частных откликов. Все они входят в обобщенный отклик на равных правах. На практике же различные показатели бывают далеко не равноправны. Устранить этот недостаток можно введением некоторого веса a_u

$$Y_i = \sum_{u=1}^n a_u \left(\frac{y_{ui} - y_{u0}}{y_{u0}} \right)^2,$$

причем

$$\sum_{u=1}^n a_u = 1 \text{ и } a_u > 0.$$

Чтобы проранжировать отклики по степени их важности и найти соответствующие веса, можно воспользоваться экспертными оценками.

Мы рассмотрели простейшие способы построения обобщенного показателя. Для перехода к более сложным способам нужно научиться фиксировать более тонкие различия на шкале преобразования откликов. Здесь в основном приходится опираться на опыт экспериментатора, но, чтобы этот опыт разумно употребить в рамках формальных процедур, его тоже нужно формализовать. Наиболее естественный путь такой формализации — введение системы предпочтений эксперта на множестве значений каждого частного отклика, получение стандартной шкалы и затем обобщение результатов.

Пользуясь системой предпочтений, можно получить более содержательную шкалу вместо шкалы классификаций с двумя классами.

НАТУРАЛЬНЫЕ, ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ, ОБОБЩЕННЫЕ ОТКЛИКИ

Номер опыта	Натуральный частный отклик							Преобразованный частный отклик							Обобщенный отклик	
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₁	Y ₂
1	16	35	4	70	21	1200	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	18	65	5	76	14	1204	15	1	0	1	1	0	1	1	0	0
3	17	65	6	78	22	1240	14	1	0	1	1	1	1	1	0	1
4	18	33	7	77	13	1230	13	1	1	1	1	0	1	1	0	0
5	16	35	4	70	21	1200	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	17	65	6	78	22	1240	14	1	0	1	1	1	1	1	0	1
7	18	20	3	50	20	1201	15	1	1	1	0	1	1	1	0	1
8	16	33	5	71	22	1202	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	18	68	5	77	21	1300	14	1	0	1	1	1	1	1	0	1

Раздел 7

Охрана труда. Экология

УДК 656.2 (0025)

А.К. АКИМБЕКОВ
В.С. ХАРЬКОВСКИЙ
С.В. ТИМОШИН

Анализ инженерного риска опасных производственных объектов железнодорожного транспорта

Проведенный анализ возникновения аварийных ситуаций за 2001 год на различных видах транспорта [1] как опасного производственного объекта показал, что уровень риска на воздушном транспорте составляет 0,0082, на автомобильном 0,021, на железнодорожном 0,001. При этом усредненный риск получения смертельной травмы на воздушном транспорте составляет $1,0 \times 10^{-5}$, на автомобильном $2,5 \times 10^{-4}$, а для железнодорожного транспорта этот показатель равен $1,0 \times 10^{-6}$. Коэффициент частоты производственного травматизма для автомобильного транспорта составляет 7,9, для авиационного 2,1, а для железнодорожного 1,1, что доказывает безопасность железнодорожного транспорта в сравнении с другими видами транспорта. Эти выводы подтверждаются статистическими данными Управления статистики Республики Казахстан по Карагандинской области.

Согласно рекомендациям Международной организации труда, предусмотрено проведение анализа риска, но, к сожалению, он не является частью системы регулирования, хотя на его основе принимаются решения по проблемам ответственности и страхования трудовой деятельности.

Так, базовым показателем гарантии безопасности движения в европейских странах является размер компенсаций, выплачиваемых железнодорожной компанией семьям погибших и пострадавшим в результате аварии или крушения поездов [2]. Уровень компенсации в развитых странах устанавливается из

расчета усредненного заработка погибшего за 10-15 лет.

На уровень общего риска предприятия в значительной степени влияет человеческий фактор, который в значительной степени зависит от условий работы одной из самой многочисленной группы работников отрасли — локомотивной бригады [3]. Как показали медицинские исследования, проведенные в Карагандинском погрузочно-транспортном управлении угольного департамента ОАО «Испат-Кармет», факторы, непосредственно влияющие на уровень работоспособности членов локомотивных бригад и, как следствие, на безопасность движения поездов, являются заболевания сердечно-сосудистой системы (влияние электромагнитных полей), аномалии рефракций (напряжение зрения) и снижение слуха (монотонность и низкочастотный шум) (рис. 1 и 2).

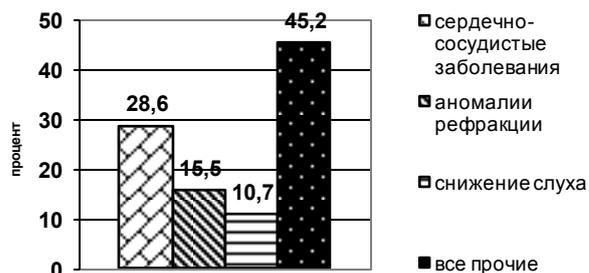


Рис. 1. Факторы профессиональной непригодности членов локомотивных бригад

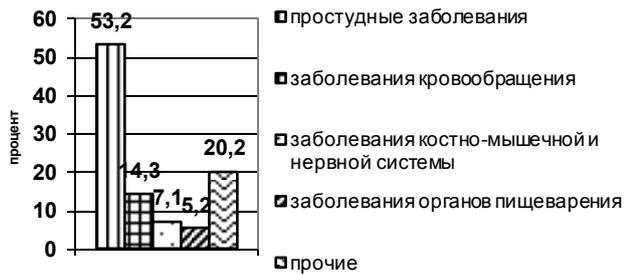


Рис. 2. Факторы отстранения от поездки членов локомотивных бригад

При исследовании отстраненных от поездок работников локомотивных бригад было установлено, что основными заболеваниями являются простуда, болезни системы кровообращения, костно-мышечной системы, нервной системы и заболевания органов пищеварения которые приводят к профессиональным заболеваниям [4, 5, 6]. В результате вероятность остаться профпригодным к выполнению работы, связанной с движением поездов, для помощников и машинистов локомотивов до достижения пенсионного возраста (63 года) отсутствует. Для машинистов локомотивов и их помощников это возраст не более 59-61 года, и при привлечении на работу, связанную с движением поездов, работников в возрасте свыше 61 года увеличивается класс производственного риска (см. табл.) [7].

Кроме того, проведенный нами социологический опрос свидетельствует о том, что работники железных дорог в основной массе требуют повышения заработной платы и не доверяют общественным и государственным организациям. По мнению респондентов, эти организации в настоящее время не могут повлиять на улучшение условий труда работников [8, 9].

Таким образом, следует отметить, что проблемы психофизиологических и социально-гигиенических аспектов охраны труда машинистов локомотивов как наиболее большой группы работников железнодорожного транспорта, непосредственно отвечающих за безопасность движения поездов, по-прежнему оста-

ются важнейшими.

Что же касается ремонта локомотивов, влияющего на безопасность движения поездов, то их исправность напрямую зависит от качества и величины затрат на ремонт и срока эксплуатации [10].

При анализе известных систем технического обслуживания локомотивов можно сделать вывод, что, несмотря на существенные различия, все они имеют общее свойство — кратность межремонтных наработок. Только при этом условии сводятся к минимуму суммарные финансовые затраты, что приведет к укреплению финансового благополучия предприятия и в свою очередь повлияет на снижение уровня общего риска. Поэтому внесение изменений в систему ремонтов нецелесообразно.

Предотвращение отказов подвижного состава в системе технического обслуживания и ремонта наиболее результативно достигается тогда, когда удастся выявить причины потерь работоспособности оборудования на самых ранних ее стадиях.

Так, к наиболее опасным в эксплуатации относятся изломы и разрушения элементов колесных пар. К основной причине резкого увеличения числа колес с дефектами следует отнести снижение качества изготовления колес на металлургических комбинатах [11].

Подтверждением таких выводов служат наблюдения, более 20 лет, за работой колесных пар вагонов и локомотивов в Карагандинском погрузочно-транспортном управлении.

Регулярно проводимые исследования показали, что внезапные изломы осей колесных пар происходят по следующим причинам:

- наличие в оси колесной пары дефектов металлургического происхождения;
- перегруз оси;
- недостаточное упрочнение колес.

Из года в год практически не снижается количество отцепов вагонов по недопустимому нагреву букс с цилиндрическими роликовыми подшипниками, в ряде случаев заканчивающихся изломами шейки оси в горячем состоянии, что можно констатировать как конструкторскую недоработку узла.

СВЕДЕНИЯ О СРЕДНЕЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И ТРУДОСПОСОБНОСТИ ЧЛЕНОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

Возрастная группа, лет	Общее число комиссованных	Число осмотренных	Коэффициент комиссованных	Вероятность комиссования	Число работающих	Число комиссованных от числа работающих	Вероятность остаться трудоспособным	Средняя длительность предстоящей трудоспособности, лет
МАШИНИСТЫ								
20-29	54	12706	0,0042	0,0411	1000	41	0,9589	30,460
30-39	131	16292	0,0080	0,0769	959	74	0,9231	21,548
40-49	664	33523	0,0198	0,1801	885	159	0,8200	12,932
50-54	646	22826	0,0283	0,1322	726	96	0,8678	4,669
ПОМОЩНИКИ МАШИНИСТОВ								
20-29	297	18898	0,0157	0,1456	1000	146	0,8544	26,885
30-39	113	8728	0,0129	0,1212	854	103	0,8788	20,626

40-49	219	10103	0,0217	0,1958	751	147	0,8042	12,769
50-54	202	6965	0,0290	0,1352	604	82	0,8648	4,661

Как показывает зарубежный опыт, многие из неисправностей, присущие цилиндрическим роликовым подшипникам, могут быть устранены при переходе на двухрядные конические подшипники кассетного типа. Данный тип подшипника особенно приемлем в Казахстане для вагонов нового поколения.

Наблюдаемое с 1992 г. ухудшение показателей работы колесных пар подвижного состава обусловлено суммарным влиянием нескольких факторов. Главные из них: низкое качество металла цельнокатаных колес; ухудшение технического состояния вагонов эксплуатационного парка из-за отсутствия пополнения новыми вагонами и дефицита в поставках железным дорогам цельнокатаных колес. Устранение этих недостатков повлечет за собой снижение общего уровня риска предприятия.

В ходе исследования был проведен анализ сходов с рельсов вагонов, который показал, что критерии сходов с рельсов порожних и груженых вагонов соотносятся как 11,5 к 1, то есть порожние вагоны сходят с рельсов более чем в 10 раз чаще груженых.

При подробном исследовании данной закономерности выявлено, что вероятность возникновения случаев схода с рельсов вагонов поезда, состоящего из порожних цистерн, будет в 22,7 раза выше, чем в поезде с груженными цистернами. Соотношения для порожних вагонов бункерного типа (зерно-, цемента-, минераловозов и др.) составляют 26,1 : 1, крытых вагонов 10,9 : 1, полувагонов 1,8 : 1 (рис. 3).

Таким образом, явно преобладают случаи схода порожнего подвижного состава, имеющего высокий центр тяжести, что показывает на недоработку конструкторского решения по данному вопросу.

Общий анализ сходов показывает, что 87 % в период с 1999 по 2001 гг. пришлось с апреля по октябрь и только 13% — с ноября по март, т.е. в зимних условиях вагоны сходят почти в 5 раз реже. Это объясняется тем, что осенью и зимой в месте контакта

колеса и рельс всегда имеется влажная пленка, резко снижающая коэффициент трения и препятствующая вкатыванию гребня колеса на головку рельса (рис. 4).

Очевидно, что наличие смазки на поверхности контакта рельсов также способствует более устойчивому движению и активное внедрение рельсосмазывателей является перспективным решением вопроса по снижению уровня сходов вагонов.

Как показал анализ при распределении всех сходов с рельсов вагонов по видам неисправностей железнодорожного пути, в 74 % случаях на участке перед местом аварии отступления были по уровню, в 40 % перекосы, в 30 % просадки железнодорожного пути, в 20 % — из-за нарушения рихтовки (в т.ч. внезапного выброса пути) (рис. 5).

При оценке состояния ходовых частей вагонов имелись отступления, близкие в отдельных случаях к предельным значениям. Около 5 % вагонов имеет пред- и заpredельное состояние ходовых частей, приводящее к резкому возрастанию амплитуды боковых колебаний и непосредственно угрожающее безопасности движения.

Таким образом, картина типичного схода подвижного состава с рельсов имеет следующие характерные признаки:

- сход с рельсов подвижного состава с высоким центром тяжести;
- сходы в «сухое» время года.

Имеются отдельные отступления от номинального положения рельсовой колеи, амплитуды которых незначительны по сравнению с допускаемыми значениями, а нормируемые параметры ходовой части сошедших вагонов зачастую приближаются к предельным.

Этот перечень показывает, что основными факторами, обуславливающими возможные сходы порожнего подвижного состава, являются недостатки в конструктивных решениях по отдельным типам вагонов, а также отступления в содержании пути.

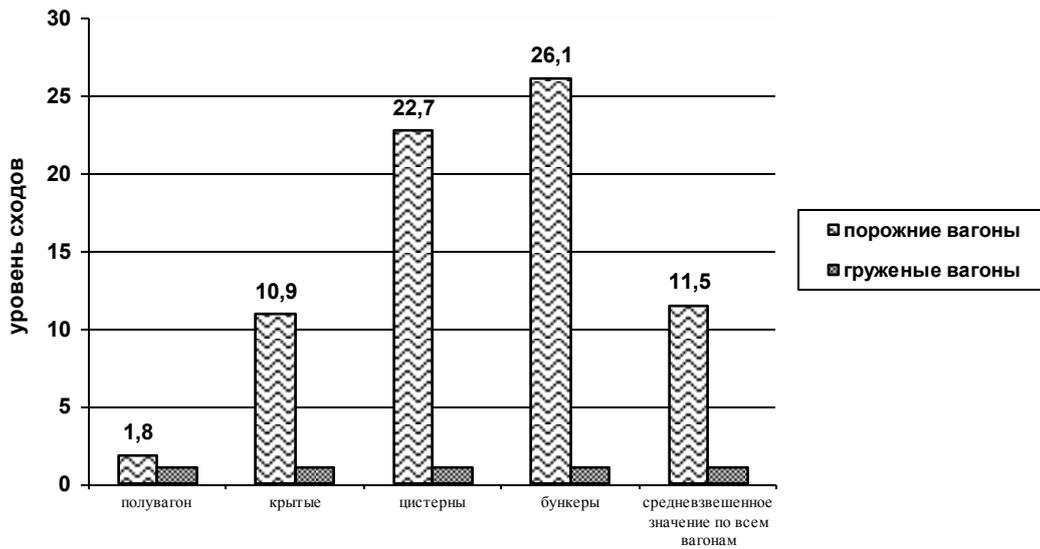


Рис. 3. Характеристика схода с рельсов вагонного парка (1999-2001 гг.)

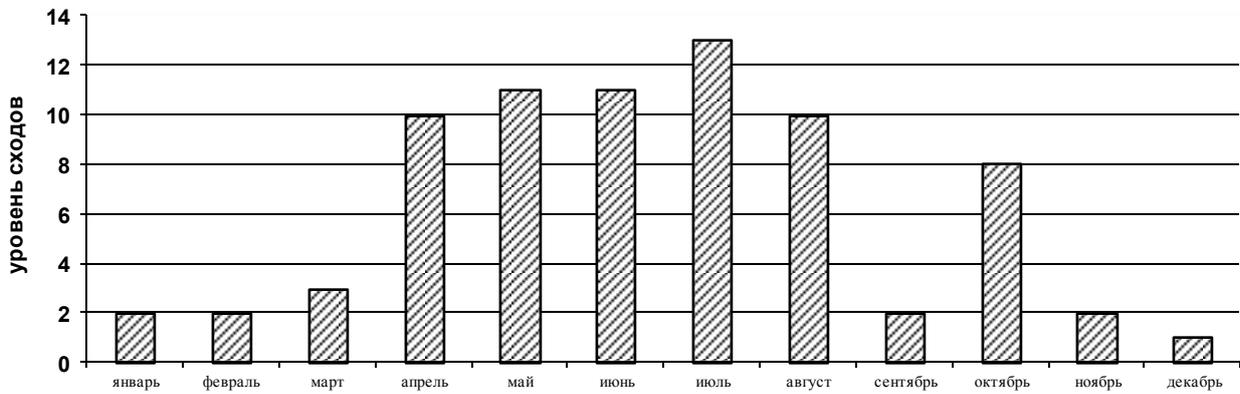


Рис. 4. Временные параметры схода вагонного парка

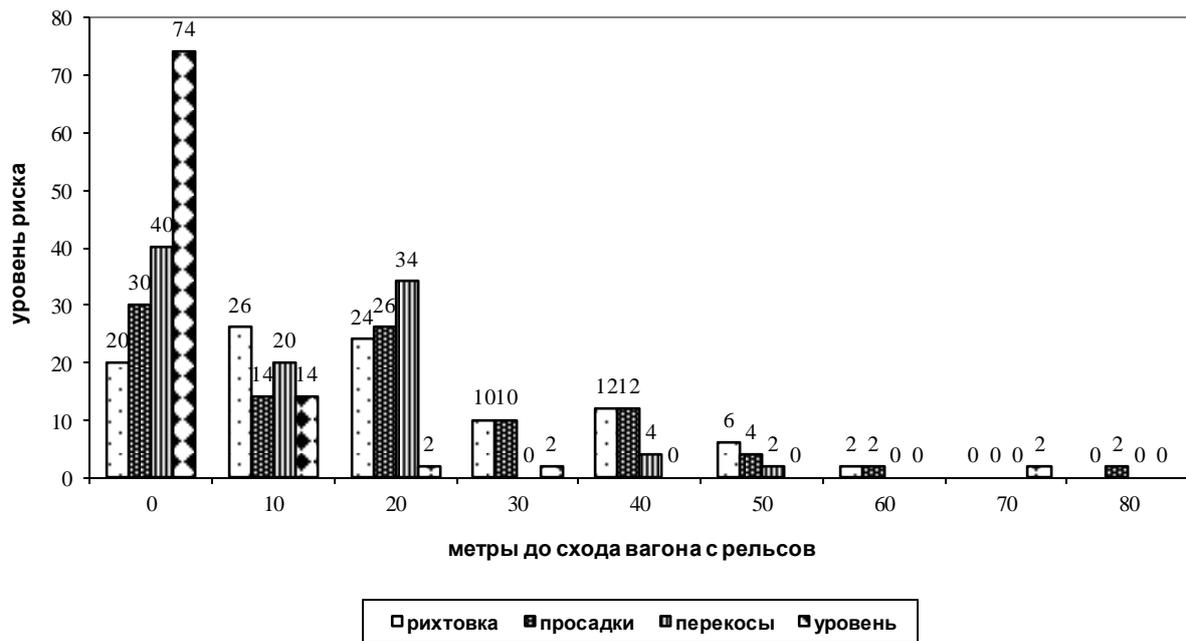


Рис. 5. Характеристика условий схода вагонного парка

В этих условиях необходимо проведение комплексных мероприятий по предотвращению сходов. Однако намеченные на 2002 г. технические мероприятия по предотвращению сходов предусматривали только модернизацию ходовых частей вагонов.

Между тем кардинального изменения к уменьшению количества случаев схода по отношению к соответствующему периоду 2000 г. не наблюдается.

Установлено, что среднее число всех случаев брака, как и случаев, связанных с определенными видами неисправностей, в период с 1995-2000 гг. несколько снижалось, однако за последние два года положение стабилизировалось о чем свидетельствует рис. 6.

Исследования показали, что хотя число всех случаев брака возрастает довольно слабо (примерно на 3% в год), это является очень тревожным симптомом, особенно для неисправностей, связанных с особыми случаями брака в работе, которые являются угрозой безопасности движения, поскольку потенциально могут перерасти в аварии или крушения поездов. Так, например, число особых случаев брака с изломом боковины или наддресорной балки тележки вагона на единицу соответствующих неисправностей за последние три года выросло в 4 раза. Если такая тенденция будет сохраняться, то к 2005 г. вероятность аварии из-за изломов боковины или наддресорной балки тележки вагона может возрасти в 2,5 раза, а за счет старения вагонного парка и увеличения объемов перевозок названная вероятность аварий может возрасти более чем в 5 раз.



Рис. 6. Динамика выбраковки вагонного парка

Аналогичные расчеты можно сделать для других видов неисправностей. В частности, вероятность аварийной ситуации, связанной с обрывом автосцепки, к 2005 г. может возрасти более чем в 3

раза, а связанной с саморасцепкой автосцепки — более чем в 2 раза.

Кроме того, проведенный анализ технической документации показал, что в настоящее время обеспечению безопасности движения на железных дорогах уделяют больше внимания, чем безопасности труда. К сожалению, такая тенденция просматривается и в правилах технической эксплуатации железных дорог Республики Казахстан. В целях создания мест, обеспечивающих безопасное нахождение людей при движении подвижного состава, необходимо предусмотреть устройство широких междупутий. Есть еще один выход из создавшегося положения: изменить схему укладки стрелочных переводов, благодаря чему широкие междупутья будут выполнять роль полевой стороны, тогда количество опасных мест сократится.

Согласно статистике [11, 12], около 70% несчастных случаев происходит на стрелочных улицах из-за того, что дальность видимости приближающейся опасности все время меняется.

Хотелось бы отметить, что на железнодорожном транспорте главное внимание до настоящего времени сосредоточено на повышении требовательности и персональной ответственности работников при выполнении своих обязанностей по обеспечению безопасности движения поездов, но не охране труда, обеспечению безопасности и улучшению уровня жизни работника. [13].

По итогам расследования случаев нарушения безопасности движения поездов за 2002 год, 40% опасных отказов технических средств, приведших к сходам подвижного состава с рельсов, были определены низкой технологической дисциплиной персонала и 30% отказов из-за недостаточного профессионального уровня.

Поэтому, важнейшим звеном повышения безопасности является рост профессиональной подготовки специалистов железнодорожного транспорта, так как это еще одно из направлений по снижению отрицательного влияния человеческого фактора на безопасность движения.

Решение затронутых вопросов, приведет к снижению риска опасных производственных объектов железнодорожного транспорта и обеспечит необходимый уровень безопасности движения и охраны труда и здоровья работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков В.М. Сравнительный анализ аварийности по видам транспорта // Железнодорожный транспорт. 2002. №3. С.17-19.
2. Красковский А.Е. Обеспечение безопасности движения поездов в условиях реформирования железных дорог. М.: Транспорт, 2002. С.27.
3. Иноземцев В.Г. Работа локомотивных бригад на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 2002. 117с.
4. Кудрин В.А. Электромагнитные поля в кабине управления тягового подвижного состава железных дорог: Отчет / ИЗМ РАН. С.-Петербург, 2001.
5. Прохоров А.А. Охрана здоровья локомотивных бригад / ВНИИЖГ. М.: Транспорт, 2001. С. 15-17.
6. Прохоров А.А. Социально-бытовое исследование членов локомотивных бригад. М.: Медицина, 1999. С. 31-36.
7. Методические указания по определению класса производственного риска в зависимости от уровня жизни. Министерство труда и социальной защиты населения Республики Казахстан. 1998.
8. Ломова Б.Ф. Основы инженерной психологии. М., 1987. 268с.

9. Пушкин В.Н. Железнодорожная психология. М.: Транспорт, 1992. 127с.
10. Горский А.В. Ремонт локомотивов. М.: Транспорт, 2001. 326с.
11. Сакулёв Т.Н. Транспортные риски на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 2001. 255с.
12. Власов А.Ф. Предупреждение производственного травматизма // Железнодорожный транспорт. 2002. №3. С. 14-15.
13. Мураков А.П. КТН Повышение безопасности и улучшение условий труда работников железнодорожного транспорта. М.: Медицина, 1999. С. 89-127.

УДК 622.807
В.С. ХАРЬКОВСКИЙ
Н.А. ДРИЖД
А.Ф. КИРСИК
Л.Х. БАЛАБАС

Закономерности пылеосаждения жидкостью в ограниченном пространстве

Орошение очагов пылеобразования жидкостью из оросителей является одним из наиболее простых, легко осуществимых и эффективных мероприятий по снижению запыленности воздуха. Сущность его заключается в том, что водяной аэрозоль, полученный при помощи форсунок, направляется на источник пылеобразования или пылевое облако. Частицы пыли, взвешенные в воздухе, сталкиваются с каплями жидкости, улавливаются ими и под действием сил тяжести и инерции оседают. Однако для смачивания и осаждения угольной пыли при орошении простого столкновения частиц недостаточно. Экспериментами установлено [1], что при орошении улавливается в основном крупная пыль. Эффект обтекания определяет невозможность соприкосновения капель с пылинками, радиус которых меньше критического [1]. Следовательно, для выбора эффективных способов орошения необходимо знание механизмов физических процессов образования и распределения капель жидкости в потоке. Это позволит выяснить необходимые параметры для орошения и приведет к получению необходимых условий взаимодействия частиц, определяемых потоком. Высокая плотность малых размеров капель, имеющих значительную скорость в зоне смешения с пылью, повышает частоту столкновений частиц. Для этих условий исследования необходимо проводить в направлении уменьшения размеров и повышения плотности капель, получаемых при распылении жидкости.

На угольных шахтах, в зависимости от вида очага пылеобразования и условий работы выемочного агрегата, необходимо применять оросители с гидравлической характеристикой, соответствующей данным условиям. Гидравлическая оценка оросителя включает в себя параметры давления и расхода жидкости, скорости движения вытекающей жидкости и потока каплеобразования, а также плотности капель в факеле орошения и их диаметр. Тонкий распыл с высокой скоростью струи получают при работе зонтичных и конусных форсунок. Эти форсунки применяются во внешних оросительных системах очистных и проходческих комбайнов, а также на пунктах погрузки горной массы. В последние годы в исследованиях этих оросителей [1, 2] наблюдается тенденция к увеличению давления жидкости на выходе до 1,5-3,0 МПа; при таком давлении скорость выхода струи из оросителя колеблется в пределах 20-30 м/с, что, по мнению авторов, изучающих данную проблему, значительно повышает эффективность

захвата тонкодисперсных частиц каплями. Все это позволяет констатировать, что при определении области эффективного взаимодействия частиц скорость вытекающей из форсунки жидкости, определяет параметры каплеобразования. Для этого случая механизм взаимодействия частиц характеризуется двумя фазами [1, 2]. Первая фаза — это «захват» каплями жидкости облака взвешенной пыли, вторая — взаимодействие частиц. На этой стадии орошения имеют место большие скорости движения капель относительно частиц пыли и, следовательно, аэродинамические условия потока жидкости вытекающей из оросителя будут определять эффективность последующего взаимодействия частиц во второй фазе.

Известно, что эффективность осаждения конгломерата зависит от радиусов капли R частицы пыли r и скорости U потока. Дальность трека частиц пыли, где происходит захват ее каплей, выражают через зависимость [2]:

$$\lambda = \frac{2}{9} \rho \cdot r^2 \frac{U}{\mu}, \quad (1)$$

где ρ — плотность жидкости;

μ — вязкость жидкости.

Если обозначить через K отношение величины дальности трека частицы к радиусу капли, получим безразмерный параметр, представляющий собой критерий улавливания

$$K = \frac{2}{9} \rho \cdot r^2 \frac{U}{\mu R}. \quad (2)$$

Экспериментальные исследования по улавливанию калиброванных частиц монодисперсным водяным потоком [2] позволяют обобщить представленный материал и сделать вывод, что при движении капель в факеле оросителя эффективность захвата увеличивается за счет больших скоростей их относительного движения, подтверждая возможность определения области пылеулавливания аэродинамическими параметрами потока жидкости. Данные о проведенных исследованиях обработаны и представлены на рисунке.

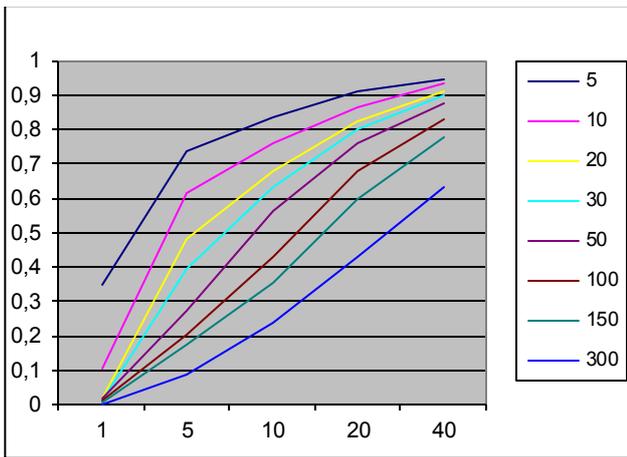


Диаграмма эффективности взаимодействия частиц

При взаимодействии распыленной жидкости с пылью в активной зоне потока вероятность их встречи определяется закономерностью [1]:

$$-dv = NS_A EU_0 dt, \quad (3)$$

где U_0 — относительная скорость движения частиц;
 S_A — эффективное сечение, $S_A = \pi(r + R)^2$;
 N — число капель жидкости;
 E — объем взаимодействия.

На основании формулы (3) относительная остаточная запыленность определяется как:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k n_i^0}, \quad (4)$$

где n_i и n_i^0 — начальная и конечная массовые концентрации пыли i -й фракции.

Вытекающая из форсунки в пространство жидкость, дробится на отдельные капли различных размеров. Оценка этого процесса ведется по условию взаимодействия потока и окружающей ее среды. Это достаточно сложный процесс, включающий оценку воздействия на каплеобразование сил как внешних, так и внутренних. Одной из определяющих сил, действующих на каплеобразование при поступлении жидкости в окружающую среду, является сила поверхностного натяжения жидкости, характеризующая ее физические особенности и выражаемая критерием Вебера.

$$W = \frac{V^2 \rho \delta}{\sigma}. \quad (5)$$

Этот параметр также позволяет характеризовать ороситель толщиной пленки (количественный показатель) и длиной ее нераспавшегося участка.

Влияние вязкости жидкости обычно учитывают с помощью критерия Рейнольдса

$$Re = \frac{V \rho \delta}{\mu}, \quad (6)$$

где δ — характерный размер анализируемых условий, толщина пленки.

Для определения свойств внутреннего трения потока пользуются критерием Вебера. Взаимосвязь между числом Рейнольдса и Вебера, учитывающим свойства жидкости устанавливает критерий Лапласа [4]

$$Lp = \frac{Re^2}{W} = \frac{\rho \sigma \delta}{\mu^2}, \quad (7)$$

где σ — поверхностное натяжение.

Данный критерий применим при составлении прогноза эффективного улавливания частиц в потоке, скорость которого известна. Это определяется тем, что свободная турбулентная струя жидкости, вытекающая из насадка в неограниченное пространство, постепенно расширяется и рассеивается в массе окружающей среды [5]. Расширение струи объясняется действием сил трения, возникающих на границе струи и окружающей среды. Образующиеся при этом вихри и связанное с ним интенсивное поперечное перемещение частиц (турбулентное перемешивание) приводит к тому, что периферийные слои струи притормаживаются, а слои окружающей жидкости приходят в движение. В результате обмена импульсов между струей и окружающей средой, скорость струи уменьшается, а масса струи, за счет возрастания ширины, увеличивается. Движение частиц, находящихся в окружающей факел среде, будет подчиняться закономерностям, оцениваемым критерием Лапласа. Изменение скорости на оси струи, определяемой как

$$V = \frac{u_0}{1 + \frac{2X}{D_0} \text{tg} \alpha}, \quad (8)$$

приводит к повышению скорости взаимодействия частиц. В анализируемых условиях используется уравнение гидродинамики, показывающее, что масса потока сохраняется:

$$\rho U_1 S_1 = \rho U_2 S_2; Q_m U_1 dt = Q_m U_2 dt. \quad (9)$$

Таким образом, предложены зависимости по определению критериальных условий взаимодействия капель жидкости и частиц пыли, основанные на проанализированном механизме их взаимодействия. Определены критерии взаимодействия пылевого потока и полидисперсных капель жидкости с последующими рекомендациями их использования при проектировании инженерных устройств для орошения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирич Б.Ф., Журавлев В.П., Рыжих Л.И. Борьба с пылевыведением в шахтах. М.: Недра, 1983. 213с.
2. Гельфанд Ф.М., Журавлев В.П., Полуев А.П., Рыжих Л.И. Новые способы борьбы с пылью в угольных шахтах. М.: Недра, 1975. С.228.
3. Кудряшов В.В., Воронина Л.Д., Шуринова М.К. и др. Смачивание пыли и контроль запыленности воздуха в шахтах. М.: Наука, 1979. 196с.: ил.
4. Дитякин Ю.Ф., Клячко Л.А., Новиков Б.В. и др. Распыливание жидкостей. М.: Машиностроение, 1977. 208с.: ил.

5. Альтшуль А.Д., Кисилев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. М.: СИ, 1965.

УДК 339.5; 504:656

С.В. ЖАРОВ
С.С. ЖАРОВА
Ж.С. НУГУЖИНОВ
А.А. ФЕСЕНКО

Экологические аспекты промышленного развития объектов нефтегазового комплекса Западного Казахстана

К началу второго тысячелетия нашей эры мировой суммарный объем производства энергоресурсов составляет свыше 20 млрд. т. у. т., причем доля нефти и газа превышает в нем 60%. Дальнейшее развитие экономики, тяжелой и легкой промышленности, транспорта, энергетики, химии, производства минеральных удобрений и строительных материалов требует еще более высоких темпов добычи и переработки жидких и газообразных углеводородов.

По уровню загрязнения окружающей среды, в силу своей специфики, добывающая отрасль занимает первое место среди других направлений экономики. При разработке нефтегазовых месторождений происходят необратимые процессы деградации почвы, недр, водных и земельных ресурсов, растительности и животного мира, бактериальной флоры и фауны. Причем, в первую очередь, страдает население прилегающих к промыслам территорий. В результате геологоразведочных изысканий, пробного и промышленного бурения скважин на нефть и газ, а также откачки минерализованных подземных вод на поверхность происходит интенсивное загрязнение почв и грунтов. Отрицательное воздействие на все природосоставляющие компоненты оказывают и выделяющиеся при разведке и разработке углеводородных пластов газообразные продукты. Загрязнение больших территорий на поверхности земли и моря обусловлено, в основном, аварийными ситуациями, возникающими при фонтанировании нефти и газа из скважин, утечках и авариях на магистральных трубопроводах. Попавшая в грунт в результате розливов и проливов нефть движется в нисходящем направлении под действием сил тяжести по вертикали, причем скорость просачивания ее в толщину земли зависит от состава и свойств нефти, количественных соотношений нефтесодержащих компонентов, воды и воздуха в образовавшейся при этом многофакторной системе, соответствующих характеристик грунтовой среды и подземных вод. Достигнув остаточного уровня насыщения грунта, составляющего 10...12%, миграция этой системы замедляется, и нефть становится неподвижной. По показателю проникновения нефтяного загрязнения в поверхностные почвы и грунты различают три уровня их деградации: глубиной до 10 см, от 10 до 25 см и более 25 см.

Установлено, что около половины всех видов загрязнения земельных площадей относится к зонам небольших потерь углеводородного сырья, в которых наблюдаются только лишь незначительные следы нефти и нефтепродуктов. Микробиологическое разложение сырой нефти происходит в почвах очень медленно. Ее наличие сильно ослабляет

сопротивляемость растительного грунта не только за счет непосредственного воздействия на микроорганизмы, но и путем изменения состояния водо-воздушного комплекса в почве.

Для снижения уровня нарушения природных условий буровыми установками используют естественные водные растворы, растворы ПАВ, глинистые растворы без нефтяных добавок, растворы с включением в них вместо нефти порошка серебристого графита и т.д.

Другими опасными источниками загрязнения окружающей среды являются пластовые воды, зачастую содержащие определенное количество нефти и газа и отличающиеся, как правило, высокой минерализацией и повышенной концентрацией сероводорода и оксидов углерода. Известно, что некоторые глубокозалегающие горизонты при бурении скважин выделяют рассолы с содержанием минеральных включений в интервале 200...600 ⁰/₀₀ и более. Попадание даже незначительного количества раствора такой высокой насыщенности в месторождение пресных вод может надолго вывести его из эксплуатации. То же самое касается загрязнения водоемов, поверхностных грунтов, почвенного слоя земли и растительности.

Много технологических схем разработано для реабилитации грунтовой среды, загрязненной нефтью и нефтепродуктами. В Сургуте создана и испытана, в частности, мобильная установка по очистке грунтов от токсичных загрязнений аналогичного состава. Ее габаритные размеры 2×2×3 м, то есть она может уместиться в обычном контейнере и быть доставлена к месту разлива нефти на автомобиле. Расход исходных материалов — 200 кг воды на 1 т очищаемого грунта. Степень очистки — 99%. Затраты электроэнергии 10 кВт/ч. Вес установки 1, 5 т, а ее производительность 1 т грунта в час. Извлекаемые из грунта нефтепродукты подлежат при этом регенерации. Используемая в качестве исходного продукта вода может быть как высокоминерализованной, так и пресной. По сравнению с известными, данная система в 10 раз дешевле, а затраты на нее эксплуатацию в 3...4 раза меньше. Установка работает с достаточно высокой эффективностью при очистке песков, супесей, суглинков и глин от нефти и мазута. Ее стоимость составляет 30 000 долларов США, а срок окупаемости — 2,5 года.

При использовании даже самых высоких технологий добычи нефти более половины ее запасов остается в недрах неизвлеченной. Одной из причин этого является малая производительность нефтеотдающего коллектора, вследствие чего

содержащийся в его тонкой и ультратонкой структуре вязкий флюид при традиционных и даже новейших методах фактически не поддается отделению. Другим недостатком является высокая вязкость нефтяных компонентов содержащего продуктивных пластов, состоящих из большого количества парафинистых веществ и других высокомолекулярных соединений, перекрывающих основные фильтрующие поровые каналы коллектора. Ухудшение показателей подвижности и извлекаемости нефти происходит также из-за низкой температуры углеводородной массы, обуславливающей рост ее плотности и вязкости. При этом практически все из перечисленных технологий интенсификации нефтедобычи являются в экологическом отношении опасными.

Наиболее широко применяемым методом повышения эффективности добычи нефти является заполнение вмещающих пластов месторождения пресной водой, сточными водами, горячей водой, паром, газовыми составами и химическими реагентами (растворами щелочей, ПАВ и полимеров). Однако отечественные и зарубежные исследования показывают, что ни одна из перечисленных технологий экологически чистой не является, а их использование приводит к необратимым нарушениям геологической среды и равновесных пропорций во всем комплексе окружающих каждое месторождение нефти природных условий. Так, в частности, ПАВ могут распространяться через поверхностные слои земли до глубины 30 м и на расстояние от источника загрязнения до 3 км. Эти вещества способны переводить в жидкое состояние компоненты твердой фазы, увлекать с собой масла, углеводороды и канцерогенные примеси. Попадая даже в относительно низких концентрациях в водные объекты, ПАВ провоцируют появление пен и эмульсий, усиление запахов и привкусов, нарушение баланса самоочищения водоемов и ухудшение санитарно-эпидемиологической ситуации района в целом.

В определенной концентрации поверхностно-активные вещества угнетающе действуют на человека, животных и растения, отравляют и уничтожают микрофлору и микрофауну. По результатам технологических экспериментов, проведенных, например, на животных в Уфимском НИИГ и ГВ, сделан вывод о том, что поверхностно-активные вещества относятся к политропным токсинам, поражающим в первую очередь паренхиматозные органы, нервную и ферментную систему, а также ухудшающим обменные процессы. Рекомендуемая предельная концентрация для воды водоемов после сброса в них сточных вод, содержащих ПАВ, составляет для неонолов, превоцела и DKS не более 0,1 мг/дм³. Местным санитарно-эпидемиологическим станциям приходится разрабатывать и внедрять сложнейшие комплексы дорогостоящих мероприятий, позволяющих хотя бы частично снизить воздействие нефтепромыслов на население (в том числе и на самих нефтяников) и окружающую среду.

В процессах добычи, подготовки и транспортировки природного газа его безвозвратные потери составляют до 10%. Они имеют место при

бурении и продувках скважин, авариях на трубопроводах, стравлении газа из емкостей технологической цепи аппаратов, его выделении через факелы и свечи, а также в результате недостаточной герметичности соединений трубопроводного оборудования. В этой связи в приземный слой атмосферы поступают углеводороды, оксиды углерода, азота, серы, бензапирен и другие загрязняющие компоненты. На многих месторождениях в качестве ингибитора гидратообразования используется ментол, а для осушки газа — диэтиленгликоль (ДЭГ). Из всего выделяющегося на газопромыслах в воздушную среду объема токсичных веществ к классу чрезвычайно опасных относится бензапирен, меркетаны и ДЭГ, к классу высокоопасных — метанол, а малоопасных — все углеводороды, оксид и диоксид углерода. На компрессорных станциях, помимо углеводородов, в воздух вместе с дымовыми газами выбрасываются оксиды углерода и азота.

Практически все освоенные районы газопромыслов отличаются разрушением структуры плодородного слоя земли, перемешиванием верхних горизонтов, снижением плодородия и ухудшением агрохимических свойств почв. Повсеместно из-за недостаточности рекультивационных работ наблюдается непрерывный рост площадей, выводимых из сельскохозяйственного оборота.

Считается, что сооружение трансконтинентальных трубопроводных трасс большого диаметра и протяженности является наиболее экономичным средством транспортирования нефтегазовых энергоносителей. В странах СНГ трубопроводный транспорт газа играет преваляющую роль, а на долю жидких углеводородов (нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов), перекачиваемых магистральными трубопроводами, приходится всего около 10%. Почти 75% жидких энергоносителей перевозится железной дорогой.

Традиционными профилактическими мерами, направленными на снижение потерь больших количеств таких видов энергоносителей, является обнаружение розливов, их изолирование и нейтрализация. В последнее время применяют динамические и статические меры контроля за утечками нефти и газа. Особую опасность для окружающей среды представляют аварийные проливы нефти и нефтепродуктов при переходе магистральных трубопроводов через водные преграды, железнодорожные и автомобильные магистрали. При этом применяются самые жесткие меры предосторожности, в том числе метод «труба в трубе», с заполнением межстенного пространства трубопроводного участка утяжеляющим песчано-цементным балластом. В то же время оснащение ремонтных бригад средствами быстрой локализации аварий во многих случаях ненадежно, устарело или вообще отсутствует. В частности, институтом НИИСПТ нефти разработана система УВПГ-1, проводящая временное перекрытие аварийного участка трубопровода герметизирующими заглушками из жесткого пенополиуретана. Эта самоходная высокоомобильная механизированная

установка позволяет обеспечить надежную герметизацию труб диаметром до 530 мм.

Важнейшее значение в экологизации всех объектов нефтегазовых промыслов, комплексов переработки и транспорта добываемых энергоносителей имеют стадии разработки ТЭО, предпроектных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. В настоящее время чрезвычайно возросла роль государственной и общественной экологической экспертизы, а также аудита действующих предприятий.

В отношении дальнейшего развития Западно-Казахстанского нефтегазового суперкомплекса необходимо отметить, что между нашей республикой и американской транскорпорацией «Тексако-Шеврон» заключено соглашение по совместному освоению Тенгизского месторождения, входящего по своим запасам в первую десятку крупнейших нефтяных месторождений мира. С 1993г. семь энергетических гигантов мирового уровня («Мобил», «Шелл», «Тоталь», «Аджип», «Статойл», «Бритиш гэз» и «Бритиш-петролиум») начали геофизические изыскания на огромном участке Северо-Каспийского континентального шельфа, относящегося к Казахстану. Открытые при этом запасы крупномасштабных месторождений нефти в Северном Каспии оцениваются как несколько «Тенгизов», что еще больше усилило внимание международных компаний к природным ресурсам жидких углеводородов нашей страны, особенно со стороны «Эксон Мобил», играющей одну из первых ролей в консорциуме «Юкиюк». Однако, хотя нефти в республике в избытке, казахстанские перерабатывающие заводы не в состоянии удовлетворить даже внутренний спрос. В настоящее время западными фирмами инвестируется строительство нового нефтеперерабатывающего завода мощностью 400 тыс. т/год в районе Карачаганана, реконструкция двух действующих заводов, а также увеличение добычи нефти в Актобе до 4,5...5 млн. т ежегодно. Казахстанский газ же сегодня поступает только в Россию, а нефтеперерабатывающие предприятия, расположенные в Восточном Казахстане, работают пока еще на сибирской нефти. Продолжается разработка и реализация проектов транспортирования казахстанских жидких и газообразных энергетических ресурсов по трансконтинентальным трубопроводам и танкерами в другие страны мира.

По данным международного энергетического агентства «УЕ 96», полные геологические и возместимые территориальные запасы жидких углеводородов нефти в Республике Казахстан по состоянию на 01.01.2002 г., за исключением Тенгизского месторождения, доходят до 48,2 млрд. и 18,9 млрд. баррелей нефти (1 нефтяной баррель равен 158,998 дм³). Возобновляемые нефтяные запасы республики при этом составляют в общей совокупности около 27,9 млрд. баррелей. В то же время приведенные статистические сведения являются несколько условными, так как более точная оценка

располагаемых запасов по ряду разрабатываемых и разведываемых месторождений является коммерческой тайной.

Специалисты фирмы «УЕ 96» считают, что сегодня в Казахстане открыто 153 месторождения нефти и газа. В том числе 80 нефтяных комплексов, 24 — природного газа и нефти, 21 конденсатное месторождение нефти, 5 месторождений газового конденсата и 19 газовых залежей. В общем итоге континентальные месторождения государства составляют почти 2,7% от объема мировых запасов нефти или 10% от общего количества возместимых ресурсов нефти Саудовской Аравии. Однако при этом не учитывается полный потенциал оффшорных месторождений, разведанных в казахстанской части Каспийского моря. Таким образом, перед геологоразведчиками, проектировщиками, строителями и эксплуатационниками открываются широкие перспективы дальнейшего развития нефтегазодобывающей и перерабатывающей промышленности, а перед экологами ставятся задачи организации эффективного мониторинга всех объектов этих отраслей и обеспечения жесткого контроля за уровнем их влияния на состояние окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды». Алматы: ЮРИСТ, 2001. 18с.
2. Недрa и природные ресурсы: Сборник законодательных актов. Алматы: ЮРИСТ, 2002. 147с.
3. Закон Республики Казахстан «О градостроительной, архитектурной и строительной деятельности в Республике Казахстан». Алматы: ЮРИСТ, 2001. 35с.
4. Долгосрочная стратегия до 2030: Экология и природные ресурсы — 2030. Кокшетау: МПРиООС РК, 2001. 22с.
5. Жаров С.В., Унайбаев Б.Ж., Исенова Ж.Ж. Строительная экология. Караганда: КарГТУ, 2002. 116с.

Раздел 8

Экономика

УДК 311.5.001.5

Г.К. КОШЕБАЕВА
Н.С. БОБРОВА

Анализ и перспективы развития регионального рынка труда на примере Карагандинской области

С переходом к рыночной экономике рынок труда претерпел глубокие структурные изменения. Процессы разгосударствления и приватизации способствовали появлению новой тенденции в структуре занятости, обусловили рост интенсивности движения рабочей силы между предприятиями, отраслями и видами трудовой деятельности. Стало проявляться усиление дисбаланса спроса и предложения рабочей силы. Неполная занятость, скрытая безработица, стихийный характер рыночных отношений в социально-трудовой сфере оказали негативное влияние на рынок труда.

Обретение предприятиями и организациями права сокращать излишнюю рабочую силу и широкое распространение занятости привели к уменьшению гарантий сохранения рабочего места.

Переход к рыночной экономике привел к сокращению государственного сектора и вызвал рост частного предпринимательства. Значительную роль стали играть отдельные категории экономически активного населения, получающих свой доход от неформальных видов деятельности и самостоятельно обеспечивающих себя работой. В современном обществе появилась возможность неограниченного совместительства, работы на дому, создания, поиска дополнительных источников дохода.

Основными причинами увеличения самостоятельно занятого населения являются: высокий уровень скрытой безработицы, низкий доход населения в государственном секторе экономики.

Структурная перестройка экономики Карагандинской области привела к высвобождению

работников из материальной и нематериальной сфер и появлению явной безработицы. Скрытая безработица увеличивается за счет лиц, самостоятельно ищущих работу, находящихся в частично оплачиваемых или полностью неоплачиваемых отпусках, работающих не по своему желанию неполный рабочий день или неделю и т.д. Следует отметить, что если в начале переходного периода наблюдалась скрытая безработица, то сейчас — скрытая занятость. Это приводит к искажению информации о субъектах рынка труда. Хотя уровень занятости в теневом секторе сложно определить количественно, существуют явные свидетельства его роста.

Несмотря на существующую безработицу вследствие действия объективных факторов, а также недостаточной гибкости формирующегося рынка труда потребности в рабочей силе отдельных предприятий за счет местных трудовых ресурсов полностью не удовлетворяются.

В настоящее время существует спрос главным образом на кадры рабочих специальностей. В конце декабря 2001 года около 80% заявленной предприятиями и организациями в службе занятости потребности в работниках составляли рабочие. При этом они требовались предприятиям как производственной, так и непромышленной сферы. Налицо — несоответствие между потребностью населения в трудоустройстве и потребностью в кадрах по регионам и по области в целом. Оно касается профессионального состава, запросов и притязаний работников и характера предлагаемой работы. Такая диспропорция, проявляющаяся во всех отраслях

хозяйства, существует давно. Это свидетельствует о том, что проблема свободных рабочих мест реальна и весьма болезненно сказывается на работе предприятий. Следует отметить такие факты, отталкивающие работников от свободных рабочих мест, как низкий уровень заработной платы и несвоевременная ее выплата, неудовлетворительные (практически на всех крупнейших предприятиях республики) условия труда, а также отсутствие льгот и поощрений.

Характеризуя движение рабочей силы в целом по области, необходимо сказать, что в 2001 году на предприятия и организации области принято 86,1 тыс. человек, или 27,4% списочной численности работающих. По сравнению с 2000 годом численность принятых на предприятия увеличилась на 13,0%. Выбытие за этот период составило 82,4 тыс. человек, или 26,3% списочной численности. По сравнению с 2000 годом общее число выбывших уменьшилось на 9,1% [1].

Улучшилось соотношение между выбывшими и принятыми работниками, характеризующее емкость рынка труда и возможности трудоустройства.

В 2000 году численность принятых превысила численность выбывших на 4,5%, или на 3,7 тыс. человек, в то время как в 1999 году выбытие компенсировалось приемом новых работников на 84%, в 1998 году — на 70%, а в 1997 году — на 59,1%.

Преобладание процессов приема работников над выбывшими отмечалось: в промышленности — на 6,5%, в строительстве — на 8,4%, в сфере операций с недвижимым имуществом — на 17,2%, в образовании — на 22,8%, в здравоохранении — на 2,7%, в сфере услуг — на 4,3%. Вместе с тем, в сельском хозяйстве выбытие компенсировалось приемом новых

работников на 85,0%, рыболовстве и рыбоводстве — на 26,2%, в сфере торговли, ремонта автомобилей и изделий домашнего пользования — на 83,7%, гостиницах и ресторанах — на 34,1%, на транспорте и связи — на 10,7%.

Основной причиной выбытия остается текучесть кадров. В 2000 году уволено 56,2 тыс. человек, что составляет 68,1% уволенных против 56,7% в 1999 году. Наибольший удельный вес увольнений приходится на промышленность — 45,1%, при этом в обрабатывающей промышленности — 66,6%; в образовании — 10,5%, строительстве — 9,0% [1]. В табл. 1 нами представлено движение рабочей силы в Карагандинской области.

В 2000 году отмечалось уменьшение процессов высвобождения и сокращения штатов на предприятиях области. Так, в целом за истекший год в связи с высвобождением уволено 9,5 тыс. человек, что на 69,9% меньше, чем в 1999 году. Удельный вес уволенных в связи с высвобождением в общей численности выбывших уменьшился с 33,6% в 1999 году до 11,5% в 2000 году [1].

Наибольшее высвобождение отмечалось в промышленности — 25,0% от общего числа уволенных по этой причине, сельском хозяйстве — 19,2%, государственном управлении, строительстве — на 11,2%.

Пропорции перераспределения занятости изменились в пользу тех отраслей, деловая активность в которых возросла в связи с рыночными преобразованиями: торговли и общественного питания, материально-технического снабжения и торгового посредничества, кредитования финансов и страхования.

Таблица 1

ДВИЖЕНИЕ РАБОЧЕЙ СИЛЫ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЗА 1999-2000 ГОДЫ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Вид экономической деятельности	1999 г. тыс. чел.	2000 г. тыс. чел.	2000 г. к 1999 г.	
			(+) увеличение (-) уменьшение	в %
Всего по области	314981	313761	-1220	99.6
Сельское хозяйство, охота и лесоводство	9893	9527	-366	96.3
Рыболовство, рыбоводство	88	56	-32	63.6
Промышленность — всего	152303	149657	-2646	98.3
в том числе:				
горно-добывающая	14714	16572	1858	112.7
обрабатывающая	120469	116336	-4133	96.6
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	17120	16749	-371	97.8
Строительство	11619	10788	-831	92.8
Торговля, ремонт автомобилей, изделий домашнего пользования	4570	4639	69	101.5
Гостиницы и рестораны	2690	1893	-797	70.4
Транспорт и связь	22179	21721	-458	97.9
Финансовая деятельность	4108	4436	328	108.0
Операции с недвижимым имуществом, аренда и услуги предприятиям	9621	9158	-463	95.2
Государственное управление	19727	20730	1003	105.1
Образование	45439	47446	2007	104.4

Здравоохранение и социальные услуги	25257	25373	116	100.5
Прочие коммунальные, персональные и социальные услуги	7487	8337	850	111.4

Кризис горно-добывающей и обрабатывающей промышленности существенно подорвал гегемонию индустриальной занятости. Вместе с сокращением работников на производстве при явном недостатке инвестиций стареет и изнашивается материально-техническая база, снижаются сложность технологических операций и уровень квалификации работников, главным образом, в связи с общей деградацией индустриальных систем и комплексов. В результате происходит консервация низкопроизводительного труда. Упадок производительности и хроническая недогрузка мощностей предприятий приводит к скрытой безработице на предприятиях. Более того, растущие из года в год масштабы потерь рабочего времени из-за простоев и остановок производства, обусловленные тяжелым финансовым положением предприятия и хроническими задолженностями по заработной плате, свидетельствуют об экономической бесполезности формальной занятости на производстве в ущерб эффективности труда.

В настоящее время в связи с реструктуризацией экономики и другими вышеперечисленными причинами традиционная текучесть кадров на предприятиях, в организациях и учреждениях все чаще превращается в добровольную незанятость и субъективную безработицу, связанную с проблемой выбора новой альтернативы. Она приобретает вынужденную форму из-за несоответствия спроса и предложения на рынках труда, существующих ограничений трудовой мобильности и миграции работников. Именно поэтому временная незанятость и безработица реабилитированы по закону, а поиск оплачиваемой работы теперь рассматривается как элемент экономической активности населения.

В числе наиболее уязвимых с точки зрения перспектив трудоустройства по специальности оказались лица, ранее занятые преимущественно умственным трудом, служащие среднего звена управления, инженерно-технические и научные сотрудники НИИ и КБ, представители редких профессий и специальностей бюджетной сферы. Они составили резерв невостребованной на трудовых рынках высококвалифицированной рабочей силы.

Узкоспециализированные работники научно-производственных комплексов «развитого социализма» занялись малым бизнесом, торговлей и торговым посредничеством, бытовым обслуживанием. За счет них в немалой степени заполнилась сфера приложения новаторского труда, получила развитие зона инновационной, как правило, рискованной предпринимательской деятельности. Но даже обретая познания в бизнесе, многие из них утратили возможность использовать свой профессионально-образовательный потенциал. Очень часто содержание труда на новом месте сопровождается понижением занимаемой должности, а переориентация занятий — потерями в зарплате.

Анализ ситуации в сфере занятости в Карагандинском регионе показывает, что способность реально складывающегося рынка труда к саморегулированию незначительна. На современном этапе необходимое равновесие на рынке труда как элемент эффективной занятости должно достигаться путем сохранения имеющихся рабочих мест, что предполагает их качественное развитие. В 2001 году тенденции развития рынка труда кардинально не изменились, хотя и наметились позитивные изменения в социально-экономической сфере. Одной из важнейших проблем, влияющей на все сферы функционирования государства, является наличие формального и неформального рынка труда. Формальный сектор характеризуется тем, что люди в нем получают доходы, не скрывая их от налоговых органов. В неформальном же рынке труда о размерах доходов можно только догадываться. Данная ситуация осложняет определение реального количества безработного населения, его половозрастной состав и потенциал. Владение реальной картиной на рынке труда служит основой при разработке мероприятий по регулированию рынка труда на перспективу, определении нагрузки на органы службы занятости и оценке масштабов необходимой материальной поддержки безработных граждан. Относительно новыми явлениями стали заметные ухудшения между спросом и предложением на официально регистрируемом рынке труда страны, стабилизация численности работников, занятых неполное рабочее время или же находящихся в административных отпусках, а также замедление снижения количества занятых в экономике по сравнению с 2000 годом (табл. 2).

Отмена пособия по безработице и введение только материальной помощи особо нуждающимся безработным немедленно сказались на количестве зарегистрированных в службе занятости. Колебания в сторону снижения официального уровня безработицы по некоторым регионам в данный период еще не говорят о благополучии с трудоустройством, скорее всего, это связано с тем, что уровень формируется только на основе официально зарегистрированных в службе занятости. Основным фактором снижения уровня официальной безработицы является выполнение областных программ, содержащих конкретные задания и повышающих возможности трудоустройства. Регионы области сильно различаются по уровню официальной безработицы. Так, значительно выше среднеобластного показателя уровень безработицы в городах Каражале — 10,9%, Сарани — 7,2%, сельских районах: Каркаралинском — 9,0%, Актогайском — 5,6%. Анализ показывает, что уровень безработицы продолжает находиться под воздействием многочисленных процессов реструктуризации, ликвидации предприятий, а также в прямой и непосредственной зависимости от динамики объемов производства.

Политика рынка труда не создает рабочие места, но она призвана обеспечить на рынке труда равновесие спроса и предложения рабочей силы. Снизилась конкуренция за свободные рабочие места. Если в начале 2000 года на одну вакансию в среднем по области приходилось 11,5 зарегистрированных

безработных, то в конце года — уже 5,5 т.е. на 50% меньше. Это явилось одним из следствий улучшения социально-экономической политики и финансовой стабилизации, проводившейся в 2000 году. В 2000 году произошло снижение напряженности на рынке труда области.

Таблица 2

ДИНАМИКА СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ОФИЦИАЛЬНОЙ БЕЗРАБОТИЦЫ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ, %

Город, район	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
г.Караганда	6,5	6,8	6,0	5,0	4,5	3,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,9	1,7
г.Балхаш	2,2	2,7	3,0	3,2	3,4	3,3	3,5	3,1	3,1	3,2	3,1	2,7
г.Жезказган	3,0	3,7	4,2	4,3	4,0	2,8	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3	2,0
г.Каражал	9,9	10,1	9,7	11,0	9,8	10,4	10,4	9,7	9,1	9,2	10,3	10,9
г.Приозерск	2,9	2,8	2,9	3,2	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	1,3	1,5	0,9
г.Сарань	10,9	12,8	13,9	16,4	14,1	14,4	14,3	14,1	11,7	10,5	10,3	7,2
г.Темиртау	4,7	4,9	4,4	5,4	4,4	3,7	3,8	3,9	3,1	2,8	2,7	2,6
г.Шахтинск	6,9	7,4	8,0	11,1	9,1	8,3	8,2	7,6	7,3	6,1	4,7	3,4
Абайский	4,7	5,4	5,6	5,8	5,6	5,6	5,6	5,7	4,7	4,6	4,1	3,2
Актогайский	10,5	11,2	8,3	9,5	8,5	7,1	7,5	7,3	6,1	6,0	6,1	5,6
Бухаржырауский	4,7	5,2	5,4	5,2	4,5	4,1	4,0	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0
Жанааркинский	6,9	7,4	6,2	6,8	5,6	5,6	5,8	5,2	4,9	4,9	3,9	3,8
Каркаралинский	9,2	9,8	10,4	15,0	13,0	12,7	11,6	11,4	10,8	10,5	9,8	9,0
Нуринский	5,9	6,9	6,0	6,6	5,1	4,6	4,4	3,6	3,0	3,1	3,0	2,6
Осакаровский	5,2	6,2	6,4	7,5	6,8	6,9	6,9	6,7	6,3	5,0	3,9	3,0
Улытауский	2,3	4,9	5,6	6,2	5,9	5,7	6,5	3,0	2,9	2,9	2,2	2,0
Шетский	4,8	4,6	4,3	4,3	4,2	4,1	4,2	4,2	3,9	3,7	3,5	3,2
По области	5,7	6,2	6,0	6,2	5,5	4,8	4,7	4,4	3,9	3,6	3,4	3,0

Анализ продолжительности безработицы в Карагандинской области (табл. 3) показывает, что в 1996-1997 годах человек находился без работы от 1 до 3 месяцев, а с 1998 года наибольший удельный вес имела группа со сроком от 3 до 6 месяцев. Удлинение срока безработицы является опасным процессом, говорит о склонности безработицы принимать застойную форму.

Характерной чертой безработицы в Карагандинской области становится склонность к застойной форме: средняя продолжительность официальной безработицы приближается к 6 месяцам. Безработица влечет за собой не только экономические, но и социальные, психологические последствия: разрушает ориентацию на труд как средство обеспечения материального благополучия, снижает возможности профессионального роста, неминуемо происходит потеря трудовых навыков и квалификации (табл. 3).

Особенности занятости и функционирования рынка труда в промышленном регионе обусловлены спецификой формирования экономически активного населения, сложившимся уровнем и структурой занятости, инвестиционной активностью и привлекательностью территории, характером поддержки предприятий органами власти и управления. Эта поддержка должна носить

выборочный характер и определяться приоритетами структурной перестройки экономики, обеспечиваемыми средствами из соответствующих бюджетов. Меры по преодолению временных финансовых затруднений предприятий должны стать стержнем региональных программ с целью сохранения или увеличения рабочих мест на том или ином предприятии, особенно если оно является градообразующим.

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ БЕЗРАБОТНЫХ ПО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БЕЗРАБОТИЦЫ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 1996-2000 ГОДЫ, %

Срок	Доля группы в общем количестве безработных*, %				
	1996	1997	1998	1999	2000
До 1 месяца	16,34	14,8	3,7	5,9	11,2
От 1 до 3 месяцев	30,56	35,96	20,99	21,56	24,6
От 3 до 6 месяцев	29,31	28,69	43,68	21,48	17,1
От 6 до 9 месяцев	16,7	14,55	13,49	23,55	10,6
От 9 до 12 месяцев	6,77	4,25	6,94	11,45	16,0
Более 12 месяцев	0,32	1,76	11,2	16,06	20,5
Средняя продолжительность	3,37	3,24	6,0	7,4	6,5

безработицы, месяцев					
----------------------	--	--	--	--	--

* Рассчитано по статистическому сборнику «Социально-экономическое положение Карагандинской области 1999-2000г.»

Сегодня становятся актуальными вопросы эффективности всей системы государственной службы занятости и необходимость оценки ее деятельности.

Важнейшим элементом формирующейся рыночной экономики должно стать управление занятостью, которое состоит в органическом сочетании механизмов саморегуляции и государственного регулирования, обеспечивающем условия для развития трудовых ресурсов и экономической активности. Целесообразно, чтобы в разработке и внедрении системы регулирования занятости, кроме министерств труда и социальной защиты населения, финансов и экономики, взаимодействовали на всех уровнях управления и другие «причастные» органы исполнительной власти: Министерство образования и науки, государственная миграционная служба, Госкомитет по поддержке и развитию малого предпринимательства и др. Подобное взаимодействие может быть обеспечено путем образования Межведомственной комиссии при Правительстве Республики Казахстан по вопросам разработки и реализации государственной политики

занятости. Аналогичные межведомственные комиссии целесообразно создать и на региональных уровнях при органах исполнительной власти. Такое представительство позволит координировать усилия разных ведомств по решению социально-экономических задач, объединяя их ограниченные финансовые ресурсы.

Формирование и эффективное функционирование системы регулирования занятости и безработицы объективно требует наличия адекватной информационной базы. Для мониторинга движения рабочей силы и рабочих мест необходимо проведение статистических группировок предприятий с различной формой собственности. Заказчиком таких разработок могла бы выступить государственная служба занятости.

С целью проведения единой государственной политики в области занятости населения, улучшения координации действий уполномоченных органов по вопросам занятости на региональном уровне, оперативного обслуживания безработных граждан в Республике Казахстан необходимо создать единую Государственную службу занятости вертикального подчинения. Создание службы соответствует Конвенции МОТ №88 «Об организации службы занятости», ратифицированной Казахстаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Формирование модели социально-ориентированной экономики в Казахстане (региональный аспект) / Под ред. С.Н. Алпысбаевой. Караганда: ПК «Алем», 2001. 219с.

УДК 339.27

А.П. ИЩЕНКО
О.В. ГАЛИНСКАЯ

Прогнозирование темпов изменения объема производства предприятий

Рынок, как всякая система, всегда стремится к одному из возможных равновесных состояний, достигаемому компромиссом в виде «рыночной цены», которую называют «ценой равновесия», поскольку она находится на том уровне, когда производитель, формирующий предложение, согласен продать, а потребитель, формирующий спрос, уже согласен купить [1]. Понимание сущности равновесной цены позволяет рассматривать все иные (неравновесные) цены как аномальные, включающие в действие механизм саморегулирования рынка, основанного на изменении потребления или предложения товаров в соответствии с его выгодностью (полезностью). При этом всегда какие-то предприятия будут иметь издержки ниже равновесной цены, а какие-то выше. Прибыльные предприятия будут расширять производство за счет прибыли, а теряющие убытки — в таком состоянии долго существовать не смогут. Поэтому в целях государственного регулирования экономики интерес представляет краткосрочный прогноз совокупного предложения при неблагоприятном ходе событий и потенциальные возможности его роста при достигнутом уровне развития производительных сил.

Это предопределяет, в контексте развития вопросов прогнозирования равновесного состояния рынка [2], разработку методики определения изменения объемов производства во времени в зависимости от эффективности деятельности предприятия на рынке, оцениваемой убыточностью или прибыльностью.

Одним из доступных инструментов для оперативного реагирования на изменения рыночной ситуации являются оборотные средства.

Эта предпосылка положена в основу методики пессимистического прогноза изменения объемов производства предприятий в зависимости от их положения на рынке, цель которого — определение неблагоприятного сценария развития событий при пассивности производственной сферы.

Данный прогноз может быть построен при следующих допущениях: объем произведенной продукции равен объему реализованной продукции, что предполагает востребованность продукции на рынке; предприятия находятся в роли «прайстейкеров»; объем производства определяется только объемом оборотных средств; основные средства предприятий неизменны; убыточные предприятия платят по своим долгам за счет оборотных средств;

прибыльные предприятия увеличивают оборотные средства за счет прибыли; коэффициент оборачиваемости оборотных средств постоянен.

Допущение о постоянстве коэффициента оборачиваемости оборотных средств предполагает использование следующего соотношения:

$$\frac{D\ddot{I}_1}{Q_1} = \frac{D\ddot{I}_2}{Q_2} = \dots = \frac{D\ddot{I}_n}{Q_n} = \hat{E}_{i\dot{a}}, \quad (1)$$

где $D\ddot{I}_1, D\ddot{I}_2, \dots, D\ddot{I}_n$ — соответственно, возможный годовой объём реализованной продукции при n -м количестве оборотных средств в n -м расчетном периоде;

Q_1, Q_2, \dots, Q_n — возможное количество оборотных средств, участвующих в процессе производства в 1, 2, ..., n -м расчетном периоде.

Исходя из этого, возможный годовой объём продукции предприятия в перспективном периоде может быть определен по формуле:

$$D\ddot{I}_n = \frac{D\ddot{I}_{n-1} Q_n}{Q_{n-1}}. \quad (2)$$

Если предприятие убыточно, то средняя величина убытка за один оборот оборотных средств определится по формуле:

$$\dot{O}_n = \frac{\tilde{N}_n^{\dot{a}\dot{a}} - D\ddot{I}_n}{\hat{E}_{i\dot{a}}}, \quad (3)$$

где C_n^{zod} — годовые издержки на производство продукции;

$K_{об}$ — коэффициент оборачиваемости оборотных средств.

Тогда, с учетом (1), среднюю величину убытка предприятия за один оборот оборотных средств можно представить в виде:

$$\dot{O}_n = C_n Q_n - Q_n = Q_n C_n - 1, \quad (4)$$

где C_n — удельный вес издержек в цене реализованной продукции.

При представлении годовых издержек на производство продукции в виде

$$\tilde{N}_i^{\dot{a}\dot{a}} = \sum_{i=1}^i S_i + \sum_{i=1}^i S_{\dot{a}i} + \dot{A}_{i\dot{e}}, \quad (5)$$

где $\sum_{i=1}^n S_i$ — годовые переменные издержки на материалы;

$\sum_{i=1}^n S_{\dot{a}i}$ — годовые переменные издержки на заработную плату основных рабочих;

A_{nu} — условно-постоянные издержки, удельный вес издержек в цене реализованной продукции составит:

$$\tilde{N}_n = S_i + S_{\dot{a}i} + \frac{\dot{A}_{i\dot{e}}}{D\ddot{I}_n}, \quad (6)$$

где S_m, S_{zn} — удельный вес переменных издержек на материалы и заработную плату основных рабочих.

С учетом сделанных допущений о постоянстве коэффициента оборачиваемости оборотных средств (2), погашении долгов предприятия за счет оборотных средств и реализации всей продукции, возможный объём реализованной продукции убыточного предприятия при имеющихся в n -м обороте оборотных средствах в пересчете на год составит:

$$D\ddot{I}_n = \frac{D\ddot{I}_{n-1} Q_n}{Q_{n-1}} = \frac{D\ddot{I}_{n-1} Q_{n-1} - \dot{O}_{n-1}}{Q_{n-1}} = D\ddot{I}_{n-1} 2 - C_{n-1}. \quad (7)$$

Поскольку величина оборотных средств с каждым оборотом изменяется, средний годовой объём реализованной продукции определится по формуле:

$$D\ddot{I}_i^{\dot{a}\dot{a}} = \frac{\sum D\ddot{I}_i}{\hat{E}_{i\dot{a}}}. \quad (8)$$

Совокупность формул (6), (7), (8) позволяет прогнозировать и наглядно представить динамику изменения объемов производства во времени. Графическая иллюстрация результатов использования предложенной методики представлена на рис. 1. При этом начальный объём реализованной продукции принят равным 1, а первоначальная структура удельных издержек для примера принята следующей: удельный вес издержек на материалы — 0,35, удельный вес издержек на заработную плату основных рабочих — 0,4, удельный вес условно-постоянных издержек — 0,3. Количество оборотов за год принято равным 3.

Представленная графическая зависимость отражает прогноз динамики производства убыточного предприятия, что позволяет установить изменение объема производства по годам, запас времени для реализации нововведений, момент прекращения деятельности.

В связи с этим представляет интерес решение вопроса о величине инвестиционной или кредитной поддержки производства убыточного предприятия с целью прогноза выигрыша во времени для его реструктуризации.

Целесообразно рассмотреть два основных варианта исчисления объема используемых заемных средств: в долях от размера убытка в каждом обороте (объём заемных средств постоянно изменяется) или в долях от первоначального объема оборотных средств (объём заемных средств постоянен), комбинацией которых, при необходимости, могут быть получены все возможные варианты.

При направлении заемных денежных средств на изменение общего объёма оборотных средств в каждом обороте, выраженных в долях от размера убытка за предыдущий оборот, возможный объём реализованной продукции убыточного предприятия при формируемых в n -м обороте оборотных средствах в пересчете на год может быть определен по формуле:

$$D\ddot{I}_n = \frac{D\ddot{I}_{n-1} Q_{n-1} - \dot{O}_{n-1} + \Delta \cdot \dot{O}_{n-1}}{Q_{n-1}} = D\ddot{I}_{n-1} 2 - C_{n-1} + \Delta \cdot C_{n-1} - \Delta, \quad (9)$$

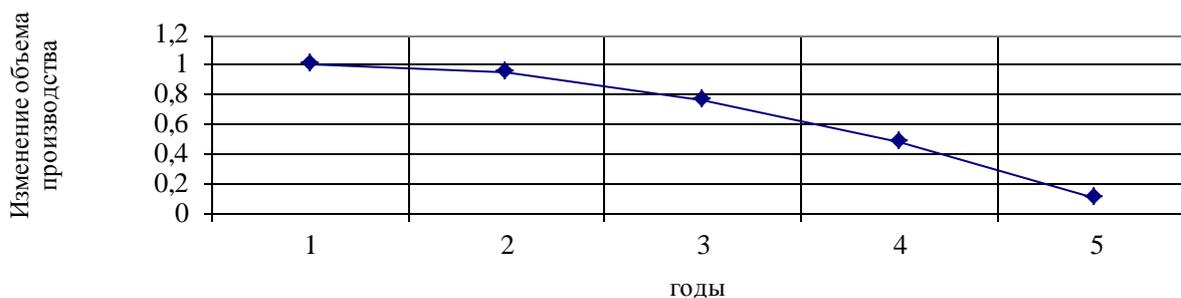


Рис. 1. Динамика изменения объема производства убыточного предприятия при погашении убытков за счёт оборотных средств

где ΔV_{n-1} — величина заемных денежных средств, выраженная в долях от убытка;

Δ — доля заемных средств от величины убытка.

При фиксировании объема заемных средств убыточного предприятия в каждом обороте возможный объем реализованной продукции при имеющихся в n -м обороте оборотных средствах в пересчете на год составит:

$$\begin{aligned} \dot{D}\ddot{I}_n &= \frac{\dot{D}\ddot{I}_{n-1} Q_{n-1} - \dot{O}_{n-1} + X}{Q_{n-1}} = \\ &= \dot{D}\ddot{I}_{n-1} 2 - C_{n-1} + \dot{D}\ddot{I}_{n-1} \frac{X}{Q_{n-1}}, \end{aligned} \quad (10)$$

где X — сумма денежных средств, направляемых на увеличение оборотных средств в каждом обороте.

Если выразить объем заемных средств в долях от первоначального объема оборотных средств $\frac{X}{Q_1} = \Delta_1$,

то:

$$\dot{D}\ddot{I}_n = \dot{D}\ddot{I}_{n-1} 2 - C_{n-1} + \dot{D}\ddot{I}_{n-1} \frac{Q_1 \Delta_1}{Q_{n-1}}. \quad (11)$$

Из условия (1) следует, что:

$$\frac{\dot{D}\ddot{I}_1}{Q_1} = \frac{\dot{D}\ddot{I}_2}{Q_2} = \dots = \frac{\dot{D}\ddot{I}_n}{Q_n} \Rightarrow \frac{\dot{D}\ddot{I}_1}{\dot{D}\ddot{I}_n} = \frac{Q_1}{Q_n}. \quad (12)$$

Тогда объем реализованной продукции в n -м обороте оборотных средств убыточного предприятия в пересчете на год определится следующим образом:

$$\dot{D}\ddot{I}_n = \dot{D}\ddot{I}_{n-1} 2 - C_{n-1} + \dot{D}\ddot{I}_1 \cdot \Delta_1. \quad (13)$$

Средний годовой объем реализованной продукции для обоих вариантов (9) и (13) определится по (8).

Очевидно, что при вливании денежных средств в объеме, меньшем величины убытка, убыточное предприятие останется убыточным, а в объеме, большем убытка, — будет происходить расширение выпуска продукции и выход на прибыльное производство. Однако использование данной методики позволяет определить временные границы этих процессов.

Таким образом, представленная методика позволяет построить прогноз изменения объемов производства убыточного предприятия во времени и определить соответствующую величину заемных

средств при различных вариантах воздействия на объем оборотных средств.

Прибыльные предприятия, преследуя цель увеличения выпуска продукции, могут направлять часть прибыли на увеличение объема оборотных средств.

Для прибыльных предприятий целесообразно также рассмотреть два основных варианта увеличения оборотных средств, аналогичных ранее рассмотренным: в долях от размера прибыли в каждом обороте (объем инвестируемых средств постоянно изменяется) или в долях от первоначального объема оборотных средств (объем инвестируемых средств постоянен).

Средний годовой объем реализованной продукции для обоих вариантов определится по (8).

Объем реализованной продукции в n -м обороте оборотных средств, при их увеличении за счет прибыли в пересчете на год определится следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{D}\dot{I}_n &= \frac{\dot{D}\dot{I}_{n-1} Q_{n-1} + \Delta_2 \cdot \dot{I}_{n-1}}{Q_{n-1}} = \\ &= \dot{D}\dot{I}_{n-1} (1 + \Delta_2 - \Delta_2 \cdot C_{n-1}), \end{aligned} \quad (14)$$

где Δ_2 — размер отчислений от прибыли на увеличение объема оборотных средств.

Причем величина прибыли за n -й оборот составит:

$$\dot{I}_n = Q_n - C_n Q_n = Q_n (1 - C_n). \quad (15)$$

При этом прибыль в каждом обороте будет увеличиваться вследствие снижения стоимости продукции и, следовательно, будет увеличиваться размер денежных средств, вкладываемых в оборотные средства в каждом последующем обороте. Это вызовет мультипликативный эффект роста производства. Подтверждающие результаты представлены на рис. 2, где исходные данные приняты следующие: удельный вес издержек на материалы — 0,3, удельный вес издержек на заработную плату основных рабочих — 0,3, удельный вес условно-постоянных издержек — 0,25. Количество оборотов за год принято равным 3.

Для варианта с фиксированной величиной увеличения оборотных средств в каждом обороте объем реализованной продукции в n -м обороте оборотных средств в пересчете на год определится следующим образом:

$$\dot{D}\dot{I}_n = \frac{\dot{D}\dot{I}_{n-1} Q_{n-1} + Y}{Q_{n-1}} = \dot{D}\dot{I}_{n-1} + \dot{D}\dot{I}_1 \cdot \Delta_3, \quad (16)$$

где Y — установленная сумма, направляемая на расширение производства на каждый оборот.

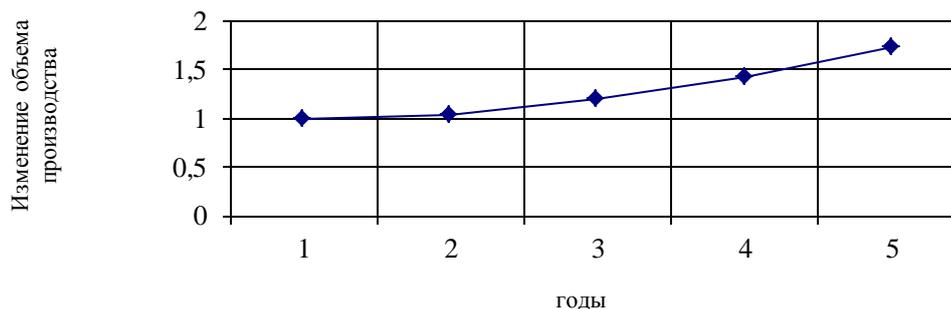


Рис. 2. Динамика изменения объема реализованной продукции прибыльного предприятия при объеме инвестиций в оборотные средства в размере 0,3 от прибыли за каждый оборот

Таким образом, представленная методика дает возможность получить пессимистические прогнозы негативных или позитивных тенденций изменения объемов производства предприятий во времени. К достоинствам данной методики следует отнести безразмерный вид и небольшой объем исходной информации, что позволяет реально применить ее для любого предприятия и, следовательно, моделировать совокупное предложение всех отраслей экономики. Безразмерный вид информации облегчит и процесс моделирования совокупного спроса, а это позволит продвинуться в разрешении проблемы прогнозирования равновесного состояния рынка, что

существенно облегчит задачу государственного регулирования экономики.

Перспективным направлением использования представленных результатов исследований может быть и их включение в информационные системы отраслей с поддержкой соответствующими базами данных.

Предметом дальнейших исследований с использованием данной методики являются исследования по влиянию структуры стоимости продукции и скорости оборачиваемости оборотных средств на темпы роста производства при инвестировании денежных средств в оборотные средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современная экономика / Под ред. О.Ю. Мамедова. Ростов н/Д: Феникс, 1998. 608с.
2. Ищенко А.П. Прогнозирование рыночного равновесного состояния и предельные налоговые отчисления в машиностроении. Караганда: КарГТУ, 2000. 107с.

УДК 338.3

Г.М. АУБАКИРОВА

Матричная модель оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности промышленного предприятия

В современных условиях хозяйствования экономико-математическое моделирование становится реальным инструментом принятия управленческих решений, когда освоение методов моделирования непосредственно связано с возможностью самостоятельного поиска решений и самостоятельной оценкой эффективности получаемых вариантов на уровне предприятия.

Применяемые на сегодняшний день показатели деятельности промышленных предприятий и проводимый на их основе анализ дают неполную, одностороннюю картину финансово-экономического состояния, не позволяют руководителю достаточно эффективно оценить принятые решения, а также обосновать перспективные планы. У руководителей и менеджеров предприятий должны быть инструменты **динамического** определения оценки принимаемых управленческих решений. Эта оценка может быть дана только на основе показателей текущей деятельности, не требующей точности бухгалтерской отчетности для фискальных нужд. Речь идет о таких показателях, как выручка от реализации продукции, величина производственных запасов, стоимость основных производственных фондов, численность персонала, себестоимость. На их основе рассчитываются показатели, характеризующие эффективность используемых стратегий и принимаемых решений: фондоотдача, фондовооруженность, производительность труда, доходность.

Необходимо принять во внимание изменение стратегической и тактической цели управления предприятием. Если раньше в первую очередь оценивалась производительность труда, то сегодня цель иная — определить уровень использования производственных ресурсов и их производительность при минимальных затратах.

В основе матричного метода анализа деятельности предприятия лежит концепция представления производственного процесса как вход-выход в виде матричной модели. На входе закладываются затраты и ресурсы, а на выходе — результаты деятельности в стоимостной форме. Благодаря тому, что матричная модель основана на системе показателей, а не на отдельных из них, представляется возможность расширить рамки обычного анализа деятельности предприятия. Во-первых, реализуется стратегия антикризисного управления предприятием при качественном (безынвестиционном) типе управления, сущность которого сводится к интенсификации производственных процессов, адаптации к новым условиям хозяйствования и компенсации действия факторов риска среды функционирования предприятия. Во-вторых, подход к экономике предприятия с точки зрения единства

производственной, инновационной, финансовой и информационной составляющих позволяет рассматривать финансово-экономическую устойчивость как **интегральную характеристику**. Это дает возможность выделить ряд факторов — внутренних и внешних, тактических и стратегических, влияющих на устойчивость предприятия, а также вычленив из всей совокупности микроэкономических показателей те, которые могут быть использованы для анализа финансово-экономической устойчивости и состоятельности промышленного предприятия. В-третьих, эффективность деятельности предприятия можно оценить показателем, представляющим собой сумму частных показателей, достигаемых для отдельных подсистем и зависящих от их ресурсообеспечения. Как правило, такие ресурсы ограничены, поэтому периодически их нужно перераспределять так, чтобы система действовала в оптимальном режиме. При этом важно учитывать, что внешние условия ее функционирования могут меняться, а в зависимости от этого возможно изменение и ресурсоотдачи отдельных подсистем. В этой связи возникает задача динамической оптимизации и прогноза показателей эффективности, достигаемой за счет перераспределения ресурсов в условиях меняющихся параметров среды [1].

Матричная динамическая модель позволяет осуществить оптимизацию показателей деятельности предприятия и рассчитать их значения с учетом фактических закономерностей их поведения во времени. При компьютеризации управленческого труда и применении алгоритмов расчетов, а также программных продуктов, руководители предприятий и структурных подразделений получают инструмент оперативной оценки эффективности работы хозяйствующих субъектов. Представляется возможным построить динамические ряды, характеризующие экономическое движение предприятия, его структурных подразделений. Такой анализ динамики экономических явлений на уровне предприятий позволит выявить внутрипроизводственные резервы улучшения использования производственного потенциала. Это в свою очередь создаст возможность своевременной корректировки решений тактического управления и обоснования принимаемых управленческих решений, не дожидаясь результатов балансовых расчетов за квартал, полугодие или год работы предприятия, когда решения могут оказаться запоздавшими, поскольку повлиять на полученный отрицательный финансово-экономический результат будет сложно [2, 3].

Чтобы хозяйствующий субъект и его структурные подразделения оперативно реагировали на изменения внешних факторов, им необходимо иметь синхронные

методы цифровых индикаторов финансово-экономического состояния. С этой целью предлагается применять m -мерный вектор финансово-экономического положения предприятия с n -измеряемыми его состояниями. Такой подход позволит разработать матрицу из m -строк и n -столбцов статически измеряемых коэффициентов (табл. 1). В качестве примера выбрано одно из ведущих промышленных предприятий Карагандинской области — ЗАО «Машиностроительный завод им. Пархоменко».

Для выявления факторно-эмпирических свойств, присущих предприятию, используется метод двухстрочных матриц с n -реалием их коэффициентов: $\{n\} = \{1,2,3,4,5,6,7\}$ (табл. 2).

Далее оценим экстенсивное или интенсивное использование основных производственных фондов в

рамках КМЗ им. Пархоменко на основании координат a_{2n} , a_{3n} и внесем их значения в матрицу (табл. 3).

Оценка дается по следующему алгоритму. Если фондоотдача имеет достигнутое значение a_{32} , а сумма основных фондов — величину a_{22} , то достигнутый объем выпуска равен $a_{32} \cdot a_{22}$. Если бы фондоотдача оставалась на прежнем уровне — a_{31} при новой сумме основных фондов — a_{22} , то величина выручки была бы $a_{31} \cdot a_{22}$. Тогда прирост выручки за счет эффективного использования основных фондов равен $(a_{32} \cdot a_{22} - a_{31} \cdot a_{22}) = a_{22} (a_{32} - a_{31})$, а экономия иммобилизации средств для приобретения основных производственных фондов завода при достигнутой фондоотдаче — $a_{32} > a_{31}$ составит величину:

$$\Delta_0 = \frac{a_{22} a_{32} - a_{31} a_{22}}{a_{32}} = a_{22} \left(1 - \frac{a_{31}}{a_{32}} \right) > 0. \quad (1)$$

Таблица 1

МАТРИЦА ВЕКТОРА ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАО «КМЗ ИМ. ПАРХОМЕНКО»

№ п/п	Показатель	Обозначение	Формула для расчета	Значение по годам						
				1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	Выручка от реализации продукции, тыс. тенге	a_{1n}	-	64811	73503	126167	191552	160100	81993	140758
2	Среднегодовая стоимость основных производственных фондов, тыс. тенге	a_{2n}	-	86413	79962	19806	16731	15742	17126	18004
3	Фондоотдача, тенге/тенге	a_{3n}	$\frac{a_{1n}}{a_{2n}}$	0,75	0,92	6,37	11,44	10,17	4,79	7,82
4	Среднесписочная численность рабочих и служащих, чел.	a_{4n}	-	359	321	169	265	298	269	257
5	Фондовооруженность, тыс. тенге/чел.	a_{5n}	$\frac{a_{2n}}{a_{4n}}$	240,7	249,1	117,19	63,14	52,83	63,67	70,05
6	Производительность труда, тыс. тенге/чел.	a_{6n}	$\frac{a_{1n}}{a_{4n}}$	180,53	228,98	746,55	722,84	537,25	304,81	547,60
7	Себестоимость продукции, тыс. тенге	a_{7n}	-	31688	54007	76337	198846	125255	180477	194815
8	Прибыль, тыс. тенге	a_{8n}	$a_{1n} - a_{7n}$	96499	19496	48810	-7294	34845	-98484	-54057
9	Рентабельность, тенге/тенге	a_{9n}	$\frac{a_{8n}}{a_{1n}}$	1,49	0,27	0,39	-0,038	0,22	-1,20	-0,38
10	Рентабельность труда, тыс. тенге/ч	a_{10n}	$\frac{a_{8n}}{a_{4n}}$	268,8	60,74	294,73	-27,52	116,93	-366,1	-210,34
11	Рентабельность фондов, тенге/тенге	a_{11n}	$\frac{a_{8n}}{a_{2n}}$	11,2	0,24	2,51	-0,44	2,21	-5,75	-3,00

Таблица 2

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
a_{2n}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}
a_{3n}	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}

Таблица 3

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
a_{2n}		79962	19806	16731	15742	17126	18004
a_{3n}		0,92	6,37	11,44	10,17	4,79	7,12

Если же $a_{31} > a_{32}$, то $\Delta_{\Phi} < 0$ и потребуются дополнительная иммобилизация средств на приобретение основных фондов, чтобы выручка не уменьшилась.

При $\Delta_{\Phi} > 0$ ($a_{32} > a_{31}$) можно часть старого, не участвующего в производственном процессе оборудования сдать в аренду и на полученную сумму приобрести либо новое оборудование, либо новые технологии.

Возможно использование второго алгоритма анализа эффективности использования основных производственных фондов. Предположим, что величина основных фондов не изменилась, а осталась на уровне a_{21} , но фондоотдача достигла уровня a_{32} . В данном случае выручка составила бы величину ($a_{32} a_{21}$). А если при росте фондов до a_{22} фондоотдача оставалась бы на прежнем уровне — a_{31} , то сумма выручки была бы равна $a_{31} a_{22}$. Тогда при достигнутой фондоотдаче $a_{32} > a_{31}$ экономия в иммобилизацию средств на приобретение основных фондов составит:

$$\Delta'_{\Phi} = \frac{a_{32}a_{21} - a_{31}a_{22}}{a_{32}} = a_{21} - a_{22} \frac{a_{31}}{a_{32}} > 0. \quad (2)$$

Если же $a_{32} < a_{31}$, то для сохранения объема выручки потребуются прирост основных фондов на сумму $\Delta'_{\Phi} < 0$.

Применим оба алгоритма для определения величины возможного высвобождения основных фондов либо требующихся средств на иммобилизацию во внеоборотные активы в условиях исследуемого предприятия. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Δ_{Φ}	-	+14393,16	+16953,94	+7361,64	-1889,04	-19181,12	+7021,56
Δ'_{Φ}	-	+20844,16	+77189,16	+10436,64	-900,04	-20565,12	+6143,56

Как видно, между 1996 и 2001 гг. ежегодно неэффективно использовались от 14393,16 до 7021,56 тыс. тенге. На заводе им. Пархоменко требуется перепрофилировать за счет диверсификации производств до 6143,56 тыс. тенге. Особенно остро стоял вопрос о дополнительной иммобилизации средств на оснащение завода основными производственными фондами в 1999 и 2000 гг., когда Δ_{Φ} имело отрицательное значение.

Остановимся на оценке экстенсивного или интенсивного использования трудовых ресурсов на исследуемом объекте. Для этого воспользуемся

координатами a_{2n} и a_{5n} m -мерного вектора. В расчете будут участвовать двухстрочные матрицы для изучаемого временного периода (табл. 5).

Таблица 5

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
a_{2n}		79962	19806	16731	15742	17126	18004
a_{5n}		249,10	117,19	63,14	52,83	63,67	70,05

Представленная информация дает возможность проанализировать эффективность использования труда работников предприятия по следующему алгоритму. Если бы фондовооруженность достигла уровня a_{52} при сохранении суммы основных производственных фондов — a_{21} , то была бы численность работников a_{21}/a_{52} и резерв численности персонала оказался равен:

$$\Delta_r = \frac{a_{22}}{a_{52}} - \frac{a_{21}}{a_{52}} = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{52}}. \quad (3)$$

Если бы фондовооруженность осталась на уровне a_{51} , а сумма основных производственных фондов достигла уровня a_{22} , то предприятию потребовалась бы численность работников, равная a_{22}/a_{51} , а резерв в численности персонала составил бы в таком случае величину:

$$\Delta'_r = \frac{a_{22}}{a_{51}} - \frac{a_{22}}{a_{52}} = a_{22} \left(\frac{a_{52} - a_{51}}{a_{52}a_{51}} \right). \quad (4)$$

Справедливо следующее: при $a_{22} > a_{21}$ и $\Delta_r > 0$ на предприятии имеет место избыток рабочих рук. При $a_{52} > a_{51}$ и $\Delta'_r > 0$ персонал предприятия используется неэффективно. В табл. 6 приведены значения Δ_r и Δ'_r для КМЗ им. Пархоменко.

Таблица 6

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Δ_r	-	-25,91	-513,32	-48,70	-18,725	+21,74	+12,53
Δ'_r	-	+11,20	-89,13	-122,21	-48,66	+55,19	+25,75

Из представленной информации следует, что КМЗ им. Пархоменко не использует на имеющихся мощностях персонал в полном объеме. После 1999 г. наблюдается избыток рабочих рук, что свидетельствует о необходимости сокращения персонала, так как новые уровни фондовооруженности a_{56} и a_{57} , которые больше a_{55} , не будут использоваться эффективно. Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что увеличение персонала в 1999 г. можно рассматривать как преждевременное.

Руководство предприятия делало акцент на привлечении специалистов для работы в должности инженера-механика, конструктора, технолога, а также рабочих основного и вспомогательного производства, занятых в основном освоением новых изделий. Тем более, что в период с 1998 по 2001 гг. на предприятии освоен ряд новых наименований продукции, ранее не выпускавшихся. Около 70% всей продукции КМЗ им. Пархоменко было предназначено для предприятий ЗАО «Корпорация Казахмыс» и 30% изготовлено по

заказом шахт УД ОАО «Испат-Кармет». За последние годы освоен выпуск металлочерепицы с покрытием по немецкой технологии; смонтирована линия по производству радиаторов отопления по новой технологии, обеспечивающей высокие качественные характеристики продукции; получена государственная лицензия на производство и ремонт горно-шахтного оборудования; освоен новый вид литья — художественный; запущен в работу участок коркового литья, технология которого позволяет получать отливки высокой точности и с более качественной поверхностью. Такие изменения в структуре и ассортименте выпускаемой продукции завода требуют повышенного внимания к персоналу, особенно инженерно-техническому. Во внимание должен быть принят тот факт, что разработчиком новой продукции или ее модернизации подчас выступает само предприятие [4].

Продолжая анализ, посмотрим, как изменилась численность работников предприятия через двухстрочную матрицу из строк a_{4n} и a_{6n} , в которой производительность труда объективно определит эффективность использования трудовых ресурсов в рамках объекта исследования. Для этих целей составим табл. 7.

Таблица 7

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
a_{4n}	321	169	265	298	269	257
a_{6n}	228,98	746,65	722,84	537,25	304,81	547,69

Построим первый алгоритм. Если от выручки при достигнутой производительности труда a_{62} (a_{63}), вычисляемой по выражению ($a_{62} * a_{42}$), вычесть возможную выручку ($a_{61} * a_{42}$) при старой производительности a_{61} , но при новой численности работников a_{42} (a_{43}), то получим эффект использования интенсификации труда работников, а разделив на достигнутую производительность труда a_{62} (a_{63}), получим либо численность лишнего персонала на предприятии (при знаке «-»), либо нехватку работников (при знаке «+»):

$$\Delta_r = \frac{a_{62} * a_{42} - a_{61} * a_{42}}{a_{62}} = a_{42} - a_{42} \frac{a_{61}}{a_{62}} = a_{42} \left(1 - \frac{a_{61}}{a_{62}} \right). \quad (5)$$

Второй алгоритм расчетов покажет эффективность получения выручки от использования трудовых ресурсов предприятия. Если от выручки, полученной при достигнутой производительности труда ($a_{62} a_{42}$), отнять возможную выручку ($a_{62} a_{41}$) при уровне производительности a_{62} и разделить на производительность при старой численности — a_{61} , то получим эффективность использования трудовых ресурсов (в частности, численность персонала):

$$\Delta'_r = \frac{a_{62} * a_{42} - a_{62} * a_{41}}{a_{61}} = \frac{a_{62}}{a_{61}} a_{42} - a_{41}. \quad (6)$$

При этом, если $\Delta'_r > a_{42} - a_{41}$, то труд используется эффективно. Если $\Delta'_r < a_{42} - a_{41}$, численность персонала избыточна.

Проанализируем динамику использования труда персонала объекта настоящего исследования по

приведенным выше данным. Результаты расчетов сведем в табл. 8.

Таблица 8

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Δ_r	-16,0	+117,0	-8,0	-103,0	-205,0	+114,0
Δ'_r	-36,15	-495,52	+92,93	+24,53	-16,44	-21,56

Как следует из приведенных данных, на КМЗ им. Пархоменко имела место излишняя численность персонала в 1996, 1998, 1999 и 2000 гг., а нехватку работников предприятие испытало в 1997 и 2001 гг. Согласно полученным значениям Δ'_r , наиболее эффективно труд использовался в 1996 и 2000 гг., а численность персонала оказалась избыточной в 1997, 1998, 1999 и 2001 гг.

Обследование рабочих мест в рамках выборочного наблюдения и анализ потребностей в квалифицированном персонале КМЗ им. Пархоменко показали, что с повышением механизации и автоматизации производственных процессов происходит некоторая поляризация рабочей силы по квалификационному уровню. Так, при переходе на более высокую ступень механизации и автоматизации наряду с участками производства, которые нуждаются в квалифицированном персонале, встречаются и такие, требования которых к квалификации рабочей силы относительно невысокие. Действия таких работающих во все большей степени определяются не накопленными знаниями, а поступающей извне информацией в виде данных изменений, графиков пуска устройств и т. д. Для этого потребуются большие способности исполнителя к восприятию, логическому мышлению и быстрота реакции.

В результате неизбежно возникновение противоречий между возросшими требованиями к работающим и использовавшимся ранее на предприятии формами оплаты труда, системой подготовки кадров и повышения их квалификации. Постепенно традиционные формы и системы оплаты труда теряют свое значение. Развитие техники способствует применению таких форм оплаты труда, которые окажут стимулирующее воздействие не на достижение количественных результатов, а на поддержание оптимального с точки зрения предприятия уровня эффективности производства. Можно полагать, что при этом возрастает значение разнообразных форм премиальной системы оплаты труда работающих.

Учитывая потребности в использовании рабочей силы строго в соответствии с ее квалификацией, становится все более настоятельным систематическое планирование работающих по категориям. Следует также обратить внимание на образование, отвечающее уровню развития техники. В современных условиях от рабочего требуется освоение в течение его трудовой деятельности различной квалификации. Поэтому для повышения квалификации работающих на предприятии недостаточно проводить отдельные мероприятия в этой области в соответствии с возникающими потребностями. Необходимо создавать

систему повышения квалификации всех категорий работающих, отвечающую четко сформулированным задачам и нацеленную на продолжительное функционирование хозяйствующего субъекта [3, 4].

Рассмотренный матричный метод анализа двух строк вектора экономического состояния предприятия позволяет выявить резервы рационального использования производственных ресурсов субъекта хозяйствования и направлен на повышение эффективности принимаемых управленческих решений. Простота расчетов, а также доступность информационных данных для их проведения, возможности автоматизации проводимых исследований делают этот метод приемлемым для промышленных предприятий с точки зрения совершенствования оценки их производственно-хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крушников М. А. Эффективность деятельности предприятия. СПб.: Экономическая школа, 1999. 293 с.
2. Аубакирова Г.М. Прогнозирование решений в экономике и бизнесе: Учеб. пособие. Караганда: КарГТУ, 2001. 155с.
3. Аубакирова Г.М. Экономические аспекты деятельности промышленного предприятия: Учеб. пособие. Караганда: КарГТУ, 2002. 179 с.
4. Аубакирова Г.М. Стратегия выживания промышленных предприятий / Караганд. гос. техн. ун-т. // Труды университета. Вып. 2. Караганда, 2001. С. 71-74.

РЕЗЮМЕ

УДК 378.14:005. В.С. ПОРТНОВ, В.В. ЯВОРСКИЙ, А.М. НУРГУЖИНА. **Методика определения основных направлений деятельности подразделений университета для формирования бизнес-плана и оценки деятельности.** Представлена сложная система современного университета с большим числом подразделений, многоцелевым характером функционирования, обусловленным большим числом направлений подготовки специалистов и осуществлением научных исследований.

УДК 378.12:331.108.43. В.С. ПОРТНОВ, В.В. ЯВОРСКИЙ, А.М. НУРГУЖИНА. **Методика аттестации профессорско-преподавательского состава университета с использованием новых информационных технологий.** Рассмотрена важнейшая задача управления университетом – оценка качества работы профессорско-преподавательского состава.

УДК 621:681. Е.В. АНДРЕЕВ, Е.В. ДЕМЧЕНКО, А.А. КАЛИНИН. **Применение в учебном процессе комплекса технических средств «Энергия» в структуре лабораторного комплекса компьютерных систем технологического контроля и управления.**

Рассматриваются вопросы применения автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов в учебном процессе.

УДК 621.74. С.Б. КУЗЕМБАЕВ, С.С. АХМЕТОВА, А.С. КУЗЕМБАЕВ. **Газодинамические аспекты уплотнения литейных форм и стержней сжатым воздухом.**

Рассматриваются разновидности и пневматического способа уплотнения формовочных смесей. Выявлены основные закономерности процессов, показана зависимость формообразующих факторов от газодинамических особенностей.

УДК 621.578. А.П. ЧУРИКОВ, В.М. ТРИШИН, В.З. ЯЩЕНКО. **Влияние угла поворота режущей поверхности на разноточность и толщину сечения среза.**

Рассматривается влияние угла поворота режущей поверхности зерна на величину разноточности и толщины сечения среза при прерывистом шлифовании.

УДК 778.38:535.41:004.9. М.Р. СИХИМБАЕВ, А.Г. ГУЛЕВ. **Сравнительный анализ аналоговых и цифровых способов изготовления голограмм.**

Проведен анализ аналоговых и цифровых способов изготовления голограмм с целью защиты казахстанских товаров от подделок, а также защиты казахстанского рынка от ввозимых товаров, не соответствующих нормативно-техническим показателям качества.

УДК 621.74. С.Б. КУЗЕМБАЕВ, С.С. АХМЕТОВА. **Исследование влияния коэффициента бокового давления.**

Показано, что при импульсной формовке коэффициент бокового давления гораздо выше, чем при статическом прессовании. Благодаря этому качество уплотнения формы повышается, размерная точность отливки увеличивается.

ӘОЖ 378.14:005. В.С. ПОРТНОВ, В.В. ЯВОРСКИЙ, Ә.М. НҰРҒУЖИНА. **Бизнес-жоспарды қалыптастыру және қызметті бағалау үшін университет бөлімшелері қызметінің негізгі бағыттарын анықтау әдістемесі.**

Көптеген бөлімшелері, мамандарды даярлау бағыттарының көп санымен және ғылыми зерттеулерді жүзеге асырумен қамтамасыз етілген, көп мақсатты қызмет ету сипаты бар қазіргі университеттің күрделі жүйесі ұсынылған.

ӘОЖ 378.12:331.108.43. В.С. ПОРТНОВ, В.В. ЯВОРСКИЙ, Ә.М. НҰРҒУЖИНА. **Жаңа ақпараттық технологияларды пайдалану арқылы университеттің профессорлық-оқытушылар құрамын аттестациялау әдістемесі.**

Университетті басқарудың маңызды міндеті – профессорлық-оқытушылар құрамы жұмысының сапасын бағалау қарастырылған.

ӘОЖ 621:681. Е.В. АНДРЕЕВ, Е.В. ДЕМЧЕНКО, А.А. КАЛИНИН. **Технологиялық бақылау мен басқарудың компьютерлік жүйелерінің зертханалық кешені құрылымындағы «Энергия» техникалық құралдары кешенін оқу процесінде қолдану.**

Оқу процесінде энергия ресурстарын бақылау мен есепке алуға автоматтандырылған жүйелерін қолдану мәселелері қарастырылады.

ӘОЖ 621.74. С.Б. КУЗЕМБАЕВ, С.С. АХМЕТОВА, А.С. КУЗЕМБАЕВ. **Қуо қалыптары мен өзектердің қысылған ауамен тығыздаудың газ-динамикалық аспектілері.**

Қалыптау қоспаларын тығыздаудың пневматикалық тәсілінің алуан түрлері қарастырылады. Процестердің негізгі заңдары ұсынылған, сырт пішінін құратын факторлардың газ-динамикалық ерекшеліктерден тәуелділігі көрсетілген.

ӘОЖ 621.578. А.П. ЧУРИКОВ, В.М. ТРИШИН, В.З. ЯЩЕНКО. **Кескіш беттің бұрылу бұрышының кесінді қимасының әр түрлі биіктіктеріне және қалыңдықтарына әсер етуі.**

Түйіршіктің кескіш бетінің бұрылу бұрышының үзілмелі ажарлау кезіндегі кесінді қимасының әр түрлі биіктіктеріне және қалыңдықтарына әсер етуі қарастырылады.

ӘОЖ 778.38:535.41:004.9. М.Р. СИХИМБАЕВ, А.Г. ГУЛЕВ. **Голограммаларды жасаудың ұқсастық және цифрлық тәсілдерін салыстырмалы талдау.**

Қазақстандық тауарларды боямалардан қорғау, сондай-ақ қазақстандық рынокты сапаның нормативтік-техникалық көрсеткіштеріне сәйкес келмейтін, басқа жақтан әкелінетін тауарлардан қорғау мақсатымен голограммаларды жасаудың ұқсастық және цифрлық тәсілдеріне талдау жүргізілген.

ӘОЖ 621.74. С.Б. КУЗЕМБАЕВ, С.С. АХМЕТОВА. **Бүйірлік қысым коэффициентінің әсер етуін зерттеу.**

Импульстік қалыптау кезінде бүйірлік қысым коэффициенті, статикалық баспалау кезіндегіге қарағанда едәуір жоғары екені көрсетілген. Осының арқасында қалыптың тығыздалу сапасы жоғарылайды, құйманың мөлшерлік дәлдігі ұлғаяды.

UDC 378.14:005. V.S. PORTNOV, V.V. YAVOR-SKY, A.M. NURGUZHINA. **Methods of Determining Basic Trends of University's Subdivisions Activities to Devise Business-Plan and to Evaluate Activities.**

A complex system of a modern university having a great number of its subdivisions, multi-purpose character of functioning caused by a set of trends of training specialists and fulfilling scientific researches has been presented.

UDC 378.12:331.108.43. V.S. PORTNOV, V.V. YAVOR-SKY, A.M. NURGUZHINA. **Methods of Certifying University's Teaching Body Using New Information Technologies.**

An important task of managing the university, the evaluation of the teaching body's working quality, has been considered.

UDC 621:681. E.V. ANDREYEV, E.V. DEMCHENKO, A.A. KALININ. **Applying Complex of Technical Means «Energy» in Structure of Laboratory Complex of Process Control Computer Systems in Educational Process.**

Problems of applying computer-aided systems to control and count up the utilities during the educational process are considered.

UDC 621.74. S.B. KUZEMBAYEV, S.S. AKHMETOVA, A.S. KUZEMBAYEV. **Gas-Dynamic Aspects of Compacting Moulds and Cores by Compressed Air.**

Varieties of pneumatic ways of compacting moulding sands are considered. Basic process mechanisms have been revealed; the dependence of moulding factors on gas-dynamic special features has been shown.

UDC 621.578. A.P. CHURIKOV, V.M. TRISHIN, V.Z. YASHCHENKO. **Influencing Turning Angle of Cutting Surface on Height Difference and Cut Section Thickness.**

Influencing the turning angle of a grain cutting surface on the value of height difference and cut section thickness at interrupting grinding is considered.

UDC 778.38:535.41:004.9. M.R. SIKHIMBAYEV, A.G. GULEV. **Comparative Analysis of Analogue and Digital Ways of Making Holograms.**

The analysis of analogue and digital ways of making holograms has been carried out in order to protect Kazakhstan's goods from imitation, as well as to protect Kazakhstan's market from imported goods which don't meet specific technical product-quality indices.

UDC 621.74. S.B. KUZEMBAYEV, S.S. AKHMETOVA. **Investigating Lateral-Pressure Ratio Influence.**

It has been shown that the lateral-pressure ratio is much larger in pulse moulding than in static compacting. Thanks to this the quality of compacting a mould improves, the dimensional accuracy of a moulding increases.

- УДК 669.168. М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ. **Об оптимальных соотношениях конгруэнтных соединений в шлаках, технологии и повышении эффективности производства высокоуглеродистого ферромарганца.** Представлены результаты термодинамически-диаграммного анализа процессов в шлаках электролитической плавки высокоуглеродистого ферромарганца и дан прогноз альтернативных вариантов прогрессивных направлений в развитии технологии получения последнего.
- УДК 658.562.64:622.33.002.5. В.Ф. ДЕМИН. **Методические положения выбора средств механизации технологических схем очистных работ.** Приведены результаты исследований по определению рациональных средств механизации основных процессов очистной выемки и процессов их обеспечения при высокопроизводительной отработке выемочных участков.
- УДК 622.33:622.16.6(574.3). Д.В. СОН. **Перспективы применения технологии комбинированной подземной угледобычи в Карагандинском угольном бассейне.** На основе анализа мирового опыта подземной угледобычи и условий Карагандинского бассейна рассмотрена возможность применения технологической схемы комбинированной разработки угольных пластов короткими и длинными очистными забоями.
- УДК 622.274.3. В.Ю. ШИРОВ. **Технологические схемы комбинированной выемки.** Для отработки крутопадающих жильных месторождений предложен вариант системы разработки с подэтажной отбойкой без предварительного проведения подэтажного штрека.
- УДК 533.15:339.219.1:622.26. С.К. ХАМИТОВ. **Уравнение турбулентной диффузии при периодических и смешанных выделениях примесей в горной выработке.** Рассмотрены решения одномерных уравнений турбулентной диффузии при смешанных и периодических выделениях примесей с применением интегральных преобразований. При этом граничные условия по переменной x определяются из режима смешанных пылегазовыделений.
- УДК 622.261.2:622.281. В.Ф. ДЕМИН. **Рациональные технологические схемы проведения выемочных выработок.** Приведены результаты исследований по определению рациональных технологических схем проведения подготовительных выработок при высокопроизводительной отработке выемочных участков.
- УДК 622.831:539.3. А.А. ТАКИШОВ. **Деформированное состояние целиков с «ядром» прочности.** Рассматривается состояние целиков с «ядром» прочности, поддерживающих налегающую толщу. Проведен анализ распределения смещений, полученных на основе методов механики горных пород. Установлена зависимость их распределения от коэффициента формы.
- УДК 622.235.0015. Б.Р. РАКИШЕВ, К.К. ТАКЕЛЕКОВ, К.Ж. ТАКЕЛЕКОВ.
- ЭОЖ 669.168. М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ. **Қождардағы конгруэнтті қосылыстардың оңтайлы ара қатынастары, жоғары көміртегілі ферромарганецті өндіру технологиясы және тиімділігін жоғарылату туралы.** Жоғары көміртегілі ферромарганецті электротермиялық балқыту қождарындағы процестерді термодинамикалық-диаграммалық талдау ұсынылған және ферромарганецті алу технологиясын дамытудағы ілгері бағыттардың балама нұсқаларына болжау берілген.
- ЭОЖ 658.562.64:622.33.002.5. В.Ф. ДЕМИН. **Тазарту жұмыстарының технологиялық сұлбаларын механикаландыру құралдарын таңдаудың әдістемелік ережелері.** Тазартып алудың негізгі процестерін механикаландырудың тиімді құралдарын және олардың алу учаскелерін жоғары өнімді қазымдау кезінде қамтамасыз етілу процестерін анықтау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген.
- ЭОЖ 622.33:622.16.6(574.3). Д.В. СОН. **Қарағанды көмір бассейнінде жер астында аралас көмір өндіру технологиясын қолдану перспективалары.** Жер астында көмір өндірудің әлемдік тәжірибесін және Қарағанды бассейнінің жағдайларын талдау негізінде көмір қабаттарын қысқа және ұзын тазарту забойларымен аралас қазудың технологиялық сұлбасын қолдану мүмкіндігі қарастырылған.
- ЭОЖ 622.274.3. В.Ю. ШИРОВ. **Аралас алудың технологиялық сұлбалары.** Тік құлайтын желілі кен орындарын қазымдау үшін қабат аралық қуақазды алдын-ала жүргізбей, қабат аралық уату арқылы қазу жүйесінің нұсқасы ұсынылған.
- ЭОЖ 533.15:339.219.1:622.26. С.К. ХАМИТОВ. **Тау-кен қазбасында қоспалардың кезеңдік және аралас бөлінуі кезіндегі турбулентті диффузияның теңдеуі.** Интегралдық үрлендірулерді қолдану арқылы қоспалардың аралас және кезеңдік бөлінуі кезіндегі турбулентті диффузияның бір шамалы теңдеулерін шешу қарастырылады. Сонымен бірге x айнымалысы бойынша шекаралас шарттар аралас шаң-газ бөліну режимінен анықталады.
- ЭОЖ 622.261.2:622.281. В.Ф. ДЕМИН. **Алу қазбаларын жүргізудің тиімді технологиялық сұлбалары.** Алу учаскелерін жоғары өнімді қазымдау кезінде даярлау қазбаларын жүргізудің тиімді технологиялық сұлбаларын анықтау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген.
- ЭОЖ 622.831:539.3. А.А. ТАКИШОВ. **Беріктік «ядросы» бар кентіректердің деформацияланған күйі.** Басылып жатқан қыртысты ұстап тұратын, беріктік «ядросы» бар кентіректердің күйі қарастырылады. Тау жыныстары механикасының әдістері негізінде алынған, ығысулардың бөлінуіне талдау жүргізілген. Олардың бөлінуінің қалып коэффициентінен тәуелділігі анықталған.
- ЭОЖ 622.235.0015. Б.Р. РАКИШЕВ, К.К. ТАКЕЛЕКОВ, К.Ж. ТАКЕЛЕКОВ.
- UDC 669.168. M.Zh. TOLIMBEKOV. **About Optimal Relations of Congruent Compounds in Slags, and Raising Efficiency of Producing High-Carbon Ferromanganese.** The results of thermodynamic and diagram analysis of processes in slags of electrothermic smelting of high-carbon ferromanganese are presented, and the forecast of alternative variants of progressive trends of developing the technology of producing the latter is given.
- UDC 658.562.64:622.33.002.5. V.F. DYEMIN. **Methodic Regulations of Selecting Means of Mechanizing Technological Schemes of Extraction Operations.** The results of investigations to determine rational means of mechanizing main processes of extraction and processes of their providing in highly productive mining of extraction sections have been given.
- UDC 622.33:622.16.6(574.3). D.V. SON. **Perspects of Applying Technology of Combined Underground Coal Getting in Karaganda Coal Field.** The possibilities of applying the technological scheme of combined getting of coal seams with short and long breakage faces have been considered on the basis of analyzing the world experience of underground getting and the conditions of the Karaganda coal-field.
- UDC 622.274.3. V.Yu. SHIROV. **Technological Schemes of Combined Getting.** The version of a system of mining with cutting coal under floor without preliminary driving of drift under floor has been suggested to mine steep vein deposits.
- UDC 533.15:339.219.1:622.26. S.K. KHAMITOV. **Turbulent Diffusion Equation in Periodic and Combined Emissions of Impurities in Working.** Solutions of one-dimensional equations of turbulent diffusion in combined and periodic emissions of impurities using integral transformations are considered. At this boundary conditions along the variable X are determined from the condition of combined dust-and-gas emissions.
- UDC 622.261.2:622.281. V.F. DYEMIN. **Rational Technological Schemes of Driving Extraction Workings.** The results of investigations on determining rational technological schemes of driving development workings in highly effective cutting of extraction sections are given.
- UDC 622.831:539.3. A.A. TAKISHOV. **Strained State of Pillars Having «Core» of Strength.** The state of pillars having a «core» of strength which support the overlying width is considered. The analysis of distributing shifts obtained on the basis of the rock mechanics methods has been given. The dependence of their distribution on the form factor has been stated.
- UDC 622.235.0015. B.R. RAKISHEV, K.K. TAKELEKOV, K.Zh. TAKELEKOV. **Reasoning**

Обоснование параметров буровзрывных работ при подготовке котлованов под промышленные здания и сооружения.

На основании специально проведенных экспериментальных взрывов на полигоне установлены корреляционные связи удельного расхода ВВ от параметров буровзрывных работ и энергии сейсмического воздействия взрыва. Разработана номограмма, позволяющая определить оптимальные параметры буровзрывных работ, обеспечивающие высокую эффективность взрывных работ.

УДК 622.002.5:681.51854. В.А. ЭТТЕЛЬ. **Обобщенная структурная схема распознающей системы для вибродиагностики редукторов горных машин.**

Описаны блоки, входящие в состав распознающей системы для вибродиагностики редукторов горных машин, а также приведена последовательность операторов алгоритма ее функционирования.

УДК [532.5 + 621.225](075.8). А.А. МИТУСОВ, В.А. МИТУСОВ. **Программа исследования энергетических характеристик гидродвигателей ударного действия.**

Изложены основные положения исследовательской программы «Research», предназначенной для обеспечения процесса проектирования гидродвигателей ударного действия. Программа обеспечивает машинное экспериментирование в постановке задач как структурного, так и параметрического синтеза применительно к восьми возможным функциональным структурам УГД.

УДК [532.5 + 621.225](075.8). А.А. МИТУСОВ. **Инерционное сопротивление гидродвигателей ударного действия.**

Рассмотрены внутренние энергетические связи гидродвигателей ударного действия и найдено выражение его инерционного сопротивления, характеризующего взаимосвязь между силовыми и скоростными параметрами энергопотока. Параметр представлен формулами для релейных и импульсных САУ.

УДК 622.232. Т.С. ФИЛИПОВА. **Улучшение аппроксимации распределения сопротивляемости угля резанию путем учета высших моментов.**

Показано, что использование высших моментов $\mu_{i>2}$ ($v>2$) улучшает, по сравнению с нормальным законом, аппроксимацию распределения сопротивляемости угля резанию.

УДК 622.647:621.851.6. Ж.М. КУАНЫШБАЕВ, Д.К. САРЖАНОВ. **Усилие осевого смещения подвижного венца транспортных машин.**

По результатам экспериментальных исследований установлена величина перераспределения тяговых усилий в двухцепном конвейере. Для равномерной загрузки тяговых цепей предложена концевая звездочка с подвижным венцом. Венец закрепляется на ступице концевой звездочки с натягом, выполненные расчеты позволили определить величину осевого смещения подвижного венца.

УДК 622.684.001.25. М.К. ИБАТОВ, Р.М. ПОПОВИЧЕНКО, Б.Б. ДЖИЕНБАЕВ, Н.М. КЕНЕСОВ. **Термодинамический расчет**

Қазаншұңқырларды өнеркәсіптік үймереттер мен ғимараттарды даярлау кезіндегі бұрғылап жару жұмыстарының параметрлерін қамтамасыз ету.

Полигонда арнайы жүргізілген эксперименттік жарылыстар негізінде бұрғылап жару жұмыстарының параметрлерінен және жарылыстың сейсмикалық әсерінің энергиясынан ЖЖ меншікті шығынының корреляциялық байланыстары анықталған. Жару жұмыстарының жоғары тиімділігін қамтамасыз ететін, бұрғылап жару жұмыстарының оңтайлы параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін номограмма жасалған.

ӘОЖ 622.002.5:681.51854. В.А. ЭТТЕЛЬ. **Тау-кен машиналары редукторларының дірілін тексеруге арналған анықтап тану жүйесінің жинақталған құрылымдық сұлбасы.**

Тау-кен машиналарының редукторларының дірілін тексеруге арналған анықтап тану жүйесінің құрамына кіретін блоктар сипатталған, сондай-ақ оның қызмет ету алгоритмі операторларының тізбектілігі келтірілген.

ӘОЖ [532.5 + 621.225](075.8). А.А. МИТУСОВ, В.А. МИТУСОВ. **Соққылық әрекетті гидроқозғалтқыштардың энергетикалық сипаттамаларын зерттеу программасы.**

Соққылық әрекетті гидроқозғалтқыштардың жобалау процесін қамтамасыз ету үшін тағайындалған «Research» зерттеу программасының негізгі ережелері мазмұндалған. Программа СГҚ мүмкін болатын сегіз функционалды құрылымдарына қатысты құрылымдық та, параметрлік те синтездеу есептерінің қойылымында машиналық эксперименттеуді қамтамасыз етеді.

ӘОЖ [532.5 + 621.225](075.8). А.А. МИТУСОВ. **Соққылық әрекетті гидроқозғалтқыштардың инерциялық кедергісі.**

Соққылық әрекетті гидроқозғалтқыштардың ішкі энергетикалық байланыстары қарастырылған және энергия ағынының күштік және жылдамдық параметрлері арасындағы өзара байланысты сипаттайтын, инерциялық кедергінің өрнегі табылған. Параметр релейлік және импульстік АБЖ арналған формулалармен берілген.

ӘОЖ 622.232. Т.С. ФИЛИПОВА. **Жоғарғы моменттерін есепке алу жолымен көмірдің кесуге кедергісін тарату аппроксимациясын жақсарту.**

$\mu_{i>2}$ ($v>2$) жоғарғы моменттерін пайдаланудың, қалыпты заңмен салыстырғанда, көмірдің кесуге кедергісін тарату аппроксимациясын жақсартатыны көрсетілген.

ӘОЖ 622.647:621.851.6. Ж.М. КУАНЫШБАЕВ, Д.К. САРЖАНОВ. **Көлік машиналарының жылжымалы тәжінің осьтік ығысу күші.**

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша екі тізбекті конвейердегі тартымдық күштерді қайта тарату шамасы анықталған. Тартымдық тізбектерді біркелкі тиеу үшін жылжымалы тәжі бар шеттік жұлдызша ұсынылған. Тәжі келірген шеттік жұлдызшаның күшөінде бекітіледі, орындалған есептеулер жылжымалы тәждің осьтік ығысу шамасын анықтауға мүмкіндік берді.

ӘОЖ 622.684.001.25. М.К. ИБАТОВ, Р.М. ПОПОВИЧЕНКО, Б.Б. ДЖИЕНБАЕВ, Н.М. КЕНЕСОВ. **Карьердің өзі түсіретін**

Parameters of Drilling and Blasting Operations in Preparing Foundation Pits for Industrial Buildings and Structures.

Correlations of explosive rate from parameters of drilling-and-blasting operations and the energy of seismic effect of explosion have been stated on the basis of specially made experimental explosions. The monograph has been worked out which allows to determine optimal parameters of drilling-and-blasting operations providing the high efficiency of blasting operations.

UDC 622.002.5:681.51854. V.A. ETEL. **Generalized Block Diagram of Recognizing System for Vibrating Diagnosis of Mining Machine Pressure Regulators.**

The units have been described which are parts of the recognizing system for vibrating diagnosis of mining machine pressure regulators, and the sequence of statements of its functioning algorithm has been given as well.

UDC [532.5+621.225](075.8). A.A. MITUSOV, V.A. MITUSOV. **Program of Investigating Energy Characteristics of Hydraulic Impact Motors.**

The main rules of the research program «Research» have been stated. The program is designed to provide the process of designing hydraulic impact motors. It provides the computer's experimenting in putting tasks both of structural and parametric synthesis with reference to eight possible functional structures of hydraulic impact motors.

UDC [532.5+621.225](075.8). A.A. MITUSOV. **Inertia Resistance of Hydraulic Impact Motors.**

Internal energy links of hydraulic impact motors have been considered, and its inertia resistance expression has been found which characterizes the relation between energy and speed parameters of energy flux. The parameter is represented by formulae for relay and pulse automatic-control systems.

UDC 622.232. T.S. FILIPPOVA. **Improving Approximation of Distributing Coal Resistance to Cutting by Taking into Account Highest Moments.**

It has been shown that using the highest moments $\mu_{i>2}$ ($v>2$) improves the approximation of distributing coal resistance to cutting in comparison with the normal law.

UDC 622.647:621.851.6. Zh.M. KUANYSHBAYEV, D.K. SARZHANOV. **Force of Axis Displacement of Movable Ring of Transport Machines.**

The value of redistributing the tractive force in a double-chain conveyor has been stated as a result of experimental investigations. An end chain sprocket with a movable ring has been suggested to load uniformly the hauling chain. The ring is fixed on the end sprocket hub in tension; the calculations done allowed to determine the value of the movable ring axis displacement.

UDC 622.684.001.25. M.K. IBATOV, R.M. POPOVICHENKO, B.B. DZHIENBAYEV, N.M. KENESOV. **Thermodynamic Calculations of**

термического нейтрализатора отработавших газов карьерных автосамосвалов.

Приводятся схема и описание рабочего процесса в термическом нейтралізаторе с теплообменником, а также предлагается методика теплового расчета термического нейтралізатора отработавших газов карьерных автосамосвалов.

УДК 622.684.001.25. Р.М. ПОПОВИЧЕНКО, Э.Н. РЫЖКОВ, М.К. ИБАТОВ, Н.Т. САГИН-ТАЕВ. **Исследование аэродинамических характеристик для разработки конструктивных схем каталитических нейтрализаторов.**

Рассмотрены теоретические вопросы для выявления возможности получения псевдосжиженного или кипящего слоя наполнителя в каталитических системах нейтралізации, что позволит повысить степень очистки вредных компонентов отработавших газов в дизельных ДВС карьерных автотранспортных средств. Приводятся результаты аэродинамических испытаний некоторых конструктивных моделей с определением параметров газового потока и состояния массы каталізатора.

УДК 621.333:622.6. Л.А. КРУПНИК, И.Н. СТОЛПОВСКИХ. **Оптимизация пропускной способности погрузочных пунктов без аккумулярующих емкостей.**

Работа посвящена определению среднего числа поездов, прибывающих на погрузочный пункт в единицу времени, с учетом вероятностного характера поступления грузопотока на погрузочный пункт.

УДК 621.333:622.6. И.Н. СТОЛПОВСКИХ. **Температурные ограничения режимов работы тяговых двигателей электровозов в высокогорных условиях подземных рудников.**

Приведены результаты вентиляционных расчетов тяговых двигателей электровозов для высокогорных условий их работы с учетом изменения плотности воздуха с ростом высоты над уровнем моря.

УДК 62-519:681.3:004.4. О.А. КАН, А.А. ЛЕБЕДЕВ, Д.О. КАН. **Опрос контролируемых датчиков в АСУ «Безопасность».**

Представлена структурная схема автоматизированной системы управления «Безопасность». Предложен адаптивный алгоритм опроса, позволяющий корректировать частоту опроса различных групп датчиков в зависимости от режимов функционирования контролируемых объектов и возникновения аварийной ситуации.

УДК 621.3.083.92. Г.Д. КОГАЙ, Т.Л. ТЕ. **Приемный полупакет многомерной системы телемеханики.**

Положительный эффект передачи и выдачи информационных блоков достигается за счет выполнения обычного распределителя импульсов в виде многомерного распределителя импульсов (МРИ), а также введением в передающем и приемном полупакете счетчика-дешифратора состояний МРИ, анализатора ситуаций, блока управления линейными и комбинированными распределителями, что позволяет механизировать большое число объектов телемеханизации.

автомобильдерінің пайдаланылған газдарын термиялық бейтараптандырышты термодинамикалық есептеу.

Жылу алмастырығыштары бар термиялық бейтараптандырыштары жұмыс процесінің сұлбасы мен сипаттамасы келтіріледі, сондай-ақ қарьердің өзі түсіретін автомобильдерінің пайдаланылған газдарын термиялық бейтараптандырышты жылулық есептеу әдісі еместі ұсынылады.

ӘОЖ 622.684.001.25. Р.М. ПОПОВИЧЕНКО, Э.Н. РЫЖКОВ, М.К. ИБАТОВ, Н.Т. САГИН-ТАЕВ. **Каталитикалық бейтараптандырыштардың конструкциялық сұлбаларын жасау үшін аэродинамикалық сипаттамаларды зерттеу.**

Бейтараптандырудың каталитикалық жүйелеріндегі толтырығыштың қысымдық сұйытылған немесе қайнайтын қабатын алу мүмкіндіктерін айқындау үшін теориялық мәселелер қарастырылған, бұл қарьердің автөкілік құралдарының дизельдік ІЖҚ пайдаланылған газдардың зиянды компоненттерін тазарту дәрежесін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Каталізатордың газ ағыны мен массасы күйінің параметрлерін анықтау арқылы кейбір конструкциялық модельдерді аэродинамикалық сынау нәтижелері келтіріледі.

ӘОЖ 621.333:622.6. Л.А. КРУПНИК, И.Н. СТОЛПОВСКИХ. **Шоғырландырушы сыйымдылықтарсыз тиеу пункттарының өткізу қабілетін оңтайландыру.**

Жұмыс жүк ағынының тиеу пунктына түсуінің ықтималдық сипатын есепке алумен, тиеу пунктына уақыт бірлігінде келетін поездардың орташа санын анықтауға арналған.

ӘОЖ 621.333:622.6. И.Н. СТОЛПОВСКИХ. **Жерасты кеніштерінің жоғары таулы жағдайларында электровоздардың тартымдық қозғалтқыштарының жұмыс режимдерін температуралық шектеулер.**

Теңіз деңгейі биіктігінің артуымен ауа тығыздығының өзгеруін есепке алумен, олардың жұмысының жоғары таулы жағдайлары үшін электровоздардың тартымдық қозғалтқыштарының желдетілісін есептеулерінің нәтижелері келтірілген.

ӘОЖ 62-519:681.3:004.4. О.А. КАН, А.А. ЛЕБЕДЕВ, Д.О. КАН. **«Қауіпсіздік» АБЖ бақыланатын датчиктерді сұрау.**

«Қауіпсіздік» автоматтандырылған басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы берілген. Бақыланатын объектілердің қызмет ету режимдеріне және апаттық жағдайдың пайда болуына байланысты датчиктердің әртүрлі топтарын сұрау жиілігін түзетуге мүмкіндік беретін, сұраудың бейімді алгоритмі ұсынылған.

ӘОЖ 621.3.083.92. Г.Д. КОГАЙ, Т.Л. ТЕ. **Телемеханиканың көп шамалы жүйесінің қабылдаушы жартылай жинағы.**

Ақпараттық блоктарды жіберу мен берудің оң нәтижесіне импульстарды көп шамалы таратқыш (МКТ) түрінде импульстарды кәдімгі таратуды орындау есебінен, сондай-ақ жіберуші және қабылдаушы жартылай жинаққа ИКТ күйлерінің есептегіш-дешифраторын, күйлер талдағышын, сызықтық және аралас таратқыштарды басқару блогын енгізумен қол жеткізіледі, бұл телемеханикаландыру объектілерінің үлкен санын механикаландыруға мүмкіндік береді.

Thermal Neutralizer of Exhaust Gas of Quarry Dump Trucks.

A scheme and a description of operating processes in a thermal neutralizer having a heat exchanger have been given, and the methods of heat calculations of a thermal neutralizer of exhaust gas of quarry dump trucks are suggested as well.

UDC 622.684.001.25. R.M. POPOVICHENKO, E.N. RYZHKOV, M.K. IBATOV, N.T. SAGINTAYEV. **Investigating Aerodynamic Characteristics to Develop Design Circuits of Catalyst Neutralizers.**

Theoretical problems have been considered to reveal the possibilities of obtaining a fluidized or boiling layer of a filling agent in neutralizing catalyst systems which allows to increase the degree of cleaning harmful components of exhaust gases in diesel internal combustion engines of quarry motor vehicles. The results of aerodynamic tests of some constructive models with determining gas flow parameters and catalyst mass conditions have been given.

UDC 621.333:622.6. L.A. KRUPNIK, I.N. STOLPOVSKIKH. **Optimizing Loading Terminal Capacity without Accumulating Reservoirs.**

The paper deals with determining the average number of trains getting to a loading terminal per a unit of time taking into account the probability character of arriving the cargo traffic to the loading terminal.

UDC 621.333:622.6. I.N. STOLPOVSKIKH. **Temperature Limitations of Modes of Operation of Electric Locomotive Traction Engines in High-Mountain Conditions of Underground Collieries.**

The results of ventilation calculations of electric-locomotive traction engines for high-mountain conditions of their operation taking into account the air tightness changes along with the increase of the height above the sea level have been given.

UDC 62-519:681.3:004.4. O.A. KAN, A.A. LEBEDEV, D.O. KAN. **Surveying Monitored Transducers in ACS «Safety».**

A structural scheme of the automatic control system «Safety» is presented. An adaptive surveying algorithm is suggested which allows to correct the frequency of surveying different groups of transducers depending on conditions of functioning the objects monitored and on occurring emergency conditions.

UDC 621.3.083.92. G.D. KOGAY, T.L. TYE. **Receiving Semi-Set of Multivariable Telemetry System.**

The positive effect of transmitting and generating information blocks is achieved by manufacturing a conventional pulse distributor in the form of a multivariable pulse distributor (MPD), as well as by introducing a MPD state counter-decoder, a situation analyser, a unit of controlling linear and combined distributors into a transmitting and receiving semi-set which allows to mechanize a large number of objects of telemechanization.

УДК 621.3.083. Г.Д. КОГАЙ, А.М. НУРГУЖИНА, Г.М. ЯВОРСКАЯ. **Алгоритмы оценки деятельности подразделений и программное обеспечение.**

Рассмотрены алгоритмы оценки деятельности подразделений. Описан интерфейс подсистемы.

УДК 681.3. Г.Д. КОГАЙ, А.М. НУРГУЖИНА, Г.М. ЯВОРСКАЯ. **Функция желательности как универсальный критерий оценки деятельности учебных подразделений.**

Рассмотрены простейшие способы обобщенного показателя. Путь к единому параметру оптимизации часто лежит через обобщение, из многих откликов, определяющих объект. Рассмотрена ситуация перехода из множества откликов к единому количественному признаку.

УДК 656.2(0025). А.К. АКИМБЕКОВ, В.С. ХАРЬКОВСКИЙ, С.В. ТИМОШИН. **Анализ инженерного риска опасных производственных объектов железнодорожного транспорта.**

Рассмотрены условия безопасности работы железнодорожного транспорта на примере Карагандинского промышленно-транспортного управления Угольного Департамента ОАО «Испат-Кармет». Определены параметры инженерного риска для определенных групп работников и технологических операций.

УДК 622.807. В.С. ХАРЬКОВСКИЙ, Н.А. ДРИЖД, А.Ф. КИРСИК, Л.Х. БАЛАБАС. **Закономерности пылеосаждения жидкостями в ограниченном пространстве.**

Рассматриваются условия взаимодействия среды и вытекающей из форсунки жидкости в ограниченном пространстве для определения параметров эффективной работы оросительных систем.

УДК 339.5; 504:656. С.В. ЖАРОВ, С.С. ЖАРОВА, Ж.С. НУГУЖИНОВ, А.А. ФЕСЕНКО. **Экологические аспекты промышленного развития объектов нефтегазового комплекса Западного Казахстана.**

Раскрыты особенности создания, современного состояния и перспектив развития объектов по разработке месторождений углеводородов Западного Казахстана, их транспортировке и переработке. Описаны результаты имеющихся при этом экологических рисков, издержек и опасности, которые представляют нефтегазопромыслы и обслуживающие их объекты для человека и окружающей среды.

УДК 311.5.001.5. Г.К. КОШЕБАЕВА, Н.С. БОБРОВА. **Анализ и перспективы развития регионального рынка труда на примере Карагандинской области.**

Представлен анализ рынка труда Карагандинской области и рассмотрены факторы, влияющие на его формирование и развитие. Анализируются причины скрытой безработицы, скрытой занятости. Рекомендовано создать Межведомственную комиссию при Правительстве РК по вопросам разработки и реализации государственной политики занятости населения и единую информационную базу рынка труда.

УДК 339.27. А.П. ИЩЕНКО, О.В. ГАЛИНСКАЯ. **Прогнозирование темпов изменения объема производства предприятий.**

Представленный материал направлен на дальнейшее решение проблемы прогнозирования равновесного состояния рынка путем раскрытия взаимосвязи

ЭОЖ 621.3.083. Г.Д. КОГАЙ, Ә.М. НҰРҒУЖИНА, Г.М. ЯВОРСКАЯ. **Бөлімшелердің қызметін бағалау алгоритмдері және программалық қалтамсыз ету.**

Бөлімшелердің қызметін бағалау алгоритмдері қарастырылған. Қосымша жүйе интерфейсі сипатталған.

ЭОЖ 681.3. Г.Д. КОГАЙ, Ә.М. НҰРҒУЖИНА, Г.М. ЯВОРСКАЯ. **Қажеттілік функциясы оқу бөлімшелерінің қызметін бағалаудың әмбебап критерийі ретінде.**

Жинақталп қорытылған көрсеткіштің қарапайым тәсілдері қарастырылған. Оңтайландырудың бірдей параметріне сәйкестендірілуін жол жинақталп қорыту арқылы, объектіні анықтайтын көптеген пікірлерден тұрады. Көптеген пікірлерден бірдей сандық белгіге ауысу жағдайы қарастырылған.

ЭОЖ 656.2(0025). Ә.Қ. ӘКІМБЕКОВ, В.С. ХАРЬКОВСКИЙ, С.В. ТИМОШИН. **Темір жол көлігінің қауіпті өндірістік объектілерінің инженерлік қауіпін талдау.**

«Испат-Кармет» ААҚ Көмір Департаментінің Қарағанды өнеркәсіптік-көлік басқармасының мысалында темір жол көлігі жұмысының қауіпсіздік жағдайлары қарастырылған. Жұмыскерлердің анықталған топтары мен технологиялық операциялар үшін инженерлік қауіп параметрлері анықталған.

ЭОЖ 622.807. В.С. ХАРЬКОВСКИЙ, Н.А. ДРИЖД, А.Ф. КИРСИК, Л.Х. БАЛАБАС. **Шектелген кеңістікте шаңның сұйықтықпен тұну заңдары.**

Суландыру жүйелерінің тиімді жұмысының параметрлерін анықтау үшін ортаның және шектелген кеңістіктегі форсункадан шығатын сұйықтықтың өзара әрекеттесу жағдайлары қарастырылады.

ЭОЖ 339.5; 504:656. С.В. ЖАРОВ, С.С. ЖАРОВА, Ж.С. НУГУЖИНОВ, А.А. ФЕСЕНКО. **Батыс Қазақстанның мұнай-газ кешені объектілерінің өнеркәсіптік дамуының экологиялық аспектілері.**

Батыс Қазақстанның көмірсутектер кен орындарын қазу, оларды тасымалдау және қайта өңдеу бойынша объектілердің құрылу ерекшеліктері, қазіргі жағдайы және даму перспективалары ашылып көрсетілген. Сонымен бірге бар болатын экологиялық қауіптердің, адам мен қоршаған орта үшін мұнай-газ өнеркәсіптері және оларға қызмет көрсетуші объектілер келтіретін шығындар мен қауіптіліктің нәтижелері сипатталған.

ЭОЖ 311.5.001.5. Г.К. КОШЕБАЕВА, Н.С. БОБРОВА. **Қарағанды облысының мысалында еңбектің аймақтық рыногын талдау және даму перспективалары.**

Қарағанды облысының еңбек рыногын талдау ұсынылған және оның қалыптасуы мен дамуына әсер ететін факторлар қарастырылған. Жасырын жұмыссыздық, жасырын жұмыс бастылық себептері талданады. Тұрғындардың жұмыс бастылығының мемлекеттік саясатын әзірлеу және жүзеге асыру мәселелері бойынша ҚР Үкіметінің жанында ведомство аралық комиссия және еңбек рыногының бірыңғай ақпараттық базасын құру ұсынылған.

ЭОЖ 339.27. А.П. ИЩЕНКО, О.В. ГАЛИНСКАЯ. **Кәсіпорындар өндірісі көлемінің өзгеру қарқындарын болжау.**

Ұсынылған материал пессимисттік болжам құру сәтінде қаржылық жағдайы әр түрлі кәсіпорындар үшін өндіріс көлемдерінің

UDC 621.3.083. G.D. KOGAY, A.M. NURGUZHINA, G.M. YAVORSKAYA. **Algorithms of Evaluating Subdivisions Activity and Software.**

Algorithms of evaluating the subdivisions activity have been considered. A sub-system interface has been described.

UDC 681.3. G.D. KOGAY, A.M. NURGUZHINA, G.M. YAVORSKAYA. **Function of Desirability as Universal Criterion of Evaluating Educational Subdivisions Activity.**

The simplest ways of a generalized index have been considered. The way to a single optimization parameter often goes through generalizing a lot of responses determining an object. A situation of transmitting from a variety of responses to a single quantitative character has been considered.

UDC 656.2(0025), A.K. AKIMBEKOV, V.S. KHARKOVSKY, S.V. TIMOSHIN. **Analyzing Engineering Risk of Dangerous Production Objects of Railway Transport.**

Safety conditions of railway transport operation have been considered on the example of the Karaganda Industrial Transport Administration of the OJSC «Ispat-Karmet» Coal Department. Parameters of engineering risk have been determined for certain groups of workers and process operations.

UDC 622.807. V.S. KHARKOVSKY, N.A. DRIZHD, A.F. KIRSIK, L.Kh. BALABAS. **Mechanisms of Liquid Dust-Precipitation in Limited Space.**

The conditions of interacting the environment and the liquid running out of a nozzle in a limited space are considered to determine parameters of the effective operation of irrigation systems.

UDC 339.5; 504:656. S.V. ZHAROV, S.S. ZHAROVA, Zh.S. NUGUZHINOV, A.A. FESENKO. **Ecological Aspects of Industrial Development of Objects of Oil-and-Gas Complex of Western Kazakhstan.**

The peculiarities of creation, a modern state and prospects of developing objects to exploit hydrocarbon deposits of Western Kazakhstan, their transportation and processing have been revealed. The results of available ecological risks, expenses and hazards which the oil and gas industry and the installations servicing it represent for a human being and the environment have been described.

UDC 311.5.001.5. G.K. KOSHEBAYEVA, N.S. BOBROVA. **Analysis and Prospects of Developing Regional Labour Market on Example of Karaganda Region.**

The analysis of the labour market in the Karaganda region has been presented, and the factors influencing its formation and development have been considered. The reasons of hidden unemployment and employment are analyzed. It has been recommended to create a joint committee at the Government of RK on the problems of developing and realizing the state policy of employing the population and a single information base of the labour market.

UDC 339.27. A.P. ISHCHENKO, O.V. GALINSKAYA. **Forecasting Rate of Changing Enterprise Output.**

The material given is directed to the further solution of the problem of forecasting the equilibrium state of the market by revealing interactions of outputs and volumes of

объемов производства с объемом оборотных средств для предприятий с различным финансовым положением на момент построения пессимистического прогноза.

УДК 338.3. Г.М. АУБАКИРОВА. Матричная модель оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности промышленного предприятия.

Обоснована целесообразность применения матричных моделей в оценке деятельности предприятия.

айналымдық қаржылар көлемімен өзара байланысын ашу жолымен рыноктың тепе-тең жағдайын болжау проблемалары әрі қарай шешілуге бағытталған.

ӘОЖ 338.3. Г.М. АУБАКИРОВА. Өнеркәсіптік кәсіпорынның өндірістік-шаруашылық қызметінің тиімділігін бағалаудың матрицалық моделі.

Кәсіпорынның қызметін бағалауда матрицалық модельдерді қолданудың мақсатқа сәйкестілігі қамтамасыз етілген.

circulating sums for enterprises of different financial conditions at the moment of creating a pessimistic forecast.

UDC 338.3. G.M. AUBAKIROVA. Matrix Model of Evaluating Effectiveness of Economic Production Activity of Industrial Enterprise.

The expediency of applying matrix models to evaluate an enterprise activity has been substantiated.

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА. 2003. №1. 101 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

Бас редактор — Главный редактор

Г.Г. Пивень

Жауапты редактор — Ответственный редактор

А.З. Исагулов

Әдеби редакторлар — Литературные редакторы

Т.В. Рустемова, Р.С. Исакова, Б.А. Асылбекова

Аудармашылар — Переводчики

А.С. Қордабаева, Л.В. Евдокимова

Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка

М.М. Утебаев

Басуға қол қойылды	20.03.2003	Подписано к печати
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, ес.б.т.	15,7	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	2699	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции
470075, г. Караганда, бульвар Мира, 56. Издательство КарГТУ