

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ
ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

✻ 1 (22)
2006

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

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

МЕНШІК ИЕСІ

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

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

СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

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)
- Ахметжанов Б.А.** зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.
- Байджанов Д.О.** декан инженерно-строительного факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
- Бакиров Ж.Б.** зав. кафедрой прикладной механики, д-р техн. наук, проф.
- Брейдо И.В.** зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, 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, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук
- Жадрасинов Н.Т.** зав. кафедрой теоретической механики, академик МАИН, чл.-кор. НИА РК, д-р техн. наук, проф.
- Жумасултанов А.Ж.** профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук
- Исагулов А.З.** первый проректор, академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.
- Квон С.С.** профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, д-р техн. наук
- Климов Ю.И.** зав. кафедрой горных машин и оборудования, академик МАИН, 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.** директор Департамента высшего и послевузовского образования МОН РК, академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.
- Пак Ю.Н.** проректор по учебно-методической работе, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф. (ответственный за выпуск)
- Палев П.П.** профессор кафедры теоретической механики, д-р техн. наук
- Сагинов А.С.** академик НАН РК, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Смирнов Ю.М.** зав. кафедрой физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
- Тутанов С.К.** зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
- Фешин Б.Н.** декан электромеханического факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)
- Хамимолда Б.Ж.** проректор по воспитательной работе, чл.-кор. АМР РК, д-р техн. наук, проф.
- Яворский В.В.** зав. кафедрой автоматизированных информационных систем, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	5
ПИВЕНЬ Г.Г., ПАК Ю.Н. Высшая техническая школа на пути Болонских реформ: проблемы, перспективы, решения	5
РАЗДЕЛ 2. ГЕОТЕХНОЛОГИИ	11
ДЕМИНА Т.В. Исследования изменения нагрузки на очистной забой от влияющих факторов.....	11
АКИМБЕКОВ А.К., КАМАРОВ Р.К., ОЛЕНЧЕНКО П.П. Динамика деформирования кровли выработки при применении анкерной крепи	15
ДЕМИН В.Ф., СМАИЛОВ Н.О., ТУЛЕПОВ Н.Н. Концептуальный этап создания экспертной системы планирования горно-подготовительных работ при оптимизации технологических схем угольных шахт.....	17
ОЛЕНЧЕНКО П.П. Исследование влияния анкерной крепи на газовыделение при высоких темпах проведения горных выработок	19
РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЯ	23
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., АБАЕВА С.С. Определение степени деформации при перегибе листа	23
НУРМУХАНБЕТОВ Ж.У., ТОЛЫМБЕКОВ М.Ж., КИМ В.А. Исследования свойств спецкокса как восстановителя для выплавки кремнистых сплавов	26
ЗВИЖИНСКАЯ Н.И., ИСАНОВА Б.Х., ГАВВА Н.Ф. Исследование процесса обесфосфоривания лисаковского концентрата.....	29
МУСИНА И.Б., ТАКЕНОВ Т.Д., БАЙСАНОВ С.О., ТОЛЫМБЕКОВ М.Ж. Теоретические предпосылки к использованию высокозольных углей взамен флюса и части коксика при электротермии феррохрома	31
РАЗДЕЛ 4. БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ЭКОЛОГИЯ	33
ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г., ХАМИТОВ С.К. Распределение концентрации вредных примесей при проветривании горных выработок.....	33
НАЛИБАЕВ Т., ОБУХОВ Ю.Д. Природа состояния хрома в водных растворах.....	36
ПОПОВ К.Н., ТЕКИНИДИ К.Д., ЖАКУПОВА А.С. Экологическая обстановка в Центральном Казахстане, заболеваемость и воздухоохраные мероприятия.....	39
АКИМБЕКОВ А.К., САДЧИКОВ А.В. Определение объёма коллектора газа в отработанном пространстве ликвидированных шахт.....	42
ИПАЛАНОВА М.Т., КВАСОВ А.И. Адаптация методики расчета концентраций вредных веществ в атмосфере к условиям г. Усть-Каменогорска	44
РАЗДЕЛ 5. СТРОИТЕЛЬСТВО	47
КАДЫРОВ А.С., БЕСТЕМБЕК Е.С. Анализ свойств мерзлых и прочных грунтов и оборудования для их резания	47
БОЛОТКИН С.Н., СУДАРИКОВ А.Е. Расчет обшивки жестких стальных погрузочных бункеров по предельному прогибу пластин.....	49
ЖАДРАСИНОВ Н.Т., КАНАТОВ А.С., АХМЕДИЕВ С.К. Метод криволинейных сеток на треугольных элементах.....	52
НУГУЖИНОВ Ж.С. К методике расчета железобетонных изгибаемых элементов с трещиной	55
БАЙДЖАНОВ Д.О., ШАРИПОВ С.М., КАСЫМ Ш. Комплексное использование местных отходов промышленности для производства коррозионно-стойких мелкозернистых бетонов	57
ЕЛЬМУРАТОВ С.К. Нелинейная динамика ортотропных оболочек.....	59
РАЗДЕЛ 6. ТРАНСПОРТ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ. ГОРНАЯ МЕХАНИКА	62
ПИВЕНЬ Г.Г., БАЙЖАБАГИНОВА Г.А. Повышение износостойкости и долговечности деталей горно-обогатительных машин.....	62
НИКОЛАЕВ Ю.А., ЖАУТИКОВ Б.А., ТАРАНОВ А.В., МЕХТИЕВ А.Д. Экспериментальное исследование неравномерности загрузки скипа шахтной пневмоподъемной установки	64

МАЛЫБАЕВ С.К., РОЖКОВ А.В., БАЛАБАЕВ О.Т. Перспективы применения циклично-поточной и поточной технологий на открытых горных работах.....	68
РАЗДЕЛ 7. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. СВЯЗЬ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.....	69
АМАНОВ Б.Р., АЛИМБАЕВА А.Б. Разработка и внедрение биллинговой системы в Карагандинском филиале ОАО «Казакхтелеком».....	69
ЯВОРСКИЙ В.В., ЖАРДЕМОВА Д.Т. Проблемы автоматизации системы «Онкогематологический канцер-регистр».....	72
РАЗДЕЛ 8. ЭНЕРГЕТИКА. АВТОМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	78
БРЕЙДО И.В., ЛЕПЕХОВ Д.А. Перспективы и опыт внедрения современных полупроводниковых систем электропривода в промышленности Казахстана.....	78
ЗАХАРОВ И.В. Влияние толщины диэлектрика на электрические и массогабаритные показатели индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности.....	81
ЖУМАГУЛОВ К.К. Исследования эффективности экранирования неферромагнитного проводящего корпуса конечной длины электрической машины.....	84
АВДЕЕВ Л.А., ШАТОХИН В.Н., ТАРАСЕНКО Д.С. Автоматический контроль состояния выработок на добычных участках с прямоточной схемой проветривания и подсыжением.....	86
КРИЦКАЯ Т.Б., ФЕШИН Б.Н. Идентификация электромагнитных и электромеханических моделей электроприводов горно-добывающих машин.....	90
РЕЗЮМЕ.....	93
Правила оформления и представления статей.....	97

УДК 378.662.014.3

Г.Г. ПИВЕНЬ
Ю.Н. ПАК

Высшая техническая школа на пути Болонских реформ: проблемы, перспективы, решения

Характерной особенностью современного казахстанского общества является изменение доминирующего вида деятельности человека, обусловленного переходом к индустриально-инновационному этапу развития общественного производства. Это предъявляет повышенные требования к высшей технической школе. Готовность выпускников к профессиональной деятельности в динамичном информационном обществе заставляет переосмыслить традиционные представления о содержании высшего профессионального образования и наметить правильные векторы его модернизации.

Динамика преобразований в экономике, технике и технологиях производства заметно опережает динамику смены человеческих поколений. Это делает необходимым большинству трудоспособного населения постоянно повышать квалификацию, осваивать новые виды деятельности. Таким образом, непрерывное образование должно стать неотъемлемой частью жизни каждого человека.

В настоящее время темпы научно-технического прогресса зависят от эффективности системы высшего образования, которая не может не совершенствоваться, отражая новые требования

индустриального общества. Все это ставит перед высшей школой все более сложные задачи по обучению и воспитанию молодого поколения.

Бывшая советская высшая школа, а с некоторых пор и казахстанская высшая школа ставили задачу подготовки специалистов для народного хозяйства по широкому спектру (номенклатуре) рабочих мест, в том числе в промышленности, культуре, образовании и т.д. Выпускник технического вуза — инженер — рассматривался как законченный, полноценный продукт высшего профессионального образования, соответствующий вакансии в номенклатуре должностей. Высшее образование фактически выполняло задачу непосредственной подготовки специалиста-профессионала в той или иной предметной отрасли.

В условиях сравнительно медленной эволюции общественного производства и постоянства структуры и содержания образования сложился так называемый тип «конечного образования», при котором полученные знания и умения сохраняли ценность и востребованность на протяжении длительного этапа профессиональной деятельности специалиста.

В современных условиях динамика перемен такова, что приобретенные знания и умения устаревают быстро. Пятилетний срок подготовки дипломированных специалистов оказывается слишком длительным в условиях высокой динамики профессиональной занятости. Профессиональная занятость и профессиональное образование утратили синхронность. Возникла проблема соотношения базовой подготовки и более узкой специализации (профилизации) высшего образования.

XXI век — это век высоких технологий и динамично изменяющейся техники. Получение высшего образования должно утратить свой разовый характер и приобрести черты непрерывного образовательного процесса.

В результате «конечного образования» обостряются проблемы функциональной технико-технологической некомпетентности специалистов, структурной безработицы, возникает дефицит технико-экономических, правовых и экологических знаний. В условиях глобализации и массового характера высшего образования оно должно приобрести черты мобильности и гибкости. Этому в полной мере соответствует многоступенчатая структура высшего профессионального образования, являющаяся сердцевинной Болонских реформ.

Стремление к переходу от традиционной моноуровневой структуры к двухуровневой (бакалавриат, магистратура) объяснимо имеющимся недостатком существовавшей системы высшего образования, а именно отсутствием гибкости. Независимо от склонностей, способностей и возможностей студентов обучали в течение 5 лет до заветного диплома. Многолетний опыт свидетельствует, что на определенном этапе обучения прослеживается дифференциация студентов по уровню образованности, компетентности и мотивации к обучению. Часть студентов полна желанием учиться, получать знания. Определенная часть студентов учится как бы по инерции, в рамках обязательного минимума, не проявляя активности. Третью группу составляют студенты, которые довольствуются фактом пребывания в вузе. Проучившись более половины срока обучения, они признаются в ошибочности выбранной специальности и теряют интерес к учебе, их удерживает лишь желание получить диплом. В этой связи возникает вопрос: нужно ли всех студентов обучать по единым образовательным программам в течение 5 лет? Может быть, срок обучения для последних ограничить 4 годами?

Дипломированный специалист-инженер, подготовленный за 5 лет, по уровню знаний, умений и навыков выше, чем западный бакалавр техники. Поэтому можно пойти по пути сокращения срока обучения с тем, чтобы приблизить (уравнять) нашего 4-летнего бакалавра с европейским бакалавром и сэкономленные денежные средства направить на укрепление материально-технической базы, повышение стипендии студентам и зарплаты преподавателям.

С другой стороны, общепризнанным является факт превосходства советского инженерного

образования над зарубежным. Это превосходство в фундаментальной естественно-научной и общепрофессиональной подготовке. Так стоит ли разрушать эту хорошо зарекомендовавшую стройную систему подготовки инженерных кадров?

Переход на многоступенчатую структуру высшего профессионального образования — это общемировая тенденция. В настоящее время уже более 40 стран Европы присоединились к Болонскому процессу. Естественно, Казахстан не может игнорировать эти новации.

В условиях рыночной экономики, когда динамика перемен в экономике высока, когда происходит частая смена технологий и техники, «конечное образование» или «образование на всю жизнь» утрачивает реальный смысл.

Традиционная моноуровневая система подготовки инженерных кадров, ориентированная на получение определенных знаний, умений и навыков, удовлетворяла запросы старой социально-экономической системы. Ей присущ узкопрофессионализм, отсутствие гибкости и достаточных практических навыков в сфере предпринимательства и менеджмента. В новых рыночных условиях специалисты, подготовленные по старой модели, вряд ли найдут успешное приложение приобретенным знаниям. Необходимо создание условий для подготовки специалистов, востребованных современным рынком и более мобильных, способных быстрее адаптироваться к динамике перемен и способных к дальнейшему самообразованию и развитию. Система высшего образования должна носить опережающий характер, это заставляет высшую техническую школу готовить специалиста к работе не столько на конкретном рабочем месте, сколько в конкретной предметной отрасли.

Современные работодатели, в целом заинтересованные в качественном пополнении кадрового потенциала молодыми специалистами, осознают что инвестиции в высшее образование являются стратегически длительными с отдачей в перспективе, т.е. они имеют «венчурный характер», поскольку за сравнительно длительный срок обучения студента возможны изменения в структуре и объеме производства, а следовательно, и реальной потребности в кадрах. Более того, человеческий фактор с точки зрения рабочей силы достаточно неустойчив. Все эти моменты позволяют работодателям отбирать нужных молодых специалистов — выпускников не путем прямого финансирования, а через механизм рынка труда.

В условиях рыночной экономики общество не желает брать на себя чрезмерные обязательства по подготовке специалистов по широкому спектру узконаправленных специальностей, поскольку сравнительно низкая профессиональная мобильность таких специалистов и длительный срок их подготовки за счет бюджета государства являются нерациональными. В такой ситуации компромиссным решением может быть подготовка в более короткие сроки специалистов широкого профиля по укрупненным специальностям. По-

видимому именно этим определяется принятая на Западе многоступенчатая структура подготовки (бакалавриат, магистратура). При этом профессиональная «доводка» бакалавров, их адаптация к конкретному предметному виду деятельности, как правило, осуществляется путем внутрифирменного обучения, которое более выгодно работодателю, поскольку содержание такого обучения определяет он сам.

Вхождению Казахстана в Болонский процесс должен предшествовать глубокий анализ и пересмотр государственных образовательных стандартов специальностей высшего профессионального образования. За период суверенитета РК были созданы и действовали 3 поколения казахстанских госстандартов. В 2006 г. будут утверждены новые госстандарты специальностей бакалавриата и магистратуры. Смена госстандартов, учебных планов и программ вызвана частой сменяемостью Классификатора специальностей. Все эти изменения носили в большой степени хаотический характер, и в них не просматривалась системность проводимых реформ. В ныне действующих государственных стандартах дано подробное изложение того, чему нужно обучать студента, какими знаниями, умениями и навыками должен обладать выпускник.

В преддверии развития опережающего образования нужен переход от знаниевой составляющей к компетентностной модели. Компетентностный подход вызван необходимостью привести в соответствие содержание высшего профессионального образования и потребности работодателей и рынка труда. По сути компетентностная модель характеризует не интегральную характеристику усвоенной информации (знания, умения и навыки), а способность специалиста на основе полученных знаний, умений и навыков результативно выполнять функциональные обязанности и умело действовать в различных проблемных ситуациях.

Здесь возникает проблемный вопрос: «Кто и каким образом будет оценивать уровень компетентности подготовленных специалистов?» Какими критериальными качествами должен обладать выпускник, подготовленный согласно компетентностной модели? Эти вопросы подлежат детальному исследованию со стороны педагогической науки с широким участием научно-педагогической общественности.

В настоящее время элементы компетентностного подхода задаются требованиями государственных образовательных стандартов, которые определяют минимальные требования к содержанию образования и уровню подготовки специалиста. В знаниевой парадигме образования эти взаимосвязанные компоненты означают: минимум содержания образования — это то, что преподаватель обязан дать студентам, а минимум уровня подготовки — то, что обучающийся обязан усвоить. Отсюда следует, что взаимосвязь между этими компонентами базируется на «передаточной» педагогике: преподаватель «дает», студент «берет». Такая образовательная педагогика в определенной степени способствует формированию

иждивенческого отношения к обучению. Как быстрее отойти от такого подхода? Задача архисложная.

Совершенствование казахстанской системы высшего профессионального образования должно идти в направлении оптимизации объема учебной информации, выделения ее наиболее существенной части, которая должна быть в основе знаний, получаемых обучающимся.

Бытует афоризм, что учеными становятся студенты, которые не смогли в процессе обучения научиться массе ненужных вещей. Вопрос состоит именно в отборе тех знаний, которые действительно необходимы человеку с учетом выбранной им профессиональной области, в противовес имеющей место тенденции все большего увеличения объема информации для изучения.

Формирование этого «достаточного минимума» — сложнейшая задача, которая должна решаться в процессе разработки государственных образовательных стандартов. Сложность этой задачи объясняется отсутствием методологии перевода характеристик содержания трудовой деятельности и профессиональных требований к специалисту в содержание его обучения, отбора при этом необходимых знаний.

К сожалению, следует констатировать, что под влиянием информационного бума, сопровождаемого большим объемом избыточной информации, прослеживается тенденция: в ограниченное время обучения задействовать большое количество узкопрофессиональных дисциплин с бесконечным наращиванием объема разноплановой и лоскутной информации.

Отбор оптимального объема знаний с позиции понятия «достаточный минимум» знаний предполагает не ограничение образовательных потребностей и возможностей обучающегося, а разумный подход к формированию объема и содержания профессионального образования, отвечающего интересам как самой личности, так и потребностям общества. При этом «достаточный минимум» как категория должен реализовываться через госстандарт в части обязательного компонента.

Грамотный подход к решению этой задачи заключается в обосновании структуры и содержания ядра знаний и его оболочки с учетом профессиональной деятельности будущего специалиста. При этом ядро знаний представляет собой устойчивую часть — знания на «всю жизнь». В основе такого ядра лежит фундаментальная естественно-научная подготовка (физика, математика, информатика и др.) и наиболее устойчивая (инвариантная) часть прикладных наук (теоретическая механика, электротехника, начертательная геометрия и инженерная графика и т.д.).

При формировании образовательных программ профессиональных дисциплин обычно исходили из существующего состояния науки и профессиональной практики. Такой подход был приемлем ранее, но ни в коей мере не соответствует современному динамично развивающему обществу, основанному на знаниях. Необходимо ориентироваться на потребности в

будущем. Иными словами, переходить к опережающему образованию.

Классификатор специальностей высшего профессионального образования — основной системообразующий документ, необходимый государству для подготовки специалистов. Он позволяет работодателям и гражданам ориентироваться в океане разнообразия образовательных программ.

В ныне действующем Классификаторе (2004г.) сделан революционный переход к укрупненным специальностям технического профиля и отказ от подготовки дипломированных специалистов. В преддверии вступления Казахстана в Болонский процесс переход на двухуровневую структуру подготовки специалистов с высшим образованием, на первый взгляд, оправдан. Однако будущее трудоустройство бакалавров по интегрированным техническим специальностям, подготовка которых начата в 2004 г. в соответствии с Госстандартами III поколения, вызывает определенное беспокойство. Причин здесь несколько. Образовательные программы бакалаврской подготовки представляют в основном несколько усеченные программы 5-летней подготовки дипломированных специалистов. При этом сохранен достаточно объемный цикл общеобразовательных дисциплин, включая дисциплины социально-гуманитарной направленности. Практическая подготовленность будущих бакалавров будет уступать традиционной инженерной подготовке.

Поэтому справедливо сформировавшееся в обществе утверждение о том, что бакалавр техники — это недоучившийся инженер. Потребители выпускников технических вузов скептически относятся к профессиональным возможностям отечественных бакалавров и их адаптационным способностям. Зарубежный бакалавриат, имеющий глубокие корни и многолетний опыт, вполне самодостаточен. Европейские бакалавры, как правило, имеют возможность совершенствоваться в фирмах, где созданы для этого условия. К сожалению, в Казахстане пока такой возможности нет.

В 2008 г. в масштабе республики будет осуществлен первый выпуск бакалавров техники по укрупненным специальностям Классификатора 2004г., а годом раньше завершится последний выпуск дипломированных специалистов по узкопрофильным специальностям Классификатора 2001 г. Время покажет: был ли правильным и своевременным такой резкий переход!

Россия, подписав Болонскую декларацию в 2003 г. и введя двухуровневую структуру (бакалавриат, магистратура), сохранила промежуточную ступень подготовки дипломированных специалистов. Это проявление консерватизма или взвешенно-грамотный подход? Нам представляется вполне оправданным на переходном этапе сохранение в качестве промежуточной ступени инженерной подготовки. Согласно такой модели обладатель диплома бакалавра имеет возможность выбора двух образовательных траекторий: дополнительно 1-1,5 года обучения с получением квалификации дипломированного специалиста — либо дополнительно 1,5-2 года

обучения в магистратуре с получением академической степени магистра. Несмотря на усложненность, такая схема с формальной точки зрения не противоречит принципам Болонской декларации и соответствует требованиям переходного периода.

В системе высшего образования Казахстана официальная констатация различных уровней подготовки и классификаций дана в соответствующих государственных стандартах специальностей бакалавриата и магистратуры. Необходимо на законодательном уровне четко обозначить перечень должностей, которые могут быть заняты специалистами с высшим образованием — бакалаврами и магистрами. Самыми незащищенными в профессиональном, экономическом и правовом плане окажутся бакалавры, которые составят наиболее многочисленный контингент выпускников высшей технической школы. Какая часть выпускников-бакалавров продолжит обучение на последующей ступени (магистратуре)? Какова будет востребованность новоиспеченных бакалавров техники? Как новые бакалавры и магистры будут соотноситься с прежними инженерами по уровню оплаты и должностям? Введенная согласно Классификатору 2004 г. профильная магистратура предусматривает частичную компенсацию дефицита выпускников технических вузов, связанного с отказом от подготовки дипломированных специалистов. Для этого Учебно-образовательный процесс двухуровневой структуры должен быть реализован на основе принципа непрерывности, означающего, что перечень дисциплин представляет собой логическую взаимосвязанную пирамиду знаний, разделяемую на уровни (бакалавриат и профильная магистратура) без потери логики и необходимого содержания обучения с учетом компетентного подхода и профессионально-практической направленности магистров. Будут ли магистры иметь преимущества перед бакалаврами? Проучившись дополнительно 1,5-2 года, выпускник магистратуры может оказаться в подчинении своего однокурсника-бакалавра, сделавшего за этот период карьеру на производстве. Такая неопределенность статуса магистра не стимулирует приток талантливой молодежи для получения второй ступени высшего образования. Этому способствует также желание выпускников быстрее самоутвердиться на производстве и стать независимым от родителей.

Этими обстоятельствами объясняется отсутствие состязательного конкурса при поступлении в магистратуру на технические специальности, в результате чего магистрантами становятся далеко не лучшие выпускники вузов.

Хотя Казахстан еще не присоединился к Болонскому процессу, однако Болонские реформы уже частично затронули казахстанскую высшую школу: переход на двухуровневую структуру подготовки специалистов с высшим образованием, экспериментальная апробация программ подготовки докторов — PhD, организация учебного процесса по кредитной технологии в режиме эксперимента.

Европейская система зачетных единиц ECTS, разработанная в 1989г. в рамках международной

программы ERASMUS — это система учета трудозатрат и качественной оценки усвоения дисциплин и образовательной программы в целом. По сравнению с традиционной, советской, трудоемкостью в часах кредитная технология удобна тем, чем она оценивается в относительных единицах — кредитах. Ведь трудоемкость аудиторной и самостоятельной работы студента в часах разная в зависимости от его способностей.

Переход к кредитной технологии на основе единой системы зачетных единиц — это кардинальная перестройка учебного процесса, работы и преподавателя, и студента. Она предполагает концентрированные формы и технологии изложения учебного материала в сочетании с активной самостоятельной работой, рейтинговым контролем, высоким уровнем информационного и методического обеспечения. По сути — это ломка образовательной среды, которая сложилась на протяжении многих десятилетий.

Использование системы зачетных единиц следует рассматривать как принципиально новое системное явление в отечественной высшей школе. Важно избежать чисто механического подхода: пересчета учебной нагрузки в часах в зачетные кредиты и заодно иллюзии о том, что можно в системе обучения оставить все без изменения, введя только новую относительную единицу трудозатрат студента.

В масштабе республики сейчас проводится эксперимент по реализации кредитной технологии обучения по ряду специальностей экономического и гуманитарного направлений. Вопросы возникают много. Необходимо глубокое обобщение и анализ результатов эксперимента, на основе чего выработать рекомендации по переходу технических вузов на данную технологию. Предпочтительным представляется постепенный переход к новой организации учебного процесса, когда глобальные изменения и локальные новации, последствия которых трудно сейчас спрогнозировать, отрабатываются на примере одной, двух специальностей и нескольких вузов в рамках экспериментальных программ. Такой поэтапный переход позволит свести к минимуму потери и более точно оценить, какие из факторов являются следствием недостаточно хорошей организации учебного процесса, а какие — производными от нововведений. В противном случае неизбежны ошибки, потери, от которых пострадают студенты. Важно не допустить профанации. Полезное дело (кредитную технологию) можно погубить, если поспешно, необдуманно действиями форсировать ее внедрение, потеряв при этом качество обучения. Здесь важно соблюсти принцип: «Торопись — не спеши». В процессе апробации и поэтапного перехода к кредитной системе зачетных единиц необходимо ввести новые организационные, методические и правовые материалы: Правила организации деятельности вузов, реализующих кредитную технологию с широкой выборностью дисциплин и преподавателей, новое поколение государственных образовательных стандартов специальностей высшего образования на основе компетентностной модели выпускника, создание института академических

тьюторов, новое информационное и методическое обеспечение образовательного процесса и т.д. Все это потребует повышенных нормативов финансирования и качественно иного уровня профессорско-преподавательского состава.

Важнейшим условием Болонских реформ является расширение академической мобильности студентов. Решение этой проблемы видится в создании общеевропейских образовательных программ по широкому спектру специальностей и направлений подготовки. В Казахстане и других странах СНГ проблема единства академического образовательного сообщества решается введением государственных образовательных стандартов. Попытка России представить стандарт в качестве общеевропейского инструмента вызвала негативную реакцию стран-участниц Болонского процесса. В этом проявляется одно из противоречий Болонской декларации, которое в определенной степени будет сдерживать продвижение Болонского процесса.

Основная цель интеграции Казахстана с единым общеевропейским образовательным пространством должна заключаться в обеспечении конкурентоспособности системы высшего профессионального образования на мировом рынке труда. Для этого необходимо добиться того, чтобы наши образовательные программы обеспечивали необходимый уровень образования и были узнаваемыми на рынке образовательных услуг. В этом плане ключевая роль в отечественной системе ВПО принадлежит государственным стандартам. Болонские реформы не оперируют понятием стандарта в нашем понимании смысла этого документа. Более того, Болонскому процессу чуждо такое понятие, которое воспринимается как нарушение принципа автономии вузов. Европейский подход прост и основан на рыночной экономике: «Если вуз недодал своему студенту, он будет неконкурентоспособным, а из этого следует, что очень скоро неконкурентоспособным станет и вуз». Это известный метод проб и ошибок, который может поломать судьбы обучающихся. Наши госстандарты в определенной степени, выполняя роль амортизатора, смягчают и предупреждают возникновение таких ситуаций.

Высшее образование в Европе по структуре, содержанию, технологиям и срокам обучения весьма разнообразно. Каждая страна имеет свою культуру, историю, традиции, менталитет и свою систему образования. Даже в разных университетах одной страны учебные программы и сроки обучения для получения одной и той же квалификации могут быть различными. Такая своеобразная мозаика потребует от европейских стран — подписантов Болонской декларации существенно реформировать свои национальные образовательные системы в направлении их унификации. В этом плане Казахстану при вступлении в Болонский процесс легче перестроиться, так как система высшего образования функционирует по единым государственным стандартам.

Стандарты должны служить стимулом для вузов, той верхней планкой, к которой нужно стремиться.

При разработке стандартов нового поколения надо отказаться от чисто механического подхода к пересмотру учебных планов и программ, простого деления существовавшей моноуровневой программы на две части; взвешенно подойти к перечню и объему дисциплин с тем, чтобы образовательные программы были нацелены на подготовку специалистов, отвечающих требованиям компетентностной модели; исключить имеющее место дублирование. В частности, доля дисциплин социально-гуманитарной направленности в программах бакалаврской подготовки зарубежных вузов колеблется в пределах 5-11%, в то время, как у нас она превышает 20%. При реформировании средней школы, в частности переходе на 12-летний цикл, часть вузовских общеобразовательных дисциплин необходимо перенести в школу, по существу, усилить языковую подготовку в средней школе по европейским образцам. При синхронном реформировании высшей и средней школы и грамотно обоснованном распределении бюджета времени можно за 4 года подготовить конкурентоспособного бакалавра технического профиля, адекватного по уровню компетентности дипломированному специалисту.

В дискуссиях относительно образовательных программ и стандартов обнаруживаются разные подходы. Сторонники революционного подхода ратуют за отказ от образовательных стандартов и предоставление полной автономии вузам в выборе состава и содержания учебных дисциплин и сроков обучения. Отказ от стандартов предполагает отсутствие контроля со стороны государства и общества. Возможно появление вседозволенности в формировании содержания образования, которая может привести к размытию предметного содержания и, как следствие, к потере качества образования. Другая крайняя позиция — обучение строго по единым госстандартам без предоставления каких-либо свобод вузам.

На наш взгляд, нынешняя образовательная идеология Казахстана — наиболее адекватно отражает требования времени: процесс обучения в вузах согласно госстандартам с выделением обязательного компонента и достаточно мобильного вузовского компонента для удовлетворения потребностей динамично меняющегося рынка труда.

В отличие от прошлых лет (90-е годы), когда требование о предоставлении достаточной автономии звучали категорично, сегодня вузы в большинстве своем не желают пользоваться большой самостоятельностью. Отмечается снижение потенциала мотивации в управлении учебным процессом, возрастает доля прагматизма и меркантильности, поскольку социальное и материальное положение ППС оставляет желать лучшего. Расширение спектра и объема образовательных услуг (постоянно увеличивающийся государственный заказ, увеличение контингента обучающихся) без достаточно квалифицированного потенциала профессорско-преподавательского состава, учебно-лабораторной и научной базы и методической оснащенности учебного процесса не способствуют повышению качества обучения.

Сегодня наблюдается ситуация, когда вузы буквально задыхаются от избытка студентов, их слабой подготовленности, нехватки аудиторного фонда, высокой загруженности преподавателей, недостаточной их эрудиции, нежелания повышать квалификацию и т.п.

Недостаточное финансирование высшей школы способствовало организации платного сектора образования в государственных вузах. На первоначальном этапе становления высшего образования суверенного Казахстана это позволило вузам выжить в труднейших условиях зарождения рыночной экономики. Сегодня большинство государственных вузов довольно устойчиво по финансовому положению. Назрела острая необходимость принятия комплексных мер по повышению качества высшего образования. Вузы должны повысить ответственность перед обществом и выпускниками за то, чтобы дипломы о высшем образовании были полновесными с точки зрения знаний и компетентности.

Высокая динамика перемен, интенсивное устаревание знаний уже на этапе завершения учебы актуализируют проблему дополнительного образования. В этой связи образовательные учреждения должны максимально способствовать формированию навыков саморазвития.

Необходимо сформировать единую систему повышения квалификации ППС вузов. В ведущих учебно-образовательных и научных учреждениях необходимо создавать институты (факультеты) повышения квалификации, призванные дать углубленные знания в области современной науки преподавания дисциплин с учетом передового педагогического опыта, новых инновационных технологий. Особенно актуальна эта проблема для технических вузов, где в большинстве случаев преподаватели не имеют специального педагогического образования и являются специалистами в определенной предметной отрасли.

Система высшего профессионального образования — это весьма инерционная система как по своим масштабам, так и по характеру влияния на общественное развитие. Любые качественные изменения должны быть грамотно продуманы. Необходимо взвешенно отнестись к новой практике, отечественному и зарубежному опыту, не стремясь имплантировать в систему ВПО чужеродное, не свойственное ей.

Сейчас высшая техническая школа непосредственно вовлечена в систему рыночных отношений. Высшее образование должно стать самым дорогим товаром. Устойчивое развитие экономики любой страны определяется не столько имеющимся природно-сырьевыми и материальными ресурсами, сколько общим уровнем образованности нации. Предстоящее вступление Казахстана в ВТО более контрастно обозначает проблему подготовки конкурентоспособных специалистов.

В идеале для подготовки конкурентоспособного специалиста с высшим профессиональным образованием нужно создать благоприятную образовательную инфраструктуру: современное

учебно-научное лабораторное оборудование, высокий уровень учебно-методического обеспечения, квалифицированный профессорско-преподавательский состав, владеющий информационными и инновационными технологиями и ответственно относящийся к процессу обучения и контроля знаний, достаточно высокий уровень образованности абитуриентов и заинтересованное участие студентов в образовательном процессе, участие работодателей и других социальных партнеров в формировании образовательных программ и повышении практической подготовленности выпускников.

УДК 622.86:622.26.004.5

Т.В. ДЕМИНА

Исследования изменения нагрузки на очистной забой от влияющих факторов

Повышение рентабельности угледобывающих предприятий является одним из основных направлений развития подземных горных работ в угольной отрасли Казахстана. Основной причиной низкой рентабельности угледобывающих предприятий в настоящее время являются невысокие объемы производства — уровень освоения проектных мощностей шахт составляет 50 % и незначительные инвестиционные потоки в угольную отрасль. Из-за отсутствия необходимых капитальных вложений на вскрытие и подготовку новых горизонтов приостановлена подготовка новых производственных мощностей взамен выбывающих, свернуты капитальные работы по перспективному развитию шахт. В этой связи возникает необходимость в поиске резервов производственного потенциала горнодобывающих предприятий для поддержания добычи на необходимом уровне.

К 2015 г. действующими шахтами Карагандинского угольного бассейна будет отработана значительная часть запасов действующих горизонтов. Для обеспечения необходимого уровня добычи угля потребуются ввод новых горизонтов на

более сложных по геологическому строению участках. Как показывает мировой опыт, значительного увеличения производства по добыче и резкого повышения производительности труда можно достичь только за счет эффективной реструктуризации шахтного фонда, создания высокопроизводительных очистных забоев и шахт по принципу «шахта-пласт» или «шахта-лава», совершенствования технологических схем и применения оптимальных параметров выемочных и шахтных полей.

Перед угольной промышленностью в современных условиях стоит задача по интенсификации процессов угледобычи с перспективой выхода на мировой уровень по производительности очистных забоев, снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению уровня концентрации горных работ, увеличению темпов проведения подготовительных горных выработок. Уже в ближайшее время необходимо довести нагрузку на очистной забой до 10 тыс. т в сутки и более, на основе использования совершенных технологических схем и современной техники.

Нагрузка на очистной забой является основным технико-экономическим показателем. При той же численности рабочих по добыче, при том же технологическом оборудовании от увеличения нагрузки на очистной забой зависит уровень конкурентной способности выпускаемой продукции, ее себестоимость.

Динамика изменения средней нагрузки на очистной забой по шахтам УД АО «Миттал-Стил-Темиртау» представлена в таблице.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УД АО «МИТТАЛ-СТИЛ-ТЕМИРТАУ»

Наименование показателей	Годы							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Нагрузка на очистной забой, т/сут	795	1028	1129	1347	1751	2332	2859	3255
Среднее количество очистных забоев, лав	36,8	39,3	30,4	21,4	16,6	12,7	12,0	11,0
Годовой объем добычи по УД, млн. т	10,2	12,9	9,2	7,3	8,2	9,7	10,6	12,7

За период с 1996 по 2003 гг. имеет место тенденция сокращения количества очистных забоев, в то время как нагрузка на очистной забой растет. Это стало возможным вследствие технического перевооружения: применения более производительных комбайнов, забойных конвейеров, совершенных конструкций механизированных крепей, прогрессивных технологических мероприятий, обеспечивающих рост коэффициента машинного времени очистного оборудования. В связи с ухудшением горно-геологических условий и с целью устранения «узких мест» в технологии очистных работ возникла необходимость в разработке системы, которая осуществляла бы планирование производительности горного оборудования и нагрузок на очистные забои. Поэтому одной из основных задач развития производства на угольных шахтах является качество планирования оптимальной сменной нагрузки на очистной забой.

Исследование факторов, существенно влияющих на нагрузку на очистной забой, является важной задачей как для технологии ведения, так и безопасности работ по выемке полезного

ископаемого. Для планирования сменной нагрузки на очистной забой по горно-геологическим, горно-техническим, организационным, технологическим параметрам и с проверкой ее по фактору проветривания была разработана автоматизированная информационная система.

В настоящее время суточная производительность очистных забоев рассчитывается преимущественно по методике ИГД им. А.А. Скочинского [1] либо используются нормативы нагрузки [2]. Нами дополнительно учтены проработки, проведенные специализированными институтами для условий Карагандинского угольного бассейна [3]. В результате выполненных исследований получены следующие результаты.

Парк очистных комбайнов шахт угольного департамента АО «Миттал-Стил-Темиртау» состоит преимущественно из узкозахватных выемочных комбайнов российского и германского производства. На рис. 1 показана гистограмма зависимости нагрузки от типа используемого очистного комбайна. Из гистограммы видно, что наибольшие значения нагрузок при одинаковых исходных данных имеют комбайны SL 500 (Германия), Кузбасс 500 (Россия).

При увеличении длины лавы в два раза нагрузка на очистной забой возрастает в 2,3 раза. Нагрузка на лаву зависит от природной метаноносности пласта на планируемой глубине разработки, и с ее увеличением нагрузка уменьшается на 37 %.

На рис. 2 изображена гистограмма зависимости производительности комбайна, рассчитанной по скорости крепления от направления работы отработки пласта. Более производительной является работа лавы по падению пласта (на 10-20 %).

Языковым средством реализации автоматизированной системы выбран Borland Delphi 6.0 благодаря доступному интерфейсу, гибкости программной среды при изменениях, легкому и быстрому набору кодов, совместимости с Windows.

На рис. 3 приведена UML-диаграмма деятельности, моделирующая действия, выполняемые в процессе работы автоматизированной информационной системой планирования сменной нагрузки на очистной забой (АИС ПСН).

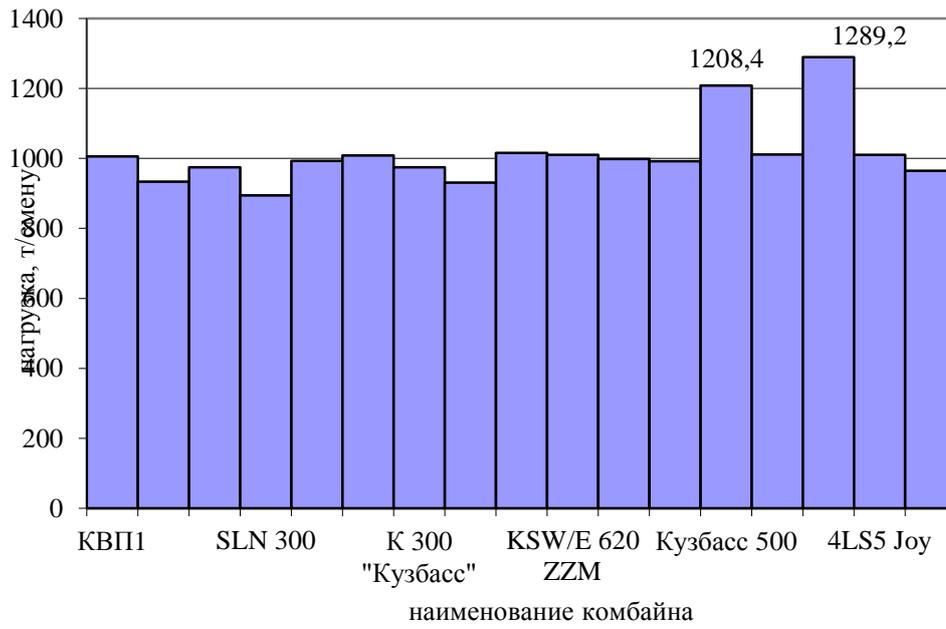


Рис. 1. Гистограмма зависимости нагрузки на лаву от типа используемого очистного комбайна



Рис. 2. Зависимость производительности комбайна по скорости крепления от направления работы лавы

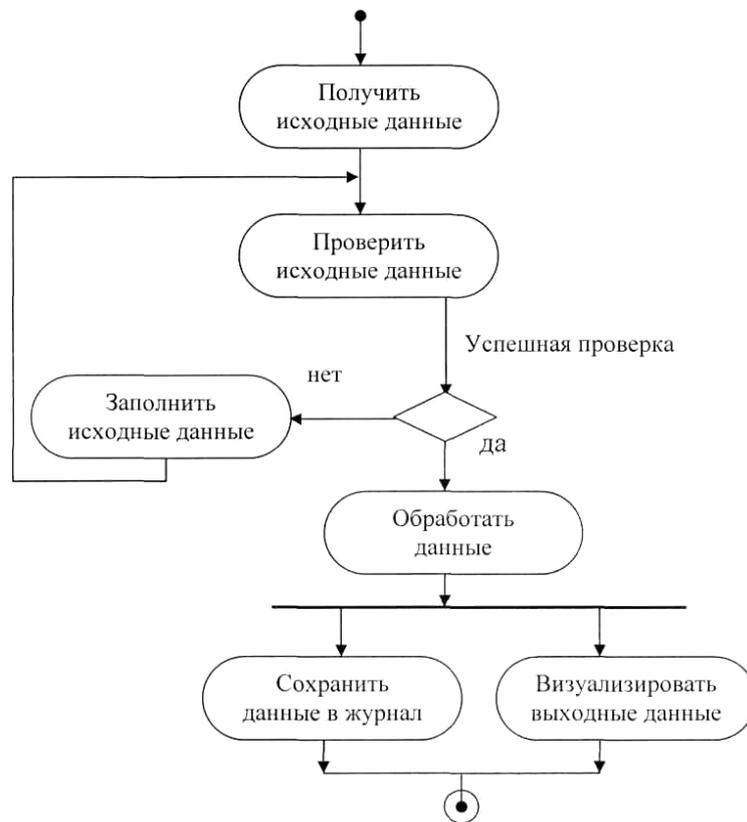


Рис. 3. UML-диаграмма деятельности АИС ПСН

Интерфейсы систем вывода по организационно-техническим и газовому факторам изображены на рис. 4 и 5.

Исследованиями установлено, что на сменную нагрузку на очистной забой значительное влияние оказывает длина лавы (возможно увеличение в 2-3 раза); существенно влияние мощности, удельного давления крепи на почву пласта и прочности пород почвы на вдавливание (рост на 50-65 %); определенная зависимость имеется от угла падения пласта, интенсивности гипсометрии, амплитуды нарушений, наличия зон опорного давления, прочности и мощности пород непосредственной кровли, прочности пород основной кровли и природной метанообильности пласта (рост 22-37 %) в пределах изменения действующих параметров горно-геологических, горно-технических, технологических и

организационных факторов. Существенно влияние на сменную нагрузку на лаву типа применяемого очистного узкозахватного комбайна (при германских — SL 500 или 300 и российском Кузбассе 500 — ее рост составляет 25-35 %) и направления отработки выемочного столба относительно элементов залегания пласта (по падению нагрузка выше на 10-20 %).

Проведенными исследованиями обеспечивается качество планирования оптимальной сменной нагрузки на очистной забой и устанавливаются факторы, влияющие на добычу, на которые необходимо воздействовать, чтобы снять их ограничивающее влияние. Для технологических схем очистных работ принимается минимальная из рассчитанных значений нагрузки.

При устойчивой и средней устойчивости непосредственной кровле очистного забоя

Средняя производительность комбайна, т/мин	14,7312
Производительность комбайна, рассчитанная по скорости подачи, т/мин	19,6416

Уступная выемка пласта

Производительность комбайна, т/мин	15,108923076
------------------------------------	--------------

Расчет по скорости крепления

Производительность комбайна, т/мин	8,6989624615
------------------------------------	--------------

Нагрузка на очистной забой при однокомбайновой выемке

Сменный коэффициент машинного времени	1,8963216136
Среднесменная нагрузка на очистной забой, т/смену	1005,6633464
Среднесуточная нагрузка на очистной забой, т/смену	3016,9900392

Выход

Рис. 4. Интерфейс системы вывода

Исходные данные

Сближенные пласты: скважинами, пробуренными из выработок на сближенный пласт; при сохранении выработок, из которой бурятся скважины; при погашении выработки, из которой бурятся скважины; скважинами, пробуренными с поверхности; газосборными выработками или скважинами

Надрезка толщи: скважинами, пробуренными из выработок; газосборными выработками или скважинами

Схема проветривания выемочных участков: Возвраточная, вентиляционный штрек расположен в выработанном пространстве; Прямоточная, вентиляционный штрек расположен в выработанном пространстве; Прямоточная и возвраточная, вентиляционный штрек расположен в массиве угля; Любая с частичным или полным разбавлением метана по источникам поступления

Поддержка выработок, примыкающих к выработанному пространству:

Степень обособленности разбавления по источникам поступления: I тип (без подсыживания вентиляционной струи); II и III типы (с подсыживанием вентиляционной струи)

Направление выдачи исходящей струи из лавы: на массив; на выработанное пространство

Тип пласта: каменные угли

Скорость подвигания очистного забоя: 4,0

Способ управления кровлей: Полное обрушение

Породы непосредственной кровли: Песчанистые сланцы

Тип крепи: ЗМ 144Б (Россия)

площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки в свету, м²: 7,000000

относительное метановыделение из разрабатываемого пласта в призабойном пространстве очистной выработки: 12

относительное метановыделение из выработанного пространства, м³/т: 20

число добычных смен в сутки: 3

сменный коэффициент машинного времени: 20

продолжительность добычной смены, час: 6

Результаты проверки: 3 092,928112

кострами

Рис. 5. Форма проверки нагрузки на очистной забой по газовому фактору

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1979. 332 с.
2. Нормативы нагрузки на очистные забои действующих угольных шахт при различных горно-геологических условиях и средствах механической выемки. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1982. 70 с.
3. Инструкция по расчету на ЭВМ нагрузки, организации работ и производительности труда в очистных забоях при планировании и проектировании горных работ на шахтах ПО «Карагандауголь». Караганда, 1988. 47 с.

УДК 622.284.74.600.22-419.8

А.К. АКИМБЕКОВ
Р.К. КАМАРОВ
П.П. ОЛЕНЧЕНКО

Динамика деформирования кровли выработки при применении анкерной крепи

Проведение горных выработок с оптимальным креплением, обеспечивающим минимальные затраты времени на концевых операциях при ведении очистных работ, является одним из основных факторов, обеспечивающих достижение высоких нагрузок на очистные забои, а также безопасность работ.

В условиях шахты им. Т. Кузембаева УД АО «Миттал Стил Темиртау» при подготовке лавы П-К7-3 на протяжении 288 метров конвейерный штрек был закреплен чисто анкерной крепью. Крепление выработки производилось путем установки анкеров длиной 1,8 метра по 5 штук в ряд, с расстоянием между рядами 0,7 метра. Крепление боков выработки производилось металлическими анкерами по 4 анкера на 1 погонный метр. Кроме того, заблаговременно с целью снижения затрат времени при ведении очистных работ производилось забуривание трех рядов металлического спецпрофиля СВП-22 под кровлю выработки с целью пробивки под них ремонтин.

Один из рядов забуривался непосредственно в районе сопряжения очистного забоя со штреком с установкой анкеров под углом $45...60^\circ$ в сторону линии очистного забоя. Паспорт крепления выработки при проходке и поддержании вслед за продвижением линии очистного забоя приведен на рис. 1.

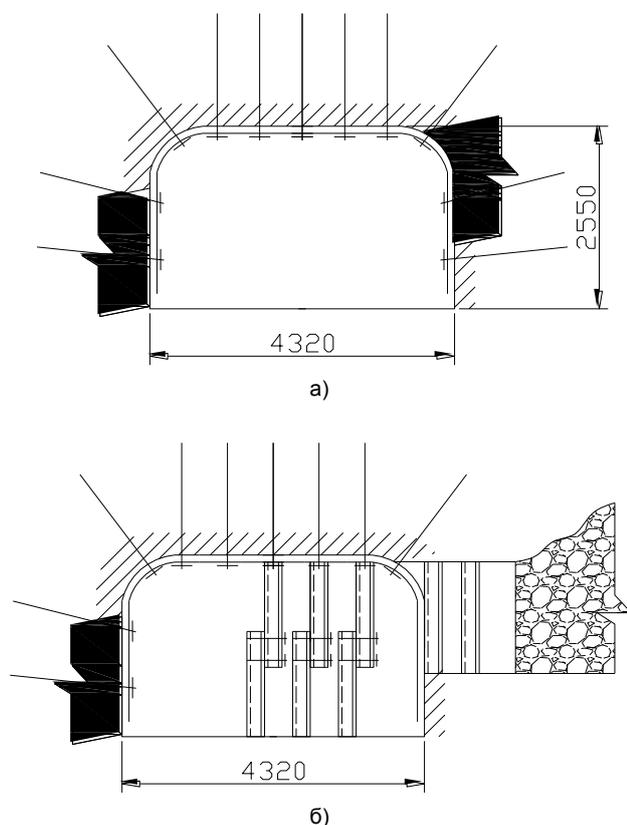


Рис. 1. Паспорт крепления конвейерного штрека П-К7-3:
а — при проходке выработки; б — при поддержании выработки вслед за продвижением линии очистного забоя

При проведении выработки конвейерного штрека П-К7-3, а также в последующем принятии мер по дополнительному усилению крепи, использовались анкера типа КА-1-03 на три ампулы КАКС-П. В качестве компонентов в ампулах использовалась смола КФЖ, зола уноса, полиакриламидная кислота, а также песок и лингосульфат. Диаметр ампулы 24 мм, длина 320 мм. При 30 секундах перемешивания и 60 секундах времени выдержки на схватывание достигалась прочность закрепления анкера стержня в шпуре с породами более 10 кН.

Бурение шпуров для установки анкеров производилось буровыми станками «Гофер» и «Супер-Турбо». После бурения шпура на длину 1,8 метра, при помощи направляющего прута закладывались в шпур три ампулы (соединяющего элемента анкера с буровой установкой), производилась установка анкеров в шпур при постоянном его вращении и качественном перемешивании смол.

В процессе отработки лавы при прямоточной схеме проветривания с поддержанием конвейерного штрека производились наблюдения за влиянием горного давления на анкерную крепь выработки как спереди линии очистного забоя, так и в поддерживаемой части.

Для определения вертикальных смещений в кровле выработки по контурным реперам маркшейдерской службой производилась высотная съемка. Наблюдения за контурными реперами производились геометрическим нивелированием, которое применяется в горных выработках с углом наклона не более 8° . При нивелировании превышения между реперами определялись с помощью горизонтального луча визирования нивелиром средней точности по нивелирным рейкам.

На протяжении 300 метров с интервалом 10 метров были закреплены наблюдательные реперы в кровле выработки на анкерах напротив маркшейдерских пикетов. Нивелирование наблюдательных реперов начиналось со взятия контрольного превышения между тремя пунктами маркшейдерской опорной съемочной сети с известными отметками, которые располагались вне зоны влияния горных работ. Дальнейшее определение превышений между наблюдательными реперами производилось путем взятия отсчетов на маркшейдерской точке с известной отметкой и на наблюдательных реперах. По превышениям определялись высотные отметки наблюдаемых реперов и производилось их сравнение с первоначальными значениями, которые были определены при проходке выработки.

Кроме того, через каждые 30 метров были установлены реперные станции, по которым также производились замеры вертикальных смещений пород кровли. Схема отработки лавы II-K7-3 с расположением реперных станций и вертикальных смещений приведена на рис. 2.

Согласно результатам наблюдений, которые велись в процессе отработки лавы на протяжении 300 метров, в период с начала апреля по июнь 2002 г., максимальные вертикальные смещения пород кровли впереди линии очистного забоя в 10...20 метрах от лавы составляли 25...28 мм с последующим затуханием на расстоянии 30...32 метров. Смещение пород кровли в поддерживаемой части достигало величины 525...552 мм. Величина вертикальных смещений на сопряжении конвейерного штрека с лавой составляла 27...42 мм. Средние значения величин вертикальных смещений пород кровли приведены на рис. 3.

Кроме того, в выработке, закрепленной анкерной крепью, наблюдалось значительное снижение деформации почвы по сравнению с выработкой, закрепленной арочной крепью. Использование полимерных смол для возведения анкеров привело к склеиванию слоев пород кровли, снижению вертикальных смещений и, как следствие, снижению

величины бокового давления и давления с почвы выработки.

Применение анкерной крепи позволило обеспечить способность кровли и боков выработки сохранять более устойчивое равновесное состояние. Сталеполимерный анкер, представляющий собой металлический стержень диаметром 22 мм и длиной 1,8 метра, закрепленный в шпурах вязущими растворами на основе синтетических смол, в полной мере решил вопрос укрепления нависающего массива. Использование сталеполимерных анкеров с закреплением по всей длине шпура позволило увеличить агрегатную прочность массива, создало несущую балку из скрепленных анкерами пород кровли и боков выработки.

Крепление конвейерного штрека анкерной крепью позволило снизить трудоемкость работ как при проходке выработки, так и при поддержании его вслед за подвиганием линии очистного забоя. Незначительные вертикальные смещения на сопряжении лавы с конвейерным штреком, а также на протяжении 30 метров от лавы в зоне опорного давления свидетельствуют о повышении устойчивости нависающего массива, что приводит к снижению затрат времени работы комбайна на концевых операциях, а также повышению уровня безопасности труда.

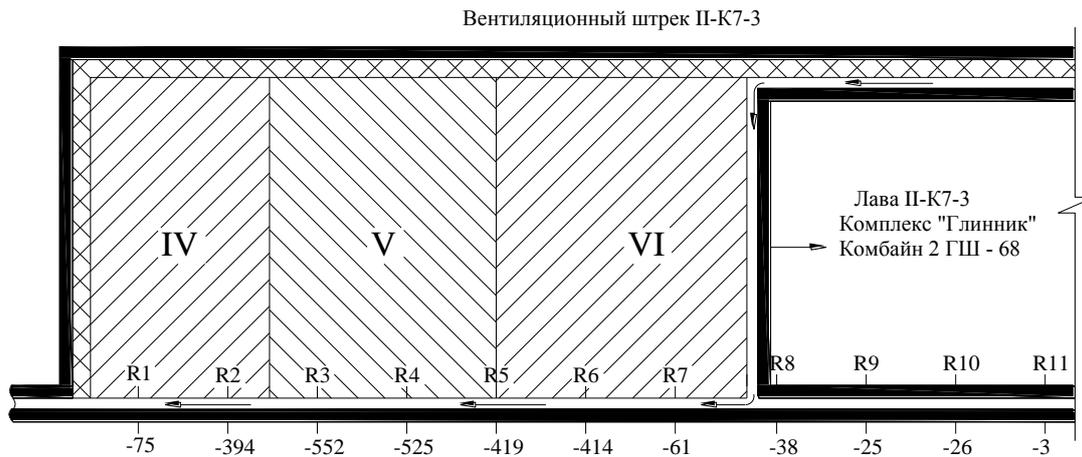


Рис. 2. Схема отработки лавы II-K7-3 с расположением реперных станций и вертикальных смещений

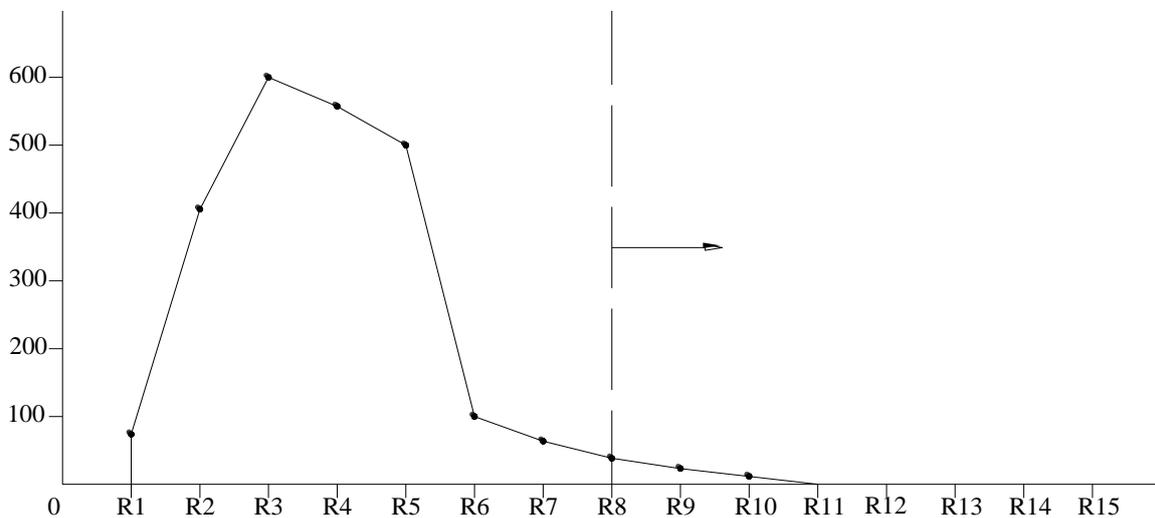


Рис. 3. Средние значения величин вертикальных смещений пород кровли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временная инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна. Караганда, 1998.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах опасных по внезапным выбросам угля и газа. Караганда, 1995.

УДК 004.89:622.224

**В.Ф. ДЕМИН
Н.О. СМАЙЛОВ
Н.Н. ТУЛЕПОВ**

Концептуальный этап создания экспертной системы планирования горно-подготовительных работ при оптимизации технологических схем угольных шахт

В связи с истощением запасов коксующихся углей в мощных и средней мощности пластах на шахтах Карагандинского бассейна в ближайшей перспективе возникнет необходимость разработки маломощных и сложноструктурных пластов. Для эффективного ведения горных работ необходимо совершенствование технологии и средств интенсивной отработки пологих и наклонных маломощных и сложноструктурных пластов Карагандинского угольного бассейна. Одним из «узких» звеньев технологических схем очистных работ являются проведение и поддержание подготовительных выработок, что обусловлено многообразием и непостоянством горно-геологических и горно-технических условий проведения выработок при постоянно растущих темпах перемещения фронта очистных работ.

Для создания эффективных технических решений необходима разработка экспертной системы планирования горно-подготовительных работ (ЭС ПГР) — программного обеспечения, ориентированного на получение композиции технологических схем, удовлетворяющих заданной системе ограничений. Задача ЭС состоит в решении задач, позволяющих получать результаты, не уступающие по качеству и эффективности решениям, получаемым экспертом. Цель исследования состоит в построении приближенной математической модели нахождения оптимального состава элементов технологических схем подготовительных работ. Структурная схема создания оптимальных технологических

выработки, прочности и коэффициенте присечки пород. С ростом глубины горных работ интенсивность горных процессов имеет тенденцию к увеличению. Обеспечение приемлемого уровня безопасности требует поиска и формирования таких технологических схем, которые не только бы компенсировали негативные факторы, но и эффективно адаптировались к условиям изменяющейся среды. Следовательно, проблема поиска оптимальной технологии заключается в нахождении таких правил формирования множества качественных и количественных управляемых переменных, которые бы обеспечивали на всем множестве состояний природной среды необходимые уровни эффективного функционирования технологических схем с точки зрения их технической безопасности и экономических издержек. Все критерии оценки эффективности технологических схем условно можно разделить на три группы: экономические, технические и по степени их адаптации.

К экономическим критериям относятся широко известные: производительность труда, себестоимость единицы продукции, доход и прибыль, фондовооруженность и фондоемкость и др.

К техническим критериям относятся: надежность системы, время переходных процессов в системе, максимальное приближение траектории системы (параметры) к расчетной, производительность агрегатов и др.

Технологическая схема предназначена для применения в узкой области при определенных условиях ведения работ и углах наклона

способностью (адаптации) к окружающей среде и характеризует синтезирующее, развивающее и прогнозирующее поведение системы.



Структурная схема создания оптимальных технологических схем

Цель моделирования состоит в разработке технологических схем подготовительных работ, максимально приспособленных к изменяющимся и вероятностным условиям их функционирования.

В качестве критерия оптимальности принимается функционал:

$$J = \sum_{i=1}^n J_i(\bar{R}) \rightarrow \text{ýéñð } \delta \hat{u} \hat{o} \hat{i} , \quad (1)$$

где $\bar{R} = (\bar{X}, \bar{Z}, \bar{Y})$ — вектор управляемых характеристик и параметров системы; здесь \bar{X} — вектор качественных управляемых характеристик технологической схемы в области допустимых значений;

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_{19}),$$

где X_1 — способ проведения горной выработки, $X_1 = \{x_{1,1}, x_{1,2}, x_{1,3}, x_{1,4}, x_{1,5}, x_{1,6}, x_{1,7}, x_{1,8}\}$, с определенными состояниями: $x_{1,1}$ — комбайнами со сплошным исполнительным органом (валовая вышка); $x_{1,2}$ — комбайнами с избирательным действием; $x_{1,3}$ — гидравлический; $x_{1,4}$ — механогидравлический; $x_{1,5}$ — механический с гидрорезанием; $x_{1,6}$ — механический с безвзрывным отрывом (комбинированный); $x_{1,7}$ — буровзрывной; $x_{1,8}$ — отбойными молотками; X_2 — схема возведения временной предохранительной крепи, $X_2 = \{x_{2,1}, x_{2,2}, x_{2,3}, x_{2,4}\}$, с определенными состояниями: $x_{2,1}$ — без временной крепи; $x_{2,2}$ — немеханизированной крепью у груди забоя поддерживающего типа; $x_{2,3}$ — немеханизированной крепью только оградительного типа; $x_{2,4}$ — механизированной временной проходческой предохранительной крепью; X_3 — место возведения постоянной крепи, $X_3 = \{x_{3,1}, x_{3,2}, x_{3,3}\}$, с определенными состояниями: $x_{3,1}$ — полная крепежная рама у забоя выработки; $x_{3,2}$ — вразбежку у забоя выработки с последующим промежутованием; $x_{3,3}$ — проходческим комбайном; X_4 — способ возведения постоянной крепи, $X_4 = \{x_{4,1}, x_{4,2}, x_{4,3}, x_{4,4}\}$, с определенными состояниями: $x_{4,1}$ — крепление с отставанием от забоя с временно механизированной предохранительной крепью; $x_{4,2}$ — крепление с отставанием от забоя с немеханизированной предохранительной крепью; $x_{4,3}$ — крепление у забоя механизированным способом; $x_{4,4}$ — крепление у забоя вручную; X_5 — схема проведения выработок, $X_5 = \{x_{5,1}, x_{5,2}, x_{5,3}, x_{5,4}, x_{5,5}\}$, с определенными состояниями: $x_{5,1}$ — обычная; $x_{5,2}$ — специальная по газоносному пласту; $x_{5,3}$ — специальная по выбросоопасному пласту; $x_{5,4}$ — специальная по водообильновмещающим породам; $x_{5,5}$ —

специальная по неустойчивым породам в зоне ПГД;

X_6 — схема выполнения основных процессов и операций, $X_6 = \{x_{6,1}, x_{6,2}, x_{6,3}\}$, с определенными состояниями: $x_{6,1}$ — цикличная; $x_{6,2}$ — циклично-поточная; $x_{6,3}$ — поточная;

X_7 — ширина забоя при проведении горной выработки, $X_7 = \{x_{7,1}, x_{7,2}, x_{7,3}, x_{7,4}, x_{7,5}, x_{7,6}\}$, с определенными состояниями: $x_{7,1}$ — узким забоем с валовой выемкой породы и угля; $x_{7,2}$ — узким забоем с селективной выемкой породы и угля; $x_{7,3}$ — с парными узкими забоями с угольными целиками; $x_{7,4}$ — с парными забоями с охранными породными сооружениями; $x_{7,5}$ — узким забоем с опережающей разработкой угольного забоя комплексом многоцелевого назначения КМН (КН-78);

$x_{7,6}$ — широким забоем;

X_8 — способ проветривания, $X_8 = \{x_{8,1}, x_{8,2}\}$, с определенными состояниями: $x_{8,1}$ — за счет общешахтной экспрессии и вентиляционных перегородок; $x_{8,2}$ — ВМП или эжекторы;

X_9 — способ уборки (погрузки горной массы), $X_9 = \{x_{9,1}, x_{9,2}, x_{9,3}, x_{9,4}\}$, с определенными состояниями: $x_{9,1}$ — проходческим комбайном; $x_{9,2}$ — проходческими комбайнами и погрузочными машинами; $x_{9,3}$ — погрузочными машинами; $x_{9,4}$ — погрузочно-доставочными машинами;

X_{10} — способ перегрузки горной массы на транспортные средства, $X_{10} = \{x_{10,1}, x_{10,2}, x_{10,3}, x_{10,4}\}$, с определенными состояниями: $x_{10,1}$ — отсутствует; $x_{10,2}$ — перегружатель подвесной; $x_{10,3}$ — перегружатель прицепной (погрузка в вагончики или на конвейер); $x_{10,4}$ — бункер-перегружатель;

X_{11} — способ доставки людей и материалов,

$X_{11} = \{x_{11,1}, x_{11,2}, x_{11,3}, x_{11,4}, x_{11,5}, x_{11,6}, x_{11,7}\}$, с определенными состояниями: $x_{11,1}$ — грузолоудские конвейеры; $x_{11,2}$ — рельсовый; $x_{11,3}$ — канатный; $x_{11,4}$ — безрельсовый; $x_{11,5}$ — монорельсовый; $x_{11,6}$ — канатный подвесной; $x_{11,7}$ — самоходные вагоны;

X_{12} — способ транспортирования горной массы, $X_{12} = \{x_{12,1}, x_{12,2}, x_{12,3}, x_{12,4}, x_{12,5}, x_{12,6}\}$, с определенными состояниями: $x_{12,1}$ — гидравлический;

$x_{12,2}$ — ленточные конвейеры (в т.ч. телескопические); $x_{12,3}$ — грузолоудские ленточные конвейеры; $x_{12,4}$ — самоходные вагоны и погрузочно-доставочные машины; $x_{12,5}$ — скребковые конвейеры; $x_{12,6}$ — рельсовые (электровозы, дизелевозы);

X_{13} — способ охраны подготовительных выработок, $X_{13} = \{x_{13,1}, x_{13,2}, x_{13,3}, x_{13,4}, x_{13,5}\}$, с определенными состояниями: $x_{13,1}$ —

бесцеликовые с крепью усиления; $x_{13,2}$ — породные охранные полосы; $x_{13,3}$ — литые жесткие охранные полосы; $x_{13,4}$ — комбинированные полосы; $x_{13,5}$ — целики угля; X_{14} — характер проведения специальных мероприятий, $X_{14}=\{x_{14,1}, x_{14,2}, x_{14,3}, x_{14,4}\}$, с определенными состояниями: $x_{14,1}$ — укрепление неустойчивых вмещающих пород; $x_{14,2}$ — осушение;

$x_{14,3}$ — противовыбросовые мероприятия; $x_{14,4}$ — повышение несущей способности крепи; X_{15} — способ возведения искусственных охранных сооружений, $X_{15}=\{x_{15,1}, x_{15,2}, x_{15,3}, x_{15,4}, x_{15,5}, x_{15,6}\}$, с определенными состояниями: $x_{15,1}$ — вручную; $x_{15,2}$ — пневматическим способом; $x_{15,3}$ — гидравлический; $x_{15,4}$ — механическим; $x_{15,5}$ — механо-пневматическим; $x_{15,6}$ — гидропневматическим;

X_{16} — характер размещения раскоски, $X_{16}=\{x_{16,1}, x_{16,2}\}$, с определенными состояниями: $x_{16,1}$ — односторонняя выработка БВР или УКС; а — выработка впереди лавы; б — позади; $x_{16,2}$ — двухсторонняя;

X_{17} — принцип использования попутно добытой шахтной породы, $X_{17}=\{x_{17,1}, x_{17,2}, x_{17,3}\}$, с определенными состояниями: $x_{17,1}$ — с размещением в месте получения; $x_{17,2}$ — с размещением в соседний выемочный столб; $x_{17,3}$ — с транспортированием на поверхность и возвратом в шахту;

X_{18} — количество выходов из опережающего короткого очистного забоя, $X_{18}=\{x_{18,1}, x_{18,2}, x_{18,3}\}$, с определенными состояниями: $x_{18,1}$ — один с расположением вентиляционного става по призабойному пространству; $x_{18,2}$ — один с проведением выработки в присечку к охранный полосе (или целику); $x_{18,3}$ — два;

X_{19} — характер присечки боковых пород, $X_{19}=\{x_{19,1}, x_{19,2}, x_{19,3}\}$, с определенными состояниями: $x_{19,1}$ — в кровле; $x_{19,2}$ — в почве; $x_{19,3}$ — комбинированная.

\bar{Z} — вектор дискретных целочисленных параметров (переменных) в области допустимых значений:

$$Z=(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, z_{11}, z_{12}),$$

где z_1 — угол падения пласта (α), град;
 z_2 — крепость пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова (F);
 z_3 — коэффициент присечки боковых пород (Kp);
 z_4 — скорость проведения горной выработки (Vp), м/сут;
 z_5 — мощность пласта (m), м;
 z_6 — глубина разработки (H), м;
 z_7 — наличие твердых включений (T), %;
 z_8 — крупность породных кусков (Kr), м;

z_9 — опережение очистным забоем проходческого (O), м;
 z_{10} — отставание породного забоя от угольного (Pz), м;
 z_{11} — длина транспорта (Ltr), км;
 z_{12} — вес перевозимого груза (G), т.
 \bar{Y} — вектор непрерывных управляемых параметров (переменных) в области допустимых значений:

$$Y = (y_1, y_2, y_3, y_4),$$

где y_1 — затраты на проведение 1м горной выработки (Zm), тенге/м;

y_2 — затраты на проведение 1м³ горной выработки ($Zm3$), тенге/м³;

y_3 — производительность труда рабочего (Pr), м³/чел-смен;

y_4 — средние эксплуатационные затраты (Ze), тенге/т.

Каждой характеристике технологической системы соответствует определенное количество элементов системы, имеющих определенные значения для заданных характеристик.

Каждому элементу системы соответствует свой набор управляемых переменных. По этим переменным составляются пути (траектории характеристик). При этом пространство независимых путей будет составлять:

$$|M(G)| \approx 2^{31}.$$

Если элементы, входящие в заданный путь, не совместны, то отвергается весь путь как недопустимый. Каждому из путей $\mu_j \in M_\sigma(L)$ ставится в соответствие задача оптимизации критерия адаптации:

$$J_{(\mu_j)} = \prod_{i=1}^{19} J_i(\mu_j, \bar{Y}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

при необходимых условиях:

$$\mu_j \in M_\sigma(L), \quad \hat{y}_\varepsilon \geq \hat{o}_\varepsilon > 0, \quad \varepsilon = 1, \dots, n,$$

где \hat{y}_ε — верхние предельные значения параметров.

Корректность решения требует оптимизации характеристик и параметров технологических схем по всем составляющим критерия адаптации. Отыскиваются оптимальные решения $\mu_{0,j}$ и $\bar{Y}_{0,j}, j = 1, \dots, 19$ по различным локальным критериям оценки, совокупность которых даст глобальный оптимум, что позволит сформулировать оптимальные варианты технологических схем.

После получения приближенной математической модели необходимо характеристики и переменные модели представить в виде структурированных знаний, т.е. базы знаний, а критерии оценки по выбору оптимального варианта технологической схемы внести в машину вывода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы разработки маломощных и сложноструктурных пластов Карагандинского бассейна / С.С. Квон, Э.Г. Роот, В.Ф. Демин, К.К. Кушеков. Караганда, 2003. 437с.
2. Рогов Е.И. Оптимизационное моделирование в горном деле. Алма-Ата: Наука, 1987. 80 с.

3. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 288 с.

УДК 622.284.74.600.22-419.8

П.П. ОЛЕНЧЕНКО

Исследование влияния анкерной крепи на газовыделение при высоких темпах проведения горных выработок

На шахте им. Т. Кузембаева УД АО «Миттал Стил Темиртау» было пройдено 1020 п.м. выработок с применением чисто анкерного крепления (ноябрь 2004 г. — 300 м, декабрь — 160 м, январь 2005 г. — 260 м, февраль — 150 м и март — 150 м).

Формы выработок конвейерного штрека 31-К₇-3 и конвейерного уклона 30-К₇-В — прямоугольные, площадь сечения в проходке — 15,7 м², угол наклона выработок 3-5° и 10-12° соответственно, протяженность выработок 830 и 190 метров (рис. 1).

Конвейерный штрек 20-К₇-В

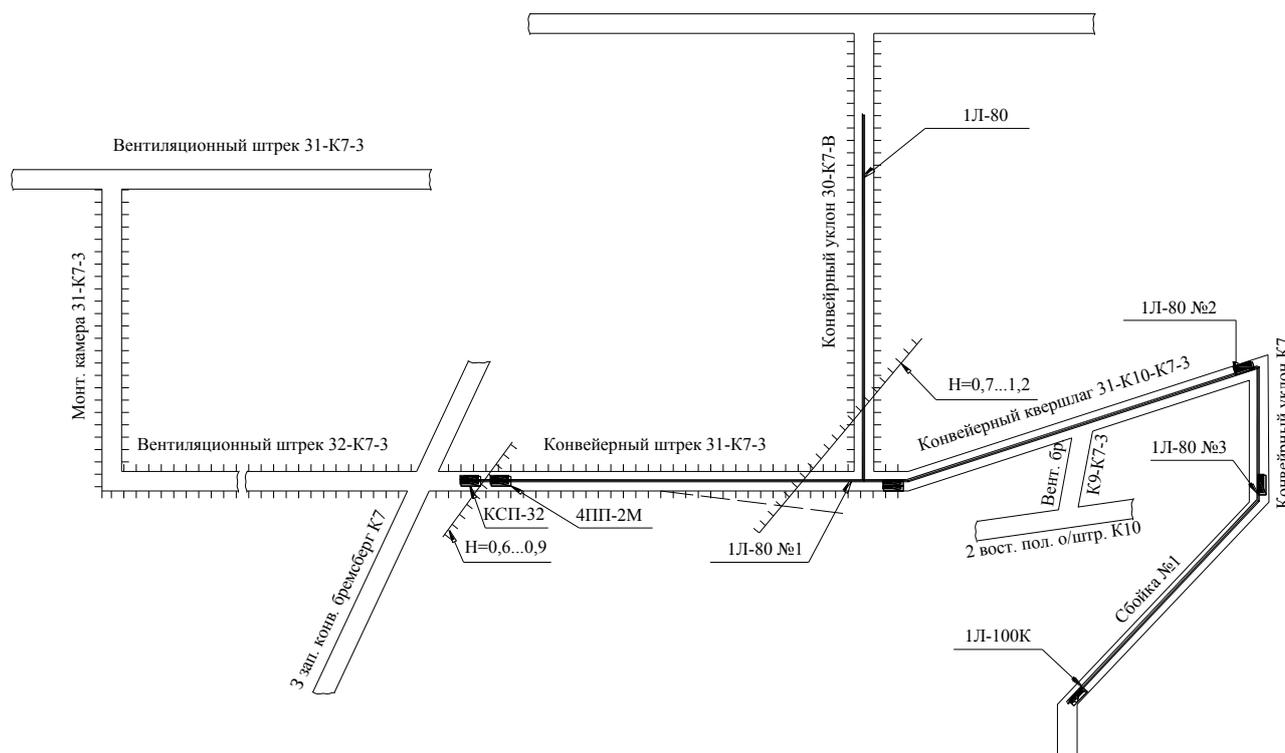


Рис. 1. Схема проведения конвейерного штрека 31-К₇-3 и вентиляционного штрека 32-К₇-3:

— — — — зона повышенного давления (ПГД);
 — — — — геологические нарушения

Выработки проводились по пласту К₇ мощностью 1,4 м с залеганием в кровле пласта аргиллитов мощностью 1,5 м и алевролитов мощностью 19,8 м, с крепостью пород 35-40 мПа. В качестве основной кровли залегают мергель и песчаник мощностью 20 м и крепостью 55 мПа. В почве залегают углистые аргиллиты мощностью 1,2 м.

Проходческий забой был оснащен комбайном КСП-32, ленточным перегружателем 4ПП-2м производства завода НОММ и телескопическими ленточными конвейерами 1Л-80 и 2ЛКР-1000. Для установки анкерной крепи использовались две бурильные установки «Супер-Турбо» производства Англии с шестигранными буровыми штангами диаметром 25 мм, с коронками РП-30.

Для обеспечения требуемых параметров сжатого воздуха в забой прокладывался трубопровод

диаметром 150 мм, который был подключен к магистральной сети сжатого воздуха. При выполнении профилактических работ на стационарных компрессорах ВП-50/8 в ремонтную смену проводилось переключение на передвижную компрессорную установку ЗИФ ШВ-5.

Паспортом крепления при проведении указанных выработок предусматривалась установка в кровлю 9 анкеров длиной 2,4 м в два ряда через 0,5 м (первый ряд из 5 анкеров под стрипс, а второй ряд из 4-х анкеров под сетку) и 4-х анкеров длиной 1,8 м в бока выработки. Для предотвращения отслоений пород кровли использовалась сетка ММ производства завода НОММ г. Шахтинска (рис. 2).

Использование стрипсов при установке анкеров в кровлю выработки усиливало жесткость анкерной рамы и уменьшало отслоение пород кровли.

В ноябре-декабре 2004 г. в процессе скоростной проходки бригадой численностью 69 человек (при укомплектованности на выход в ремонтную смену 18 человек и в проходческую — 7 человек) за 31 рабочий день было пройдено 345 погонных метров выработки. Средние темпы проходки составляли в смену 4 м, а в сутки 11 метров. В отдельные дни проходка в смену составляла 5 м, а в сутки — 15-17 м с установкой в смену до 35-40 анкеров в кровлю выработки и до 20 анкеров в бока выработки. При этом производительность труда на одного проходчика составила 5 метров.

В проходческую смену после отбойки горной массы комбайном на величину 1,25 м трое проходчиков одной установкой «Супер-Турбо» производили монтаж 5 анкеров первого ряда под штрипс и боковых анкеров верхнего ряда. Трое проходчиков второй установкой монтировали 4 анкера второго ряда и производили забуривание нижнего ряда боковых анкеров. Один проходчик осуществлял подноску и подготовку анкеров и сетки ММ.

В ремонтную смену осуществлялась доставка материалов, наращивание конвейера и монорельса доставочной дороги с забуриванием анкеров для подвески монорельсовой дороги МДП-2м и ленточного перегружателя 4ПП-2м. Кроме того, осуществлялась установка недостающих боковых анкеров и анкеров второго ряда, отставание которых в соответствии с паспортом крепления допускалось на 12 м.

Экономический эффект по материалам от внедрения анкерного крепления только за период скоростной проходки 345 метров составил 9 726 000 тенге.

Расчет экономического эффекта производился из сравнения стоимости анкерной крепи со стоимостью

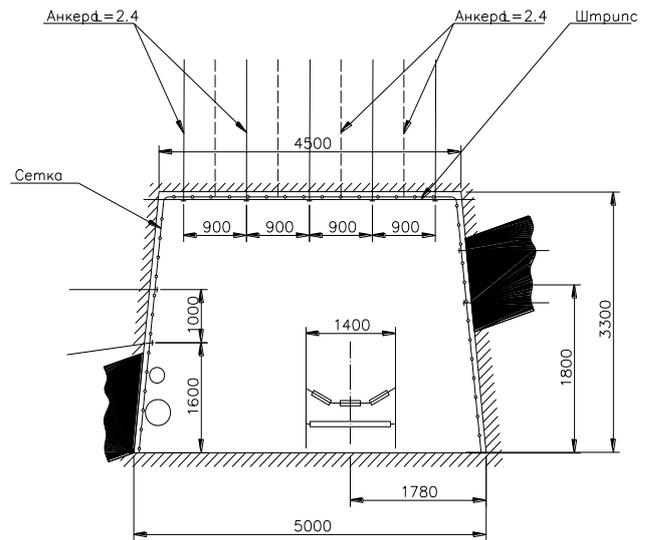
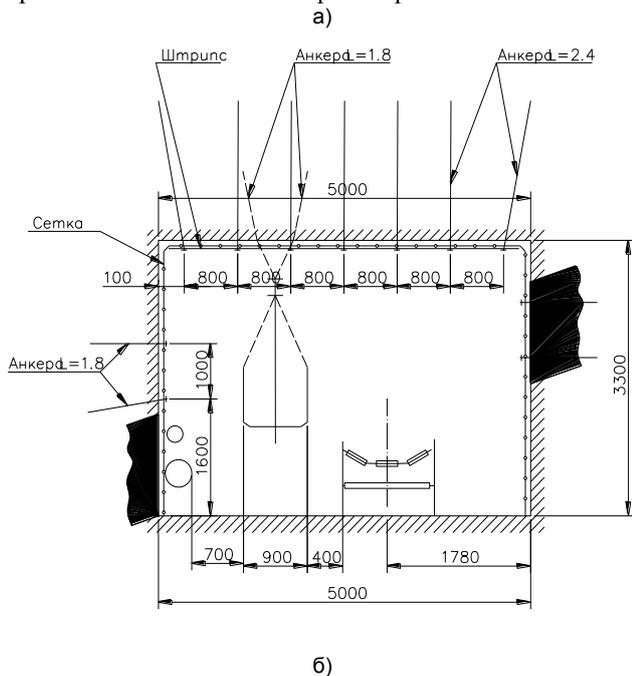


Рис. 2. Технологическая схема крепления конвейерного штрека 31-К7-3: а — прямоугольное с анкерами; б — крепление трапецевидное с анкерами крепи КМП-А3 с плотностью установки 1,33 рамы на метр и крепи КМП-А3 с плотностью установки — 2 рамы на метр в местах геологических нарушений и зонах повышенного горного давления.

Общий экономический эффект за 5 месяцев при проходке 1020 м составил 19 994 000 тенге.

Контроль за состоянием анкерного крепления осуществляется за счет установки реперных станций через каждые 20 м для отсчета смещений. По реперным станциям осуществляется визуальный контроль горными мастерами проходческого участка посменно, старшим надзором участка — посуточно и инженером по анкерному креплению — еженедельно.

Кроме того, маркшейдерской службой шахты ежемесячно ведется инструментальный контроль смещений в кровле выработок с занесением на планшет.

Применение анкерной крепи при проведении конвейерного штрека 31-К7-3 позволило снизить вертикальные смещения пород кровли, что в свою очередь привело к снижению вытеснения газа метана с прилегающего к выработке массива, уменьшению абсолютного газовыделения на 30-35 % в сравнении с выработкой, пройденной в аналогичных условиях с применением рамной крепи КМП — А3. При проведении конвейерного штрека 31-К7-3 в период с 01.11.04 г. по 10.01.05 г. в интервале тупиковой части выработки 425-830 м подекадно производились замеры абсолютной газообильности.

В аналогичных условиях на отметке +220 м в период с 20.04.01 г. по 20.09.01 г. был пройден вентиляционный штрек 31-К7-3, который был закреплен рамной крепью КМП-А3. Результаты сравнительного анализа метановыделения по забоям вентиляционного штрека 31-К7-3 и конвейерного штрека 31-К7-3 при одинаковых условиях проведения и длинах тупиковой части выработок приведены в таблице и на рис. 3.

Проведение выработок конвейерного штрека 31-К7-3 и конвейерного уклона 31-К7-В с использованием анкерной крепи обеспечило снижение газовыделения на 30-35 %, позволило увеличить темпы проведения

горных выработок в 1.5-2 раза, снизить трудоемкость работ и уменьшить материальные затраты.

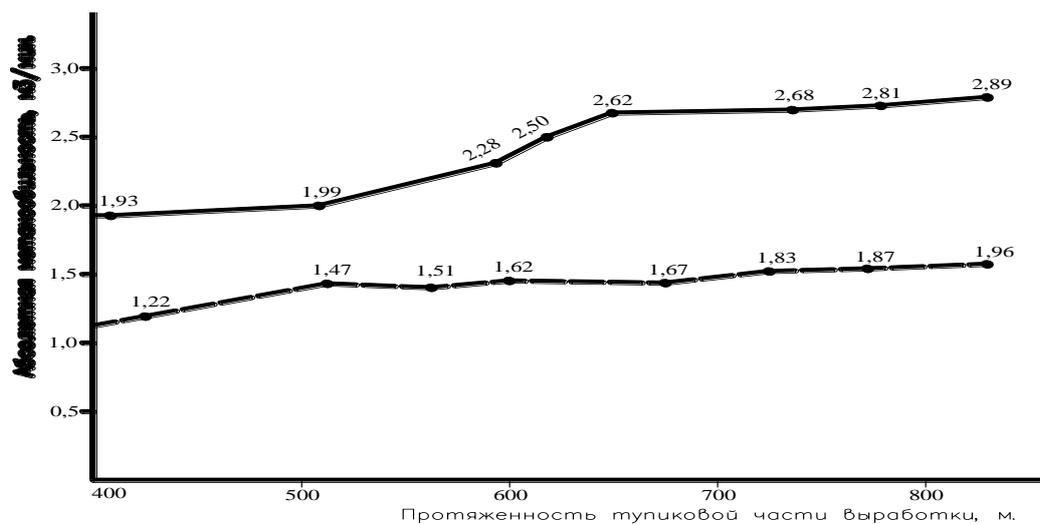


Рис. 3. Сравнительный график метановыделения при проведении конвейерного штрека 31-К7-3 и вентиляционного штрека 32-К7-3
 —○— вентиляционный штрек 32-К7-3; —○— конвейерный штрек 31-К7-3

ДИНАМИКА МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПО ЗАБОЯМ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ШТРЕКА 31-К₇₋₃ И КОНВЕЙЕРНОГО ШТРЕКА 31-К₇₋₃

Вентиляционный штрек 31-К ₇₋₃			Конвейерный штрек 31-К ₇₋₃		
Дата	Длина тупика, м	Метановыделение, м ³ /мин	Дата	Длина тупика, м	Метановыделение, м ³ /мин
20.04.01	410	1,93	01.11.04	425	1,22
10.05.01	500	1,99	11.11.04	515	1,47
01.06.01	585	2,28	21.11.04	565	1,51
20.06.01	610	2,50	01.12.04	605	1,62
30.06.01	635	2,62	10.12.04	680	1,67
01.08.01	725	2,68	21.12.04	730	1,83
20.08.01	780	2,81	02.01.05	775	1,87
20.09.01	830	2,89	10.01.05	830	1,96

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временная инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна. Караганда, 1998.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Караганда, 1995.

УДК 621.771.014

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ

В.В. ИСАЕНКО

А.А. КУЛЖАБАЕВА

Устройство для деформирования со сдвигом заготовок квадратного и прямоугольного сечения

В технологии машиностроения на стадии получения заготовок прямоугольного и квадратного сечения, пластин и т.д. возрастает доля процессов обработки металлов давлением (ОМД). Применение новых способов ОМД, инструментов и устройств обеспечивает высокое качество металла, существенно снижает его расход и повышает производительность труда.

Комплексный анализ развития кузнечного инструмента позволяет сделать вывод о нескольких путях развития конструкции [1]. Первый путь — это совершенствование геометрии рабочей поверхности кузнечного инструмента с целью уменьшения влияния сил контактного трения на процесс течения металла.

Второе направление — это создание устройств, уменьшающих неравномерность напряженно-деформированного состояния путем приближения к схеме

неравномерного всестороннего сжатия и развития в этих условиях механизма сдвиговой деформации.

Третий путь — это придание одной из деформирующих поверхностей дополнительного перемещения в направлении, перпендикулярном усилию деформирования.

Каждое из этих направлений имеет свои преимущества и недостатки. Так, инструменты первой группы снижают влияние сил контактного трения, улучшают условия деформирования приконтактных объемов, но для качественной проработки литой структуры все же требуется значительное формоизменение исходной заготовки, а значит такие процессы являются высокоэнергос затратными.

Инструменты второго направления уменьшают неравномерность напряжений в объеме деформируемой заготовки, но представляют из себя сложные многозвенные конструкции,

работоспособность которых низка в условиях кузнечно-прессового цеха.

Устройства третьего пути развития ставят перед собой цель уменьшения величины обжатия за счет развития знакопеременной деформации путем придания, как указывалось выше, одной из поверхностей инструмента поперечного перемещения. Это позволяет интенсифицировать сдвиг в объеме деформируемой заготовки, но за счет изменения кинематики приложения усилия сдвиг локализуется в узкой области, соединяющей места концентрации напряжений, а именно кромки прилегания свободной поверхности к деформирующим плоскостям.

Исходя из вышеизложенного, оптимальным решением было бы объединение положительных сторон второго и третьего направлений с наиболее возможной степенью уменьшения недостатков, то есть упрощение конструкции инструмента, реализующего всестороннее обжатие, с развитием механизма сдвиговой деформации, допустим, не смещением, а поворотом деформирующих плоскостей с одновременным обжатием заготовки, переводящим ее из упругого состояния в пластическое.

Рассмотрим конструктивную схему устройства [2], где кузнечный боек для протяжки со сдвигом включает: корпус, выполненный в виде рамы с квадратным окном, а также основной и три вспомогательных бойка, которые имеют в поперечном сечении форму четырехугольника, два противоположных угла которого равны 90° , острый угол — 45° , а тупой — 135° . Основной боек имеет прямоугольный, выполненный как одно целое выступ, входящий в окно штока, к которому прикладывается усилие прессы.

Недостатком этого инструмента является сложность конструкции, так как в процессе деформирования задействованы несколько подвижных элементов, а при осадке происходит значительное изменение размера исходного поперечного сечения образца. Кроме того, инструменты создают неравномерную схему напряженно-деформированного состояния, что приводит к концентрации напряжения в местах сопряжения свободной поверхности, и поверхности прилегающей к инструменту. Сочетание таких условий с наложением бокового перемещения одной из плит локализует деформацию в узкой области соответствующей диагонали, соединяющей противоположные стороны свободных поверхностей.

В устройстве, предлагаемом авторами [3], заготовка устанавливается между плоским бойком и подвижным клиновидным бойком, который под действием усилия прессы, передаваемого через верхний боек и ролик, перемещается по направляющей.

Недостатком данного устройства является сложность конструкции: при деформировании образца участвуют несколько механизмов, также сдвиговая деформация наиболее ярко выражена на диагоналях заготовки.

При деформировании металла на традиционных инструментах локализация деформации происходит по ковочному кресту, а при приложении

дополнительного усилия для реализации сдвиговой деформации в объеме деформируемого металла происходит изменение схемы деформации. Сдвиговая деформация интенсифицируется в осевой зоне заготовок и вблизи контакта заготовки с инструментом.

Для обеспечения всестороннего сжатия деформируемая заготовка ограничивается на свободных поверхностях дополнительными деформирующими элементами, имеющими возможность вращения или поворота в горизонтальной плоскости. Например, путем придания их опорной поверхности цилиндрической формы с опорой на аналогичную цилиндрическую же поверхность. Для снижения сил контактного трения предлагается между этими поверхностями разместить роликовый линейный подшипник, заменив трение скольжения трением качения. Схема устройства для деформирования представлена на рисунке.

Устройство состоит из сегментов 1 с цилиндрическими опорными поверхностями, которые расположены параллельно друг другу, клиновидных бойков 2 с равными углами наклона ($\alpha = \gamma = \alpha' = \gamma'$), сменных вставок 3, направляющих плит 4 с одинаковым углом направляющих плоскостей и роликовых линейных подшипников 5. Заготовка 6 находится в замкнутой полости, ограниченной рабочими поверхностями клиновидного бойка 2 и цилиндрических сегментов 1.

С целью интенсификации развития сдвиговой деформации и равномерного ее распределения по объему деформируемой заготовки торцевые поверхности заготовки перекрываются подвижными элементами. Подвижные элементы представляют цилиндрические сегменты, контактирующие плоской поверхностью с заготовкой и опирающиеся цилиндрическими поверхностями на ложементы цилиндрической же формы и в процессе деформирования поворот заготовки осуществляется симметрично относительно вертикальной продольной оси устройства.

За счет кинематической связи между отдельными элементами устройства обеспечивается замкнутая силовая схема, которая создает условия синхронного перемещения всех подвижных элементов. Благодаря созданной замкнутой схеме обеспечивается равномерность приложения нагрузки, сдвигающей заготовку по всей площади торцевых поверхностей. Именно такая кинематическая и силовая схемы обеспечивают равномерное распределение сдвиговых деформаций в деформируемом объеме.

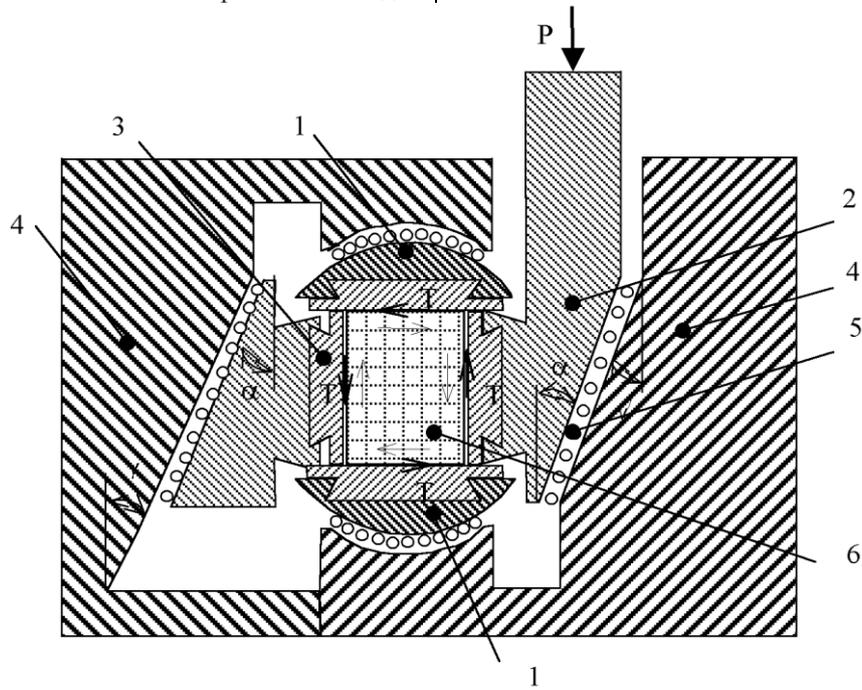
Такую схему равномерного развития сдвиговой деформации обеспечивают только цилиндрические опорные поверхности, создающие возможность синхронного поворота контактных поверхностей инструмента и подвижные клиновидные бойки с одинаковыми направлениями равных углов наклонных плоскостей (рисунок б). При встречном перемещении параллельных поверхностей относительно вертикальной продольной оси симметрии цилиндрических сегментов деформируемая заготовка поворачивается симметрично относительно вертикальной продольной

оси устройства на меньший угол, что в значительной мере снижает энергетические затраты на преодоление сил контактного трения в подвижных контактирующих элементах инструмента.

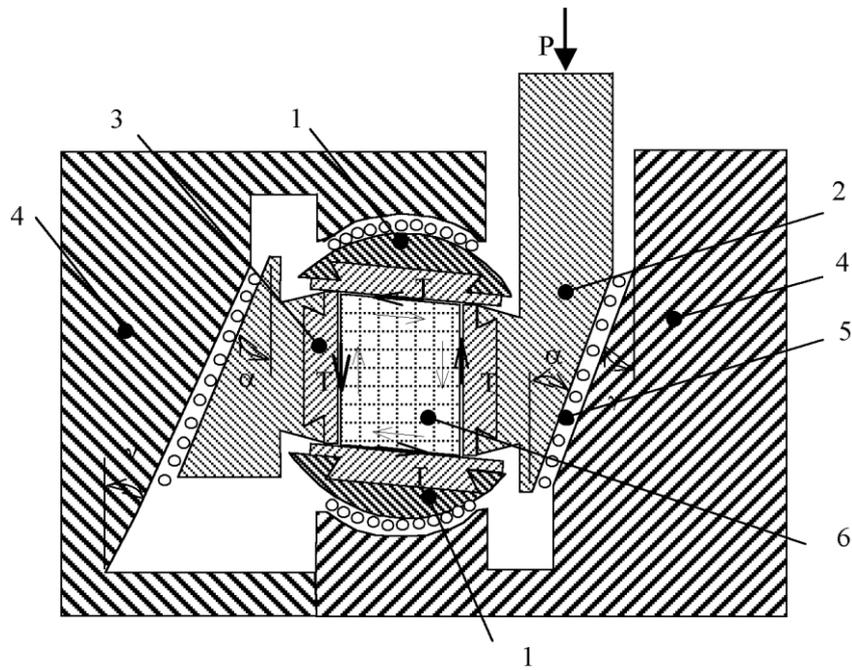
Наличие наклонного участка при деформировании обеспечит сдвиговую деформацию по всему объему деформируемой заготовки. За счет создания схемы простого сдвига в новом устройстве усилие снижается по сравнению с предлагаемыми способами деформирования. Угол наклона выбирается $5 \div 10^\circ$ для

того, чтобы на первоначальном этапе перевести заготовку из упругого в пластическое состояние и постоянно поддерживать высокое гидростатическое давление и обеспечить естественный уход металла из затрудненной зоны деформации.

Усилие прессы прилагается на клиновидные бойки 2, которые, двигаясь по наклонной поверхности плиты 4, передают движение сегментам 1. Деформация заготовки 6 на предлагаемой установке осуществляется



а)



б)

Схема нового устройства для деформирования заготовок:

- а) устройство и заготовка в исходном положении; б) устройство и заготовка в процессе деформирования;
 1 — сегменты с цилиндрическими опорными поверхностями; 2 — клиновидные бойки; 3 — сменные вставки;
 4 — направляющие плиты; 5 — линейные роликовые подшипники; 6 — заготовка

при комбинированном приложении внешней нагрузки: под действием нормальной силы P и касательной T по всем четырем поверхностям. При приложении внешней нагрузки P с воздействием сегментов заготовка 5 поворачивается симметрично относительно вертикальной продольной оси устройства и реализуется сдвиговая деформация по всему объему заготовки, за счет чего происходит четырехстороннее течение деформируемого металла относительно контактных поверхностей наклонных бойков и сегментов (рисунок). Во избежание среза на торцевой поверхности бойков, в случае протяжки заготовки, инструмент имеет заходный участок с контактной поверхностью, угол наклона которой равен или меньше угла трения.

Работоспособность инструмента проверили на компьютерной модели, созданной в режиме 3d-графике с помощью пакета программ КОМПАС 3d.

Также в лабораторных условиях был смоделирован деревянный макет устройства. Были продеформированы пластилиновые образцы, на поверхности которых были нанесены координатные сетки. После деформирования искажение координатных сеток показало, что в рассматриваемом устройстве реализуется схема простого сдвига по всему поперечному сечению, что в дальнейшем может благоприятно повлиять на проработку внутренних несплошных деформируемой стальной заготовки одинаково по всему сечению металла.

Применение устройства для деформирования со сдвигом может обеспечить качественную проработку металла за счет равномерного распределения интенсификации сдвиговой деформации с минимальным изменением исходного размера и энергетических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров В.А., Котелкин А.В., Найзабеков А.Б., Исаенко В.В. Развитие процессовковки металлов и сплавов в СССР // Черная металлургия, бюл. ин-та научно-технической информ. (ин-т «Черметинформация»), 1985. Вып. 10 (990). С. 12-26.
2. Экспресс-информация № 8, Пути совершенствования кузнечных бойков и устройств для обработки металлов давлением. Фрунзе, 1978. 31 с.
3. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением А.Н. Леванов, В.Л. Колмогоров и др. М.: Металлургия, 1976. 416 с.

УДК 661.771.07

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ

К.А. НОГАЕВ

Определение усилий деформирования при поперечном сдвиге заготовки

Проведение горных выработок с оптимальным креплением, обеспечивающим минимальные затраты времени на концевых операциях при ведении очистных работ, является одним из основных факторов, обеспечивающих достижение высоких нагрузок на очистные забои, а также безопасность работ.

При деформировании заготовки течение металла в продольном направлении незначительны, а основное формоизменение происходит в поперечном сечении. Поэтому при решении задачи можно принимать допущение о плоской деформаций.

Для определения усилий деформирования инструментом воспользуемся методом работ, т.е. формулой

$$A_a = A_d + A_{TP}, \quad (1)$$

где A_a — работа активных сил;

A_{TP} — работа сил трения;

A_d — работа деформации.

При работе рассматриваемого инструмента усилие деформирования на заготовку передается через рабочую вставку, которая, перемещаясь по наклонной поверхности верхнего бойка, вызывает поперечный сдвиг и некоторую осадку заготовки (рис. 1). Пружины, присутствующие в конструкции инструмента, служат только для удержания рабочей вставки в исходном положении, и возвращения её обратно после окончания работы инструмента. Поэтому величины сил натяжения пружин по

сравнению с остальными силами незначительны, и при определении усилий деформирования силами натяжения пружин будем пренебрегать.

Внешние силы трения возникают между заготовкой и рабочей вставкой при скольжении металла заготовки по контактной поверхности, а также между бойком и рабочей вставкой при перемещении вставки по наклонной поверхности. С учетом указанных особенностей работы инструмента формулу (1) запишем в виде:

$$A_a = A_o + A_{CD} + A_{TP1} + A_{TP2}, \quad (2)$$

где A_o — работа деформации осадки;

A_{CD} — работа деформации сдвига;

A_{TP1} — работа сил трения на контактной поверхности заготовки с инструментом;

A_{TP2} — работа сил трения на наклонной поверхности.

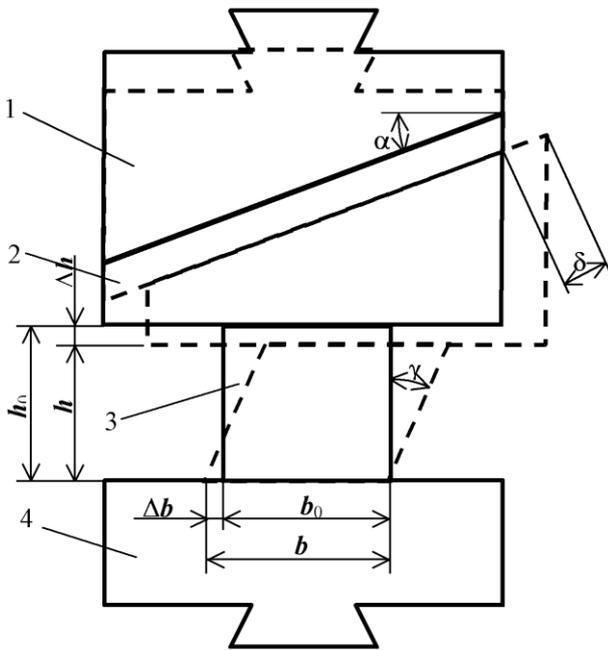


Рис. 1. Схема работы инструмента, реализующего поперечный сдвиг заготовки (сплошные линии — исходное положение, пунктирные линии — конечное положение):
1 — верхний бойок; 2 — рабочая вставка;
3 — заготовка; 4 — нижний бойок

Работу деформации осадки без учета сил трения можно определить по известным формулам из теории ОМД [2]:

$$\dot{A}_o = \sigma_o \cdot V \cdot \varepsilon_h, \quad (3)$$

где σ_T — предел текучести материала заготовки;
 V — объем деформируемой заготовки;
 ε_h — относительная высотная деформация, которая равна $\varepsilon_h = \Delta h / h_0$;

Δh — абсолютное обжатие заготовки, которое равно $\Delta h = h_0 - h$;
 h_0 — начальная высота заготовки;
 h — конечная высота заготовки.

Работу деформации сдвига можно найти по формуле [3]:

$$\dot{A}_{\text{сдв}} = \iiint_V T \cdot \Gamma \cdot dV, \quad (4)$$

где T — интенсивность касательных напряжений, которая равна $\sigma_o / \sqrt{3}$;

Γ — интенсивность деформации сдвига, которую принимаем равной тангенсу угла сдвига γ , т.е.

$$\Gamma = \text{tg } \gamma;$$

dV — элементарный объем, который при суммировании будет равен объему всего деформируемого тела.

После интегрирования формулу (4) запишем в виде:

$$A_{\text{сдв}} = 0,577 \cdot \sigma_o \cdot V \cdot \text{tg } \gamma. \quad (5)$$

При деформировании металл заготовки скользит вдоль контактной поверхности в направлении горизонтального перемещения рабочей вставки, стремясь увлечь её за собой. Следовательно на

контактной поверхности заготовки с рабочей вставкой используется активное действие сил трения.

Работа сил трения на контактной поверхности заготовки с рабочей вставкой равна произведению силы трения на разность перемещения рабочей вставки и металла, а на контактной поверхности заготовки с нижним бойком равна произведению силы трения только на перемещение металла.

Силу трения на контактной поверхности с инструментом $F_{\text{тр1}}$ определяем при условии, что напряжение трения постоянно и равно $\mu \cdot \sigma_T$:

$$F_{\text{тр1}} = \mu \cdot \sigma_o \cdot \frac{V}{h_o}, \quad (6)$$

где μ — коэффициент трения между заготовкой и инструментом.

По схеме формоизменения заготовки, (рис. 1) горизонтальное перемещение рабочей вставки связано с углом сдвига заготовки следующей зависимостью:

$$\text{tg } \gamma = \frac{\delta_A + \Delta b}{h_o - \Delta h}, \quad (7)$$

где δ_T — горизонтальная проекция относительного перемещения рабочей вставки δ по наклонной поверхности, которая равна $\delta_T = \delta \cdot \cos \alpha$, здесь α — угол наклона соприкасающихся поверхностей рабочей вставки и верхнего бойка;
 Δb — абсолютное увеличение ширины заготовки при деформировании, которая равна разности начальной b_0 и конечной b ширины заготовки:
 $\Delta b = b - b_0$.

Учитывая условие постоянства объема $h_0 \cdot b_0 = h \cdot b$ и выражая абсолютное значение Δh через относительную высотную деформацию ε_h в виде $\Delta h = h_0 \cdot \varepsilon_h$, после преобразования (7) получим формулу, выражающую относительное перемещение рабочей вставки по наклонной поверхности через высотные и сдвиговые деформации:

$$\delta = \frac{h_o (1 - \varepsilon_h)^2 \text{tg } \gamma - b_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h \cos \alpha}. \quad (8)$$

Будем считать, что перемещение металла вдоль инструмента изменяется линейно от нуля до максимального значения Δb . Отсюда, выражая Δb с учетом условия постоянства объема через высотную деформацию, получим среднее значение перемещения металла вдоль инструмента:

$$u_{\text{сдв}} = \frac{b_0 \cdot \varepsilon_h}{2 \cdot (1 - \varepsilon_h)}. \quad (9)$$

Работа сил трения по обеим контактным поверхностям заготовки с инструментом будет равна:

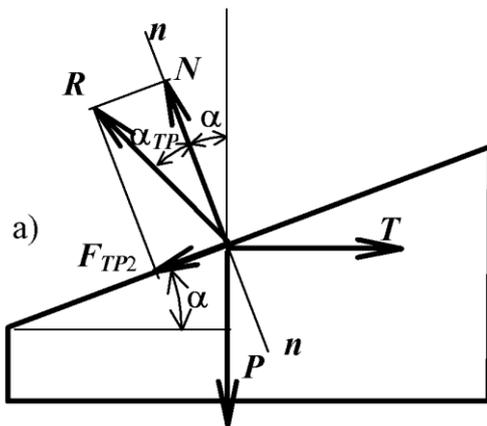
$$\dot{A}_{\text{тр1}} = F_{\text{тр1}} \cdot \delta \cdot \cos \alpha - 2 \cdot u_{\text{сдв}}. \quad (10)$$

Подставляя (6), (8) и (9) в формулу (10), окончательно получим:

$$\dot{A}_{\text{тр1}} = \mu \sigma_o \frac{V}{h_o} \left[\frac{h_o (1 - \varepsilon_h)^2 \text{tg } \gamma - 2 b_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \right]. \quad (11)$$

Для определения работ внешних активных сил и сил трения между рабочей вставкой и верхним бойком рассмотрим движение рабочей вставки по наклонной поверхности. Рабочая вставка движется по наклонной поверхности под действием вертикальной силы P , являющейся усилием деформирования, и горизонтальной силы T , являющейся силой сопротивления на сдвиг (рис. 2, а). Кроме этих сил, на рабочую вставку будет действовать реакция со стороны наклонной поверхности R , являющаяся равнодействующей между нормальной реакцией N и силой трения F_{TP2} . Реакция R отклонена от нормали mn в сторону, противоположную движению на угол трения α_{TP} . Силу трение F_{TP2} на наклонной поверхности (рис. 2) а, определим по формуле:

$$F_{\text{TP2}} = R \cdot \sin \alpha_{\text{TP}}. \quad (12)$$



Пренебрегая силами инерции, движение рабочей вставки можно считать равномерным, тогда геометрическая сумма сил, действующих на рабочую вставку, равна нулю:

$$\bar{P} + \bar{T} + \bar{R} = 0. \quad (13)$$

На рис. 2, б по этому уравнению построен план сил, из которого следует, что деформирующее усилие P равно:

$$P = R \cos \alpha + \alpha_{\text{TP}}. \quad (14)$$

Подставляя (12) в формулу (14), находим зависимость между усилием деформирования и силой трения на наклонной поверхности:

$$P = \frac{F_{\text{TP2}} \cos \alpha + \alpha_{\text{TP}}}{\sin \alpha_{\text{TP}}}. \quad (15)$$

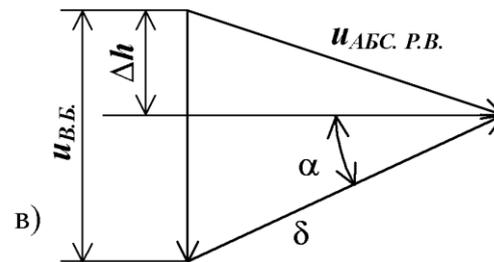
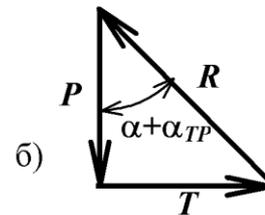


Рис. 2. Схемы к определению усилий деформирования: а — силы, действующие на рабочую вставку; б — план сил; в — схема перемещения рабочей вставки и верхнего бойка

Работу силы трения на наклонной поверхности определяем как сумму произведения горизонтальной и вертикальной проекции F_{TP2} на соответствующие проекции абсолютного перемещения рабочей вставки (рис. 2, в):

$$A_{\text{TP2}} = F_{\text{TP2}} \Delta h \sin \alpha + \delta \cos^2 \alpha. \quad (16)$$

Подставляя (8), (15) в формулу (16) и выражая Δh через ε_h , окончательно получим:

$$A_{\text{TP2}} = P \left[h_0 \varepsilon_h \sin \alpha + \frac{h_0 (1 - \varepsilon_h)^2 \operatorname{tg} \gamma - b_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \cos \alpha \right] \times \frac{\sin \alpha_{\text{TP}}}{\cos \alpha + \alpha_{\text{TP}}}. \quad (17)$$

Работа активных сил равна произведению усилий деформирования P на перемещение верхнего бойка $u_{\text{В.Б.}}$. В соответствии с рис. 2в перемещение верхнего бойка равно:

$$\dot{e}_{\text{А.А.}} = \Delta h + \delta \cdot \sin \alpha. \quad (18)$$

Тогда работа активных сил, с учетом формулы (8), определяется по формуле:

$$\dot{A}_a = D \left[h_0 \varepsilon_h + \frac{h_0 (1 - \varepsilon_h)^2 \operatorname{tg} \gamma - b_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \operatorname{tg} \alpha \right]. \quad (19)$$

Подставляя формулу (3), (5), (11), (17) и (19) в формулу (2), а также учитывая активное действие силы трения на контактной поверхности заготовки с рабочей вставкой, после преобразования получим

$$D \left\{ h_0 \varepsilon_h \left[1 - \frac{\sin \alpha \sin \alpha_{\text{TP}}}{\cos \alpha + \alpha_{\text{TP}}} \right] + \frac{h_0 (1 - \varepsilon_h)^2 \operatorname{tg} \gamma - b_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \times \left[\operatorname{tg} \alpha - \frac{\cos \alpha \sin \alpha_{\text{TP}}}{\cos \alpha + \alpha_{\text{TP}}} \right] \right\} = \sigma_{\text{д}} V \times \left\{ \varepsilon_h + 0,577 \operatorname{tg} \gamma - \frac{\mu}{h_0} \left[\frac{h_0 (1 - \varepsilon_h)^2 \operatorname{tg} \gamma - 2b_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \right] \right\}. \quad (20)$$

Отсюда усилие деформирования будет равно:

$$P = \frac{\sigma_{\partial} \frac{V}{h_0} \times}{\left\{ \varepsilon_h \left[1 - \frac{\sin \alpha \sin \alpha_{\partial\partial}}{\cos \alpha + \alpha_{\partial\partial}} \right] + \right.} \times \left. \left\{ \varepsilon_h + 0,577 \operatorname{tg} \gamma - \mu \left[\frac{1 - \varepsilon_h^2 \operatorname{tg} \gamma - 2 b_0/h_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \right] \right\} \right.} + \frac{1 - \varepsilon_h^2 \operatorname{tg} \gamma - b_0/h_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \left[\operatorname{tg} \alpha - \frac{\cos \alpha \sin \alpha_{\partial\partial}}{\cos \alpha + \alpha_{\partial\partial}} \right] \quad (21)$$

Полученная формула показывает, что при деформировании инструментом, реализующим поперечный сдвиг, на значение усилия деформирования оказывают влияния размеры заготовки V , h_0 , b_0 , сдвиговые $\operatorname{tg} \gamma$ и высотные ε_h деформации, факторы трения μ и α_{TP} , материал заготовки σ_T и параметры конструкции инструмента α .

По плану сил (рис. 2, б) можно найти силу сопротивления на сдвиг T :

$$\dot{O} = \dot{D} \cdot \operatorname{tg} \alpha + \alpha_{\partial\partial}, \quad (22)$$

или

$$T = \frac{\sigma_{\partial} \frac{V}{h_0} \operatorname{tg} \alpha + \alpha_{\partial\partial} \times}{\left\{ \varepsilon_h \left[1 - \frac{\sin \alpha \sin \alpha_{\partial\partial}}{\cos \alpha + \alpha_{\partial\partial}} \right] + \right.} \times \left. \left\{ \varepsilon_h + 0,577 \operatorname{tg} \gamma - \mu \left[\frac{1 - \varepsilon_h^2 \operatorname{tg} \gamma - 2 b_0/h_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \right] \right\} \right.} + \frac{1 - \varepsilon_h^2 \operatorname{tg} \gamma - b_0/h_0 \varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \left[\operatorname{tg} \alpha - \frac{\cos \alpha \sin \alpha_{\partial\partial}}{\cos \alpha + \alpha_{\partial\partial}} \right] \quad (23)$$

Полученные формулы можно использовать при проектировании технологического процесса, реализующего поперечный сдвиг заготовки, и при выборе соответствующего оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 14306 Республика Казахстан. Кузнечный инструмент; опубл. 19.08.2002.
2. Громов Н. П. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1978. 359 с.
3. Найзабеков А. Б. Научные и технологические основы повышения эффективности процессовковки при знакопеременных деформациях. Алматы: издание РИК по учебной и методической литературе, 2000. 336 с.

УДК 621.07

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ
С.С. АБАЕВА

Определение степени деформации при перегибе листа

Пластичность, характеризующая способность металла к деформации без разрушения, зависит от природы металла, его состава и структуры, а также от условий деформации — температуры, скорости деформации и характера напряженного состояния.

Значительное влияние на механические свойства металла оказывает схема напряженного состояния в очаге деформации. При этом следует учитывать схему напряженного состояния предварительной деформации металла, из которого получены образцы для испытания. Анализ многочисленных экспериментальных данных позволяет полагать, что увеличение числа пропусков при постоянном суммарном обжатии, изменение скорости деформации, изменение вида смазки не оказывают существенного влияния на изменение механических свойств металлов и сплавов. Поэтому при практических расчетах эти факторы можно не учитывать [1].

Стремление определить технологические свойства материалов при различных условиях обработки давлением привели к разработке специальных методов

испытания материалов — технологическим испытаниям.

Технологическое испытание — это такой вид испытания, который позволяет установить степень пригодности данного материала к определенному виду обработки (гибка, вытяжка, обжим и т.п.). Испытание материала происходит в условиях, идентичных либо весьма близких к условиям реальных процессов. Большинство технологических испытаний заключается в доведении до разрушения образца из испытуемого материала и регистрации параметра, характеризующего момент разрушения (момент появления трещин).

Технологическое испытание на перегиб дает возможность оценить способность данного материала сопротивляться многократному изгибу. Испытания проводятся в условиях знакопеременного деформирования.

Задачу изгиба листа можно рассматривать как задачу плоской деформации. Ширина листа в процессе изгиба меняться не будет, и соотношения между компонентами деформации будут оставаться постоянными:

$$\varepsilon_2 = 0, \varepsilon_1 > 0, \varepsilon_3 = -\varepsilon_1 < 0,$$

т.е. частицы металла, расположенные вблизи выпуклой и вогнутой поверхностей, претерпевают монотонную деформацию [2].

Пусть точки M_H и M_B располагаются соответственно на наружной выпуклой и внутренней выпуклой поверхностях листа в сечении, перпендикулярном ребругиба (рис. 1).

Степень деформации в рассматриваемых точках M_B и M_H на внутренней вогнутой поверхности листа:

$$\dot{\alpha}_{iB} = \varepsilon_{iB} = 1,155 \ln \frac{r_B + 0,5S_0}{r_B} \quad (1)$$

и на наружной выпуклой поверхности листа

$$\dot{\alpha}_{iH} = \varepsilon_{iH} = 1,155 \ln \frac{r_B + S_0}{r_B + 0,5S_0}, \quad (2)$$

где r_B — радиус валиков;

S — толщина металла;

e_{iB}, e_{iH} — степень деформации на внутренней и наружной поверхностях соответственно.

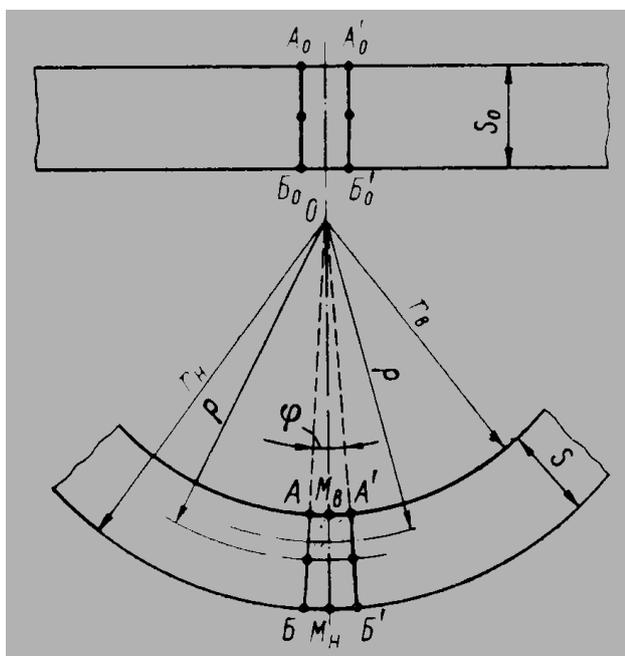


Рис. 1. Схема деформации материального элемента при изгибе

При гибке e_{iH} всегда больше e_{iB} и, следовательно, при прочих равных условиях начало появления трещин испытываемого односторонним гибом материала следует ожидать на наружной выпуклой поверхности. Очевидно, что данный материал будет разрушаться при определенной величине $\varepsilon_{икр}$, которая и будет являться характеристикой предельной пластичности данного материала при изгибе.

Опыт [2] показывает, что появление первых трещин при испытании ряда материалов на изгиб соответствует в достаточно близком приближении степени деформации

$$e_{икр} = k\varepsilon_p,$$

появление трещин на поверхности в условиях гiba маловероятно, если степень деформации поверхностных слоев не достигла $0,5\varepsilon_p$, и весьма вероятно, если степень деформации превысила значение $0,6\varepsilon_p$, тогда, во избежание разрушения, возьмем значение $k = 0,55$ [2]:

$$e_{iN} \geq 0,55\varepsilon_p, \\ \varepsilon_\phi = \ln \frac{1}{1-\psi_\phi},$$

где e_{iN} — степень деформации после N -го разгиба;

ψ_{ϕ} — относительное сужение при испытании на растяжение листовых заготовок.

Поскольку при испытании пластичных материалов на единичный изгиб в одном направлении величина пластичности устанавливается весьма затруднительно, то наращивание значений степени деформации произведем путем многократного гiba в одном и том же месте, вплоть до разрушения, и подсчитаем число перегибов. Так как образец из установки извлечен только в выпрямленном состоянии (разогнутом), то и расчет на начало возникновения трещин разрушения должен производиться именно на это состояние образца:

$$e_{ip1} = 2\varepsilon_{ie}; e_{ip2} = 2\varepsilon_{ie} + 2\varepsilon_{in}.$$

Подставив в предложенные формулы значения ε_{ie} и ε_{in} , определенные по формулам (1) и (2), после сокращения получим: при первом гибке

$$\dot{\alpha}_{ip1} = \frac{4}{\sqrt{3}} \ln \frac{r_B + 0,5S_0}{r_B}, \quad (3)$$

при гибке в другом направлении

$$\dot{\alpha}_{ip2} = \frac{4}{\sqrt{3}} \ln \frac{r_B + S_0}{r_B}. \quad (4)$$

Определением порядкового номера разгиба N , после которого необходимо проверить наличие трещин путем осмотра соответствующей поверхности вынутаго из установки образца, и заканчивается расчет предельной пластичности.

Число перегибов N определяли для листовых заготовок толщиной от 0,2 мм до 9 мм. По результатам проведенных экспериментов, описанных в работах [3,4], для образцов различной толщины и марки стали, испытанных на перегиб, была рассчитана деформация после каждого разгиба. Величину деформации за весь процесс испытания рассчитывают в зависимости от числа перегибов, который выдержал образец. Каждый перегиб сообщает образцу некоторую дополнительную информацию до тех пор, пока не будет полностью использована вся присущая материалу при данном способе деформации пластичность. Поэтому степень деформации поверхностных слоев будет равна арифметической сумме интенсивностей деформаций, определяемых для каждой монотонной стадии (для каждого гiba и разгиба) процесса.

Судя по формулам (3), (4), степень деформации зависит от таких параметров, как толщина испытываемого металла, радиус валиков и количество перегибов. После расчета степени деформации

построили графики зависимости степени деформации от радиуса валиков (рис. 2, а, б), числа перегибов (рис. 3, а, б).

Анализируя графики $e_{ipN} = f(r_a)$ (рис. 3, а, б), по точкам пересечения кривых можно определить, что для испытания листовых материалов толщиной от 0,2 до 2 мм значения радиуса валиков можно выбрать от 4 до 10 мм, так же определяется значение радиуса валика для испытания листового металла толщиной от 4 до 9 мм.

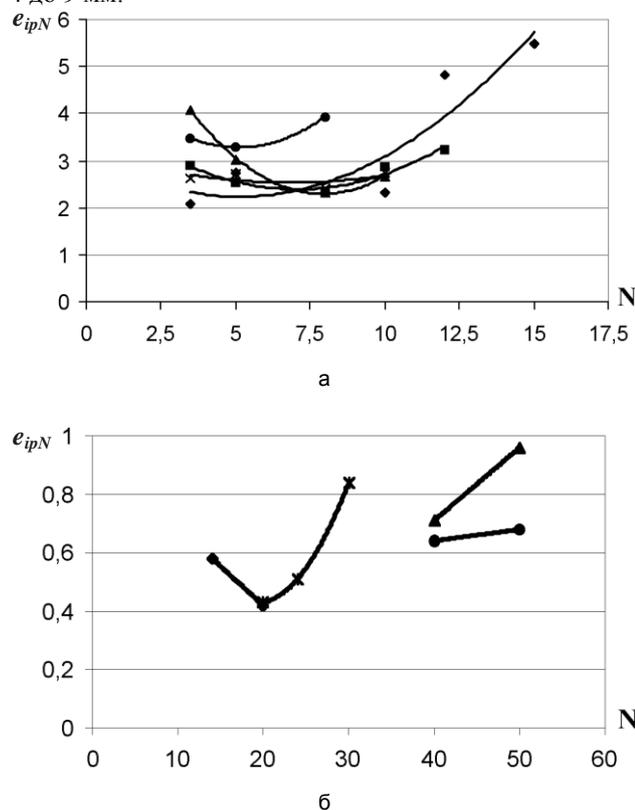


Рис. 2. Графики зависимости степени деформации от числа перегибов

Так как тонколистовая сталь при испытании на перегиб выдерживает большее количество перегибов, то и степень деформации будет выше у нее, чем у толстолистовой стали, которая выдерживает меньшее количество перегибов. По графику $e_{ipN} = f(N)$ видим, что при увеличении числа перегибов степень деформации увеличивается, а в некоторых случаях происходит сначала уменьшение степени деформации и затем возрастание по мере увеличения числа перегибов, например, кривая при толщине листа 0,8 мм. Это происходит, возможно, вследствие того, что при начальной деформации происходит увеличение плотности дислокаций, при дальнейшем развитии деформации происходит их аннигиляция, возникновение различных дефектов металла, приводящие к уменьшению степени деформации. Но так как при перегибе имеет место знакопеременная деформация и частичное закрытие дефектов, то степень деформации снова возрастает и происходит упрочнение металла. Упрочнение металлов наиболее интенсивно протекает при монотонной деформации, а при знакопеременной — наблюдаются эффекты

Баушингера и циклического разупрочнения, снижающие интенсивность его упрочнения [5].

В зависимости от того, насколько сильно выражен эффект Баушингера, при перемене знака напряжения может наблюдаться снижение предела упругости не только по отношению к его значению при повторном нагружении в прежнем направлении, но и по отношению к его исходному значению. Но эффект Баушингера имеет и положительный результат. При таком знакопеременном характере деформирования уменьшается интенсивность пластического разрыхления и, следовательно, увеличивается пластичность металла.

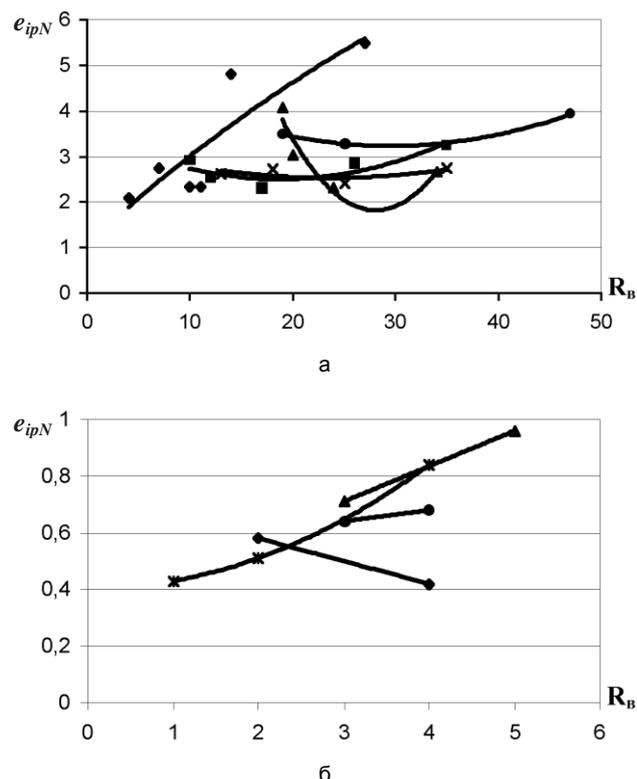


Рис. 3. Графики зависимости степени деформации от радиуса валиков при толщине металла от 0,2 до 9 мм

● — 0,6 мм, х — 0,7 мм, ▲ — 0,8 мм, ■ — 1 мм, ◆ — 2 мм, ♦ — 4 мм, ж — 6 мм, ● — 8 мм, ▲ — 9 мм

По результатам испытания рассчитали степень деформации при каждом разгибе, построили графики зависимости степени деформации от радиуса валиков и числа перегибов. Анализ графиков показывает, что по кривым на графике $e_{ipN} = f(r_a)$ можно определить значения радиуса валиков для испытания листовых материалов толщиной от 0,2 до 2 мм. Для этого диапазона толщин значения радиуса валиков можно выбрать от 4 до 10 мм. Так же определяется значение радиуса валика для испытания листового металла толщиной от 4 до 9 мм.

По графику $e_{ipN} = f(N)$ видим, что при увеличении числа перегибов степень деформации увеличивается, исключение составляет кривая при толщине листа 0,8 мм, здесь происходит уменьшение степени деформации и вновь возрастание по мере увеличения числа перегиба. Это объясняется тем, что при начальной деформации происходит увеличение

плотности дислокаций, что приводит к уменьшению | степени деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяков А.В. Определение механических свойств сталей и сплавов. Свердловск: Уралмашзавод, 1964. 126 с.
2. Смирнов-Аляев Г.А., Чикидовский В.П. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением. Л.: Машиностроение, 1972. 360 с.
3. Испытание металлов на перегиб / А.Б. Найзабеков, С.С. Абаева // Тр. междунар. науч. конф. «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». № 2. Караганда, 2003. С. 113-115.
4. Определение влияния толщины листового материала на конструкционные параметры установки при перегибе / А.Б. Найзабеков, С.С. Абаева, Т.В. Галкина // Республиканский науч. журн. «Технология производства металлов и вторичных материалов». Тимиртау: КарМетИ, 2003. №3. С. 99-103.
5. Определение параметров эффекта Баушингера при моделировании процессов листовой штамповки / Г.Д. Гель, Г. Гезе, В.В. Елисеев, Я.В. Меньших // Кузнечно-штамповочное производство. 2000. № 3. С. 12-15.

УДК 669.168

Ж.У. НУРМУХАНБЕТОВ
М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ
В.А. КИМ

Исследования свойств спецкокса как восстановителя для выплавки кремнистых сплавов

В современной практике ферросилиций с содержанием кремния в сплаве 20-90 % выплавляют непрерывным способом в печах мощностью 16,5-115 мВ·А. В качестве кремнийсодержащего материала применяются кварцит или кварц. Углеродистым восстановителем для выплавки ферросилиция являются кокс, полукокс, различные угли. В зависимости от марки сплава в шихту добавляется некоторое количество стальной стружки [1,2]. Выплавка кремнистых и особенно высококремнистых ферросплавов является трудоемким и энергоемким процессом, и свойства углеродистого восстановителя могут оказаться решающим фактором, определяющим технико-экономические показатели (тэп) его производства [1-3]. При этом применение углеродистых восстановителей, обладающих повышенными физико-химическими свойствами, позволяет существенно повысить технологические показатели производства ферросилиция [3].

Целью данной работы была оценка возможности применения спецкокса, получаемого методом термоокислительного коксования шубаркольских углей, в качестве углеродистого восстановителя для выплавки ферросилиция.

Изучение удельного электрического сопротивления (УЭС) шихты для выплавки ферросилиция проводили по общепринятой методике [4]. В качестве шихтовых материалов использовался тектурмасский кварцит (98 % SiO₂) фракции 3-15 мм, железная стружка. В качестве углеродистых восстановителей использовали спецкокс, коксик ОАО «Алтай-кокс» (заринский коксик), кокс КНР, а также смесь спецкокса с коксиком при содержании коксика в смеси восстановителя 75, 50 и 25 % (по массе). Шихтовые материалы предварительно высушивались. Шихту составляли из расчета получения 75 % Si в сплаве. Химический анализ и состав шихты приведены в табл. 1,2.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

Восстановитель	Технический анализ, %				Состав золы, %			
	A ^c	V ^d	S ^d	P ^d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO+CaO	Fe ₂ O ₃
Спецкокс	7,5	7,6	0,27	0,02	57,1	22,19	3,92	7,11
Кокс заринский	11,9	1,6	0,5	0,045	48,5	20	8,75	16,6
Кокс КНР	9,0	2,5	0,27	0,015	33,7	14	17,7	24,5

При относительно низких температурах шихта со спецкоксом обладает наиболее высоким значением электросопротивления. Минимальным УЭС обладает шихта с коксиком ОАО «Алтай-кокс». В шихте, где в качестве восстановителя используется смесь коксика со спецкоксом, значение УЭС увеличивается по мере роста в ней содержания спецкокса. Причем наиболее эффективна добавка спецкокса в количестве 50 и 75 %. С ростом температуры УЭС всех шихт снижается.

Таблица 2

СОСТАВ ШИХТЫ ДЛЯ 75 %-ГО ФЕРРОСИЛИЦИЯ, Г

Наименование материала	Вариант шихтовок					
	1	2	3	4	5	6
Кварцит	50	50	50	50	50	50
Стальная стружка	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Спецкокс (сухой)	22,7	-	-	17,02	11,35	5,67
Кокс заринский (сухой)	-	23	-	5,75	11,5	17,25
Кокс КНР (сухой)	-	-	22,7	-	-	-

В интервале температур 400-1200 °С величина УЭС шихты в порядке убывания располагается следующим образом. Максимальное его значение наблюдается у шихты со спецкоксом, далее следуют шихта, содержащая смесь 25 % коксика и 75 % спецкокса, затем шихта, где восстановителем служит смесь коксика и спецкокса в соотношении 1:1. Несколько ниже располагается шихта с коксом КНР. Минимальным значением УЭС обладает шихта с коксиком, а также в случае применения в качестве восстановителя смеси, состоящей из 25 % спецкокса и 75 % коксика.

С повышением температуры свыше 1300 °С наблюдается дальнейшее снижение электросопротивления у всех изученных шихт. При этом происходит выравнивание значений УЭС у шихт со спецкоксом, с коксом КНР, а также содержащих 75

и 50 % спецкокса. У шихт, содержащих более 75 % коксика, его значения выравниваются, но по абсолютному уровню располагаются несколько ниже остальных, имея в 1,5-2 раза меньшее значение УЭС (рис. 1).

Исследования влияния вида восстановителя на кинетику восстановления шихты для производства ферросилиция марки ФС 75 проводились на термовесовой установке при непрерывном взвешивании. Измерения были выполнены при температурах 1600, 1650 и 1700 °С. В качестве углеродистых восстановителей использовали спецкокс и коксик ОАО «Алтай-кокс». О степени восстановления шихты судили по убыли массы.

Как видно из рис. 2, скорость и степень восстановления шихты зависят от температуры и вида применяемого восстановителя. Максимальной восстановимостью обладает шихта со спецкоksom при 1700 °С. Ниже располагается кривая для шихты с коксом при 1700 °С. При 1650 и 1600 °С восстановление шихты со спецкоksom протекает с

одинаковой скоростью до 45 минуты опыта, далее шихта при 1600 °С прекращает терять вес, а при 1650 °С продолжается восстановление. Восстановление шихты с участием коксика при более низких температурах протекает с меньшей скоростью и в меньшей степени. Кривая восстановления шихты со спецкоksom при 1600 °С расположена выше кривых восстановления шихт с коксом при 1600 и 1650 °С. Из проведенных опытов видно, что спецкокс обладает высокой реакционной способностью по отношению к SiO_2 , особенно при относительно низких температурах.

Для оценки металлургических свойств спецкокса, полученного на ТОО «СпецКоксСтрой» методом термоокислительного коксования шубаркольских углей, была опробована замена доменного кокса на выплавке 65 %-го ферросилиция в лабораторной печи мощностью 200 кВт·А. Химический состав шихтовых материалов приведен в табл. 3, состав колоши в табл. 4.

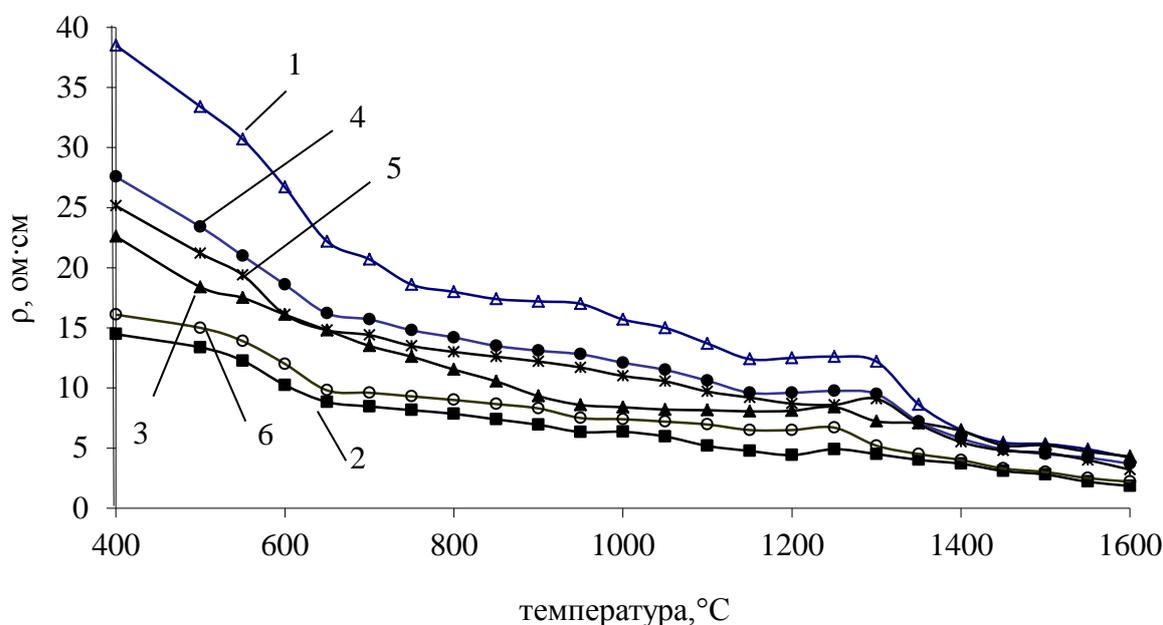


Рис. 1. Зависимость УЭС шихт ФС 75 от температуры: 1 — шихта со спецкоksom; 2 — шихта с заринским коксом; 3 — шихта с коксом КНР; 4 — шихта со смесью спецкокса и коксика 3:1 (по массе); 5 — шихта со смесью спецкокса и коксика 1:1 (по массе); 6 — шихта со смесью спецкокса и коксика 1:3 (по массе)

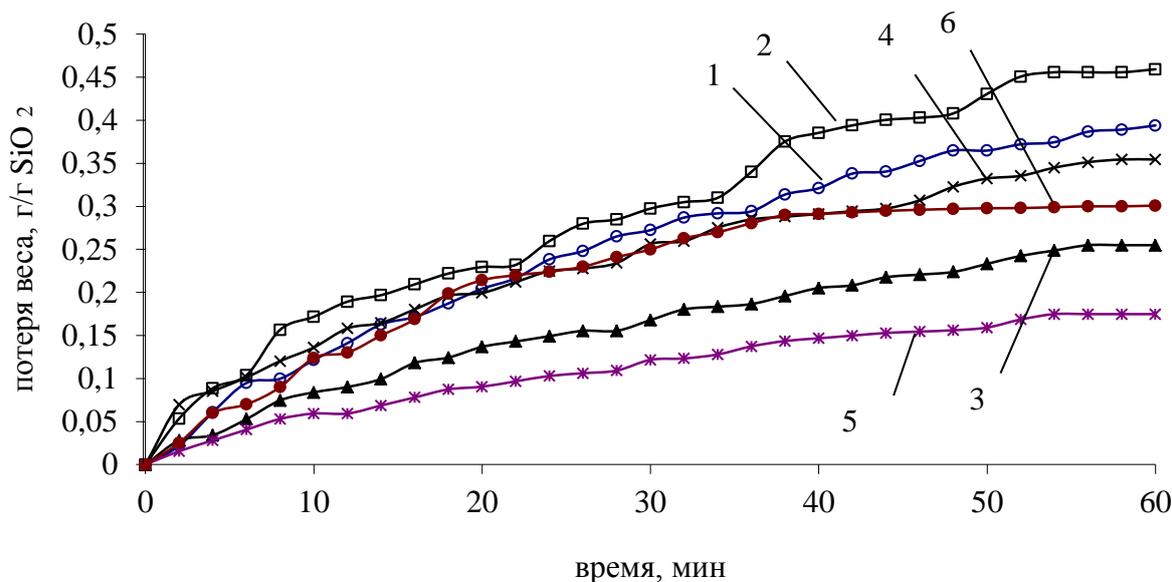


Рис. 2. Убыль массы при восстановлении шихты для ферросилиция: 1 — шихта с коксом при 1700°C; 2 — шихта со спецкоксом при 1700°C; 3 — шихта с коксом при 1650°C; 4 — шихта со спецкоксом при 1650°C; 5 — шихта с коксом при 1600°C; 6 — шихта со спецкоксом при 1600°C

В базовом периоде (I серия плавов) в качестве шихтовых материалов использовались кварцит месторождения «Тектурмас» фракции 10-50 мм, карагандинский кокс фракции 5-25 мм и стальная стружка. Для равномерного распределения по колошнику выходящих из печи газов, предотвращения спекания колошника и снижения потерь кремния в улет шихту «прошивали» прутами. После процесса «опиковки» наблюдалась высокая посадка электрода, временная нестабильность электрических параметров. В целом плавки характеризовались устойчивой посадкой электрода и ровным ходом печи. Металл выходил активно, летка открывалась легко.

выделялись по всей поверхности колошника, предотвратив его перегрев, что позволило увеличить токовую нагрузку. В целом процесс характеризовался стабильной нагрузкой, устойчивой и глубокой посадкой электрода, равномерным сходом шихты. Колошник стал легче обрабатываться, металл был хорошо прогрет и из печи выходил быстро, летка открывалась легко. Каждый выпуск сопровождался выходом небольшого количества шлака.

Равномерный разогрев колошника печи при использовании спецкокса с поддержанием более высокой токовой нагрузки позволил повысить производительность печи на 18,3 %, а также степень извлечения кремния на 10 % (абс.) за счет снижения улета летучих соединений в виде субоксидов кремния. Достигнутые технологические показатели позволили снизить удельный расход кварцита на 11,6 % и электроэнергети на 7 %. Крупнолабораторные испытания показали преимущества спецкокса как восстановителя для выплавки ферросилиция по сравнению с традиционно используемым коксовым орешком (табл. 5).

Таблица 3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование	Химический анализ, %								
	SiO ₂	Fe _{общ}	Al ₂ O ₃	CaO	P	S	C	V	A
Кварцит	97,54	0,27	1,08	0,23	0,0025	0,013	0,069	-	-
Спецкокс	-	-	-	-	0,02	0,26	86,2	7,2	7,6
Зола спецкокса	52	12	16	8	-	-	-	-	-
Кокс	-	-	-	-	0,035	0,4	86,0	0,4	13,6
Зола кокса	50,0	6,99	25	2,5	-	-	-	-	-
Железная стружка	0,3	99,0	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 4

СОСТАВ КОЛОШИ

Серия плавов	Марка сплава	Состав колоши, кг			
		кварцит	спецкокс	кокс	железная стружка
I	ФС65	10	-	5,2	1,6
II	ФС65	10	5,2	-	1,6

В опытно-промышленном периоде (II серия плавов) кокс был заменен спецкоксом. Подача спецкокса класса 5-25 мм позволила глубже посадить электрод. Следует отметить, что если при работе на коксике сход шихты и выделение газов происходили преимущественно вокруг электрода, то во время использования спецкокса реакционная зона расширилась, газы

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРУПНОЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

Наименование	Серия плавов	
	I	II
Удельный расход шихтовых материалов, кг/баз т:		
кварцит	1896,12	1677,48
кокс	876,59	-
спецкокс	-	775,51
железная стружка	264,69	264,69
Расход электроэнергии, кВт·ч/баз т	15178	14116
Производительность баз кг/сут	52,5	62,1
Извлечение Si в сплав, %	75	85

Таким образом, электрическое сопротивление шихты для производства кремнистых сплавов во многом определяется УЭС восстановителя.

Электросопротивление шихты со спецкоксом выше, чем у кокса КНР и заринского коксика. УЭС шихты, где углеродистым восстановителем является смесь спецкокка с заринским коксом, тем выше, чем выше содержание спецкокка, причем наиболее заметно это наблюдается при добавке спецкокка в количестве 50 и 75 %.

Исследования кинетики восстановления кварцита в присутствии железа спецкоксом в сравнении с коксиком показали преимущества спецкокка как по скорости, так и по степени восстановления.

Результаты исследований по выплавке ферросилиция в печи мощностью 200 кВт·А подтвердили преимущества спецкокка перед коксиком как восстановителя для производства кремнистых ферросплавов. Использование спецкокка взамен традиционного коксика-орешка снизило удельный расход кварцита на 11,6 %, электроэнергии на 7 %, повысило производительность печи на 18,3 %, извлечение кремния на 10 % (абс.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыс М.А. Производство ферросплавов. М.: Metallurgy, 1985. 344 с.
2. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. 704 с.
3. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М.: Metallurgy, 1976. 272 с.: ил.
4. Жучков В.И., Микулинский А.С. Экспериментальная техника и методы высокотемпературных измерений. М.: Наука, 1966. С. 43-46.

УДК 669.183.12

*Н.И. ЗВИЖИНСКАЯ
Б.Х. ИСАНОВА
Н.Ф. ГАВВА*

Исследование процесса обесфосфоривания лисаковского концентрата

Большие запасы и благоприятные горно-технические условия залегания лисаковских бурых железняков свидетельствуют о необходимости развития их добычи. Лисаковское месторождение представляет собой окисленные оолитовые железные руды. Эти руды состоят из сферических зерен диаметром от 0,5 до 2-3 мм, которые сформированы из последовательно расположенных концентрических слоев силикатов, карбонатов и гидратов железа и в разных соотношениях вкраплены в матрицу аналогичного состава при неупорядоченном распределении примесей. Структурно-минералогический и химический составы бурых железняков значительно отличаются от обычных железных руд, что вызывает проблемы в их переработке по традиционной технологии. Особенностью получаемого из них концентрата является высокое содержание фосфора (0,6-0,8 %), глинозема (4-6 %) и кремнезема (10-12 %) при невысокой концентрации железа (49 %). Из перечисленных компонентов фосфор является главным препятствием на пути эффективного использования сырья. Допустимое содержание фосфора в стали регламентировано. В качественной стали допускается содержание фосфора не более 0,04 %, в высококачественной стали — не более 0,01-0,02 %, в рядовой углеродистой — не более 0,08 %. В настоящее время удаление фосфора из металла производится в сталеплавильных печах при температуре 1570-1600 °С. Фосфор в исходном железняке и концентрате находится в виде кристаллогидрата фосфата железа. По химическому анализу содержание фосфора в концентрате несколько выше, чем в руде, то есть процесса обесфосфоривания при подготовке сырья не происходит. Поэтому поиск

оптимального метода обесфосфоривания металлургического сырья остается актуальным [1]. Удаление фосфора из руды (или концентрата) является довольно сложной задачей, так как тонкая вкрапленность фосфора в виде фосфатов в основной минерал не позволяет удалять его традиционными методами механического обогащения [2] и термодинамический расчет свободной энергии Гиббса показывает их высокую устойчивость [3].

В последние десятилетия проблему обесфосфоривания руд решают гидрометаллургическими методами: кислотными и щелочными. При щелочном методе наличие значительного количества примесей в руде — глинозема и кремнезема — требует большого расхода щелочи или соды и связано с трудностями ее регенерации. Как известно, в кислотном методе выщелачивание проводят разбавленными и крепкими растворами азотной [4], соляной [5], серной кислот [6], а также «царской водкой» [7].

В данной работе исследуется возможность рециркуляции в процессах кислотного выщелачивания 5 % и 10 % растворами серной кислоты в двух температурных режимах. Выбор концентраций и температуры процессов основан на проведенных нами экспериментах [8]. Установлено, что при обработке каждой новой порции концентрата маточниками 5 % кислоты процент извлечения фосфора уменьшается на 9,2 % при проведении эксперимента без нагревания и на 11,4 % — при нагревании. При вторичной рециркуляции процент извлечения фосфора уменьшается значительно: без нагревания на 18,4 % и при нагревании на 26,6 %. В серии опытов по выщелачиванию концентрата при температуре 20 °С 10 % раствором кислоты и ее маточниками понижение

извлечения фосфора составляет 7,9; 11,8; 25 %, а при 60 °С разница в этом ряду получается следующая: 13,9; 12,7; 48 %.

Проведение эксперимента

Лисаковский концентрат после термической обработки при 900 °С обрабатывался 5 % и 10 % растворами серной кислоты с 2- и 3-кратным ее рециклом, соответственно, в двух температурных режимах: 20 °С и 60 °С. В исследуемом концентрате содержание фосфора колеблется в пределах 0,76-0,79 %, железа 55,18-56,67 %. Выщелачивание концентрата в количестве 50 г проводилось 100 мл 5 % раствора серной кислоты при перемешивании в течение 2 ч при температуре 20 °С. После фильтрования, промывки водой и высушивания твердой фазы содержание фосфора, по данным микроанализа, составляет 0,25 %. Фильтратом (маточником) в количестве 60 мл проводили обработку новой порции концентрата — 30 г (1 рецикл). В этом опыте содержание фосфора составляет 0,32 %. Дальнейшее выщелачивание проводилось маточником из предыдущего опыта объемом 40 мл, масса концентрата — 20 г (2 рецикл). Содержание фосфора в обработанном концентрате составляет 0,46 % (табл. 1).

Таблица 1

Обработка лисаковского концентрата 5% раствором серной кислоты	Данные микроанализа		Извлечение по фосфору, %
	Fe, %	P, %	
до выщелачивания	55,18	0,76	
после первичного выщелачивания	56,67	0,25	67,1
1 рецикл	56,30	0,32	57,9
2 рецикл	57,04	0,46	39,5

Следующая серия опытов по выщелачиванию лисаковского концентрата проводилась аналогично предыдущей методике с нагреванием до 60 °С (табл. 2).

Таблица 2

Обработка лисаковского концентрата 5% раствором серной кислоты	Данные микроанализа		Извлечение по фосфору, %
	Fe, %	P, %	
до выщелачивания	56,67	0,79	
после первичного выщелачивания	56,67	0,17	78,5
1 рецикл	57,78	0,26	67,1
2 рецикл	55,55	0,47	40,5

Анализ этих двух серий опытов показывает, что нагревание способствует более глубокому процессу выщелачивания, а проведение рецикла возможно только однократное.

Другая серия опытов по выщелачиванию концентрата проводилась 10 % раствором серной кислоты и ее маточными растворами в режимах трех рециклов при температурах 20 °С и 60 °С. Данные микроанализа по железу и фосфору при температуре 20 °С приведены в табл. 3, при 60 °С — в табл. 4.

Таблица 3

Обработка лисаковского концентрата 10% раствором серной кислоты	Данные микроанализа		Извлечение по фосфору, %
	Fe, %	P, %	
до выщелачивания	55,18	0,76	
после первичного выщелачивания	56,48	0,24	68,4

1 рецикл	56,45	0,30	60,5
2 рецикл	56,85	0,39	48,7
3 рецикл	54,69	0,58	23,7

Таблица 4

Обработка лисаковского концентрата 10% раствором серной кислоты	Данные микроанализа		Извлечение по фосфору, %
	Fe, %	P, %	
до выщелачивания	56,67	0,79	
после первичного выщелачивания	57,78	0,13	83,5
1 рецикл	57,68	0,24	69,6
2 рецикл	56,85	0,34	56,9
3 рецикл	55,93	0,72	8,9

Из результатов экспериментов следует, что выщелачиванием при температуре 20 °С растворами кислоты 5 % и 10 % получают извлечение фосфора 67,1 % и 68,4 %, а использованием их маточников 57,9 % и 60,5 %, соответственно (1 рецикл). При дальнейшем использовании маточников (2 рецикл) данные по извлечению фосфора следующие: 39,5 % и 48,7 %. При проведении реакции выщелачивания с нагреванием до 60 °С растворами серной кислоты 5 % и 10 % извлечение фосфора составляет 78,5 % и 83,5 %, в случае использования маточников 67,1 % и 69,6 %, соответственно (1 рецикл), 40,5 % и 56,9 % (2 рецикл). Результаты по третьей рециркуляции при использовании маточников после обработки 10 % раствором кислоты довольно низкие 23,7 % и 8,9 %.

Определение содержания фосфора и железа в растворах после выщелачивания при 20 °С 5 % раствором серной кислоты и ее маточниками проводилось спектрофотометрическим методом на КФК-3 в области рН 1÷3 [9,10]. Вклад железосодержащих веществ в растворах от фосфата железа ниже общего содержания его на 1,5÷2 порядка. Поэтому аналитический контроль процесса гетерогенной дефосфорации определяется только по содержанию фосфора (табл. 5).

Таблица 5

Раствор	Относительная оптическая плотность	Концентрация фосфора	
		г/50 мл	%
после первичного выщелачивания	0,108	$2,01 \cdot 10^{-5}$	0,49
1 рецикл	0,198	$3,69 \cdot 10^{-5}$	0,89
2 рецикл	0,265	$4,87 \cdot 10^{-5}$	1,19

В этой серии опытов расчет материального баланса по фосфору проведен с учетом содержаний его в твердой фазе (концентрате) и жидкой фазе (маточных растворах).

В первой серии экспериментов по удалению фосфора из концентрата, согласно данным микроанализа, 67,1 % переходит в маточник. Содержание фосфора в растворе, по данным фотометрии (табл. 5), составляет 64,5 %, что соответствует разбалансу 2,6 %; во втором опыте разбаланс 1,8 %, в третьем опыте — 1,35 %. Пределы ошибок экспериментов незначительны (до 2,6 %), поэтому аналитический контроль процесса выщелачивания лисаковского концентрата достаточно проводить только экспресс-спектрофотометрическим методом, исключая трудоемкий микроанализ.

Таким образом, согласно исследованиям по дефосфорации лисаковского концентрата, процесс желательно проводить при повышенной температуре (около 60 °С) в пределах концентраций от 5 % до 10 %, с использованием спектрофотометрического контроля по фосфору.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сисимбина Б.Х., Тлеугабдулов С.М., Гурко Н.И. Гидрометаллургические методы обесфосфоривания лисаковского концентрата // Технология производства металлов и вторичных материалов. Республиканский науч. жур. Темиртау, 2002. С. 9.
2. Беликов В.В., Огородов В.Б., Ядрышников А.О., Михайловина Н.А. Обесфосфоривание бурожелезняковых руд и концентратов // Обогащение руд. 2003. №3. С. 8.
3. Исанова Б.Х., Гавва Н.Ф., Звижинская Н.И. Расчет термодинамических констант для фосфата железа (II) // Теоретическая и экспериментальная химия: Материалы II Междунар. научно-практической конф. Караганда: Изд-во КарГУ, 2004. С. 68.
4. Гуляев Ю.А., Казак В.Г., Магрилова А.Х., Расулов М.М. Азотнокислотное разложение фосфатного сырья Каратау различной дисперсности // Химическая промышленность. 1983. №1. С. 16.
5. Алосманов М.С., Джафаров А.П., Ибрагимова С.М., Абдуллаев Н.Д., Агаев Н.Б. Производство фосфорных удобрений в цехе простого суперфосфата // Там же. 1981. №3. С. 152.
6. Новиков А.А. Исследования в области производства фосфорсодержащих удобрений и серной кислоты // Там же. 1984. №12. С. 727.
7. Казак В.Г., Дмитриева В.С., Смирнова Е.П., Осминкина В.А. Исследование возможности кислотной переработки нетрадиционного фосфатного сырья // Там же. 1988. №4. С. 214.
8. Исанова Б.Х., Тлеугабдулов С.М., Звижинская Н.И. Методы обесфосфоривания лисаковского концентрата // Теоретическая и экспериментальная химия: Материалы II Междунар. научно-практической конф. Караганда: Изд-во КарГУ. 2004. С. 147.
9. Вода питьевая. Методы анализа. М., 1976. С. 67.
10. Годовская К.И., Рябина Л.В., Новик Г.Ю., Гернер М.М. Технический анализ. 2-е изд., испр. и доп. М.: Высш. школа, 1972. 487 с.

УДК 541.11:669.168

**И.Б. МУСИНА
Т.Д. ТАКЕНОВ
С.О. БАЙСАНОВ
М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ**

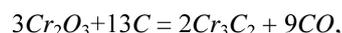
Теоретические предпосылки к использованию высокозольных углей взамен флюса и части коксика при электротермии феррохрома

Опыт использования высокозольных углей при выплавке комплексных сплавов бесшлаковым процессом позволил рекомендовать высокозольный уголь месторождения Борлы Карагандинского бассейна объектом исследования как рационального заменителя части коксового орешка при выплавке высокоуглеродистого феррохрома и предложить их для промышленных испытаний в фракционированном виде, хотя как углеродистый восстановитель для электротермических процессов борлинский уголь имеет такие отрицательные качества, как высокая зольность, повышенный выход летучих веществ, низкая пористость. По мнению В.М. Страхова (ГУП ВУХИН, РФ), нет уверенности, что достаточно высокая структурная прочность и высокое электросопротивление борлинского угля могут компенсировать его отрицательные свойства.

Фракционирование материалов, используемых в шихте для получения ферросплавов, является важнейшим требованием для выплавки высокоуглеродистого феррохрома. Поэтому углеродистые восстановители, включая и борлинский уголь, следует применять во фракционированном виде, что снижает содержание серы в угле, которая в большей степени отходит в мелочь угля. Содержание оксидов магния и алюминия в шлаке процесса влияет на качество сплава по концентрации углерода и кремния в связи с повышением температуры процесса, способствующим развитию реакции взаимодействия

оксидов хрома шлака с карбидами восстановленного металла.

Для оценки равновесных условий восстановления оксидов углеродом с образованием карбидов воспользуемся обычными методами расчета с использованием термодинамических функций участников реакций. Например, для реакции:

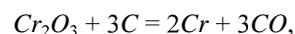


$$\Delta G_T^0 = 9\Delta G_{CO}^0 + 2\Delta G_{Cr_3C_2}^0 - 3\Delta G_{Cr_2O_3}^0 = 9(-26760 - 20,98T) + 2(-19550 - 3,15T) - 3(-271300 + 61,82T) = 533960 - 380,58T.$$

При температуре 1270 °С (1543 К) и $\Delta G_{1543}^0 = -53275$ кал (или -223052 Дж):

$$\lg K = \lg P_{CO}^9 = -\Delta G^0 / 4,576 \cdot 1543 = 7,5452,$$

получим $P_{CO} = 6,9$ атм против $P_{CO} = 1$ атм при восстановлении Cr_2O_3 до металлического хрома по реакции:



с температурной зависимостью свободной энергии Гиббса:

$$\Delta G_T^0 = 3\Delta G_{CO}^0 - \Delta G_{Cr_2O_3}^0 = 181020 - 124,76T.$$

Для свободной энергии Гиббса процесса рафинирования карбида хрома его оксидом по реакции:



$$\Delta G^0_T = 6\Delta G^0_{CO} - 3\Delta G^0_{Cr_3C_2} - 2\Delta G^0_{Cr_2O_3} = 440690 - 240,07 T.$$

Известно [1-3], что в условиях электротермического процесса наблюдается накарбизирование золы высокозольных углей, поэтому нами рассчитаны свободные энергии Гиббса восстановления основных оксидов золы углеродом до металла и карбида, а также карбидом кремния до металла и кремния, вероятных при температурах электротермии феррохрома. Особый интерес представляли при этом реакции восстановления оксидов карбидом кремния, так как они, совмещая углетермическое восстановление с силикотермическим, представляют собой явно специфический вид химических взаимодействий. Из температурных зависимостей изменения свободных энергий Гиббса восстановления оксидов золы борлинского угля следует, что «теоретическая» температура начала восстановления оксидов до карбидов на 100-150° ниже, чем до металлов. Восстановление углеродом, связанным в карбиды, термодинамически затруднено по сравнению с восстановлением твердым углеродом. В то же время карбид кремния SiC разрушается оксидами (меньшей термодинамической прочности, чем кремнезем) с образованием элементарного кремния и металла из восстанавливаемого оксида. Подобное взаимодействие возможно ввиду присутствия кристаллов карбида кремния в высокозольных углях при температурах выше 1300 °C [2]. Следовательно, образующийся при этом кремний экзотермически восстанавливает оксиды хрома и железа, то есть интенсифицирует процесс восстановления. Например, по данным работы АЗФ, высокая экономическая эффективность достигается в результате использования в качестве флюса шлага от выплавки ферросиликохрома и ферросилиция, содержащего в среднем: 25 % SiO_2 ; 12 % SiC ; 10-22 % CaO ; 15 % Al_2O_3 ; 5 % MgO ; 1,5 % Cr_2O_3 ; 14 % Si ; 1-8 % Cr и 0,4 % C . С ростом количества используемого шлага существенно снижается расход электроэнергии и растет извлечение хрома, что связано с присутствием в шлаке 12 % SiC . К тому же сера может взаимодействовать с кремнием в условиях высокого восстановительного потенциала и температур с образованием летучих соединений SiS и SiS_2 (т.е. возможно обессеривание): по реакциям

$$Si_T + 1/2S_{2газ} = SiS_{газ}, \Delta G^0(1000 - 1686 K) = 64899 - 81,65 T;$$

$$Si_T + 1/2S_{2газ} = SiS_{газ}, \Delta G^0(> 1686 K) = 14655 - 51,92 T.$$

К началу шлакообразования значительная часть кремния золы угля накарбизирована и состав шлага смещается к коноде анортит-муллит. Это повысит температуру процесса, а содержание в золе оксидов натрия и калия (в сумме до 2 %) — может заметно

снизить вязкость первичных печных шлаков. Ввиду малого содержания оксида кальция в золе угля (< 5 %) и поступления большого количества оксида магния с хромовой рудой состав печных шлаков приходит в соответствие с требованиями — к конечному шлаку процесса.

Оценкой восстановления оксидов ряда элементов углеродом в присутствии серы (S_2 и FeS) установили, что термодинамически более предпочтительны взаимодействия оксидов металлов с твердым углеродом с образованием соответствующих сульфидов [4]. По термодинамической вероятности протекания реакций вида $MeO + FeS(S_2) + C \rightarrow MeS + CO$ сульфиды могут быть расположены в ряд TiO , SiO_2 , Al_2O_3 , $CaO + C$, $FeS \rightarrow TiS$, SiS_2 , Al_2S_3 , CaS .

Из вышеприведенных результатов следует, что использование высокозольного борлинского угля не вносит осложнений с конечными шлаками в технологию выплавки высокоуглеродистого феррохрома и на рафинирующее действие рудного слоя в электропечи, а его положительные эффекты на процесс существенны и выражаются в следующем:

1. Возможность снижения содержания серы в товарном феррохроме ввиду низкой концентрации ее во фракционированном угле (< 0,3 %) и обеспечения благоприятных условий для десульфурации в условиях электроплавки;

2. Интенсифицируется процесс плавки за счет повышения температуры в верхней зоне подэлектродного пространства (в зоне первичного шлакообразования) вследствие повышенного удельного электросопротивления борлинского угля, пролонгирования процесса шлакообразования и внесения в выплавку феррохрома эффекта силикотермического восстановления хрома.

В настоящее время на Актюбинском заводе ферросплавов на основе результатов теоретических исследований и научно-технических разработок внедрена технология выплавки феррохрома с использованием нижнетагильского и магнитогорского коксика ($S_x < 0,75$ %), а также фракционированного борлинского каменного угля (Карагандинского бассейна) с $S_y < 0,3$ % [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородаенко Л.Н., Такенов Т.Д., Габдуллин Т.Г. Электротермия комплексных сплавов с активными элементами. Алма-Ата, 1990. 120 с.
2. Медведев Г.В., Такенов Т.Д. Сплав АМС. Алма-Ата, 1979. 140 с.
3. Байсанов С.О., Абишев Д.Н., Толымбеков М.Ж., Хасен Б.П., Такенов Т.Д. Электротермическая выплавка комплексного сплава ФСА из углеотходов Казахстана // Новости науки Казахстана. Алматы, 1999. Вып. 5. С. 39-41.
4. Порада А.Н., Гасик М.И. Электротермия неорганических материалов. Москва, 1990. 232 с.
5. Гриненко В.И., Жакибеков Т.Б., Байсанов С.О., Толымбеков М.Ж., Мусина И.Б. Опыт использования в производстве высокоуглеродистого феррохрома низкофосфористых фракционированных углей // Сталь. 1999. № 6. С. 34-35.
6. Гриненко В.И., Мусина И.Б., Жакибеков Т.Б. и др. Использование низкофосфористых углей месторождений Борлы при производстве высокоуглеродистого феррохрома // Тезисы докладов на Международной конференции по комплексному использованию минеральных ресурсов Казахстана. Караганда, 1998. С. 246-247.

УДК 533.15:339.219.1:622.26

Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ
С.К. ХАМИТОВ

Распределение концентрации вредных примесей при проветривании горных выработок

Пусть поля концентрации вредных примесей в горной выработке образуются в результате разгазирования шахты или рудника от ядовитых и взрывоопасных компонентов. При действии вентилятора главного проветривания в устье горной выработки поступает газ постоянной концентрации в течение времени T , в результате же действия вентиляторов местного проветривания газ поступает в виде одного импульса постоянной концентрации в течение времени $\tau_1 < T$ или серии импульсов той же концентрации длительностью τ_1 . Распространение газов происходит в результате процесса турбулентного переноса. При этом производится наложение полей концентрации вредных газов с получением некоторого суммарного распределения. В общем виде одномерное уравнение турбулентной диффузии при условии, что поступление газа происходит по направлению или против направления движения воздуха, записывается соответственно в виде

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

или

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

где $k(x, \tau)$ — концентрация газов;

x — продольное положение газового потока вдоль оси выработки, м;

τ — время, с;

w — осредненная скорость в направлении воздушного потока, м/с;

D_x — коэффициент продольной турбулентной диффузии, м²/с;

v — коэффициент адсорбции газов, с⁻¹.

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

Начальные и граничные условия записываются

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} k(x, \tau) = 0, \quad (3)$$

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

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

Функция $R(\tau)$ определяется исходя из режима поступления газов.

Рассмотрим различные случаи граничного условия (4).

1. Пусть функция $R(\tau)$ в условии (4) постоянна (рис. 1, а). Применяя функцию

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

условие (4) можно записать в виде

$$k(0, \tau) = R(\tau) = k_0 H(\tau).$$

2. Функция $R(\tau)$ представляет один импульс (рис. 1, б). Граничное условие (4) записывается в виде

$$k(0, \tau) = R(\tau) = k_0 [H(\tau) - H(\tau - \tau_1)],$$

где τ_1 — время поступления газов.

3. Функция $R(\tau)$ представляет процесс диффузии с периодической функцией поступления газа (рис. 1, в). Граничное условие имеет вид

$$R(\tau) = k_0 \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j H(\tau - j\tau_1).$$

4. Функция $R(\tau)$ представляет процесс диффузии с наложением двух функций поступления газа: непрерывно-постоянного и единичного импульса. Функцию $R(\tau)$ можно представить как сумму двух функций

$$R_1(\tau) = k_0 H(\tau),$$

$$R_2(\tau) = (k'_0 - k_0) [H(\tau) - H(\tau - \tau_1)],$$

граничное условие (4) примет вид

$$k(0, \tau) = R_1(\tau) + R_2(\tau).$$

5. Смешанное поступление газа. В этом случае $R(\tau)$ выражает суммарный эффект непрерывно-постоянного и импульсного периодического поступления газа

$$R(\tau) = k_0 H(\tau) + k' \sum_{j=0}^n (-1)^j H(\tau - j\tau_1).$$

Для численного решения дифференциальных уравнений (1), (2) с начальными и граничными условиями (3)-(5) применяем шеститочечную конечно-разностную схему [1], приведенную на рис. 2.

$$z_\tau + \sigma B z^{n+1} + (1 - \sigma) B z^n = 0, \quad 0 < \sigma < 1, \quad (6)$$

где $B = w\tilde{D} - D_x \lambda + \nu E$ или $B = -w\tilde{D} - D_x \lambda + \nu E$,

$$\tilde{D} z_i = \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{2h}, \quad \lambda z_i = \frac{z_{i+1} - 2z_i + z_{i-1}}{h^2}, \quad z_\tau = \frac{z^{n+1} - z^n}{\Delta\tau},$$

h — шаг сетки по координате x ;

$\Delta\tau$ — шаг по времени.

Таким образом, при численном решении дифференциальных уравнений (1) и (2) с начальными и граничными условиями (3)-(5) получаем конечно-разностные задачи:

$$z_\tau + \sigma(w\tilde{D} - D_x \lambda + \nu E) z^{n+1} + (1 - \sigma)(w\tilde{D} - D_x \lambda + \nu E) z^n = 0, \quad (7)$$

$$\begin{cases} z_i^0 = 0, \quad i = 1, 2, \dots, \quad z_0^0 = k_0, \\ z_0^n = \varphi^n, \quad n = 1, 2, \dots, \\ z_i^n \rightarrow 0 \quad \text{и } \tau \rightarrow \infty, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{cases} \quad (8)$$

и

$$z_\tau + \sigma(-w\tilde{D} - D_x \lambda + \nu E) z^{n+1} + (1 - \sigma)(-w\tilde{D} - D_x \lambda + \nu E) z^n = 0, \quad (9)$$

$$\begin{cases} z_i^0 = 0, \quad i = 1, 2, \dots, \quad z_0^0 = k, \\ z_0^n = \varphi^n, \quad n = 1, 2, \dots, \\ z_i^n \rightarrow 0 \quad \text{и } \tau \rightarrow \infty, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \end{cases} \quad (10)$$

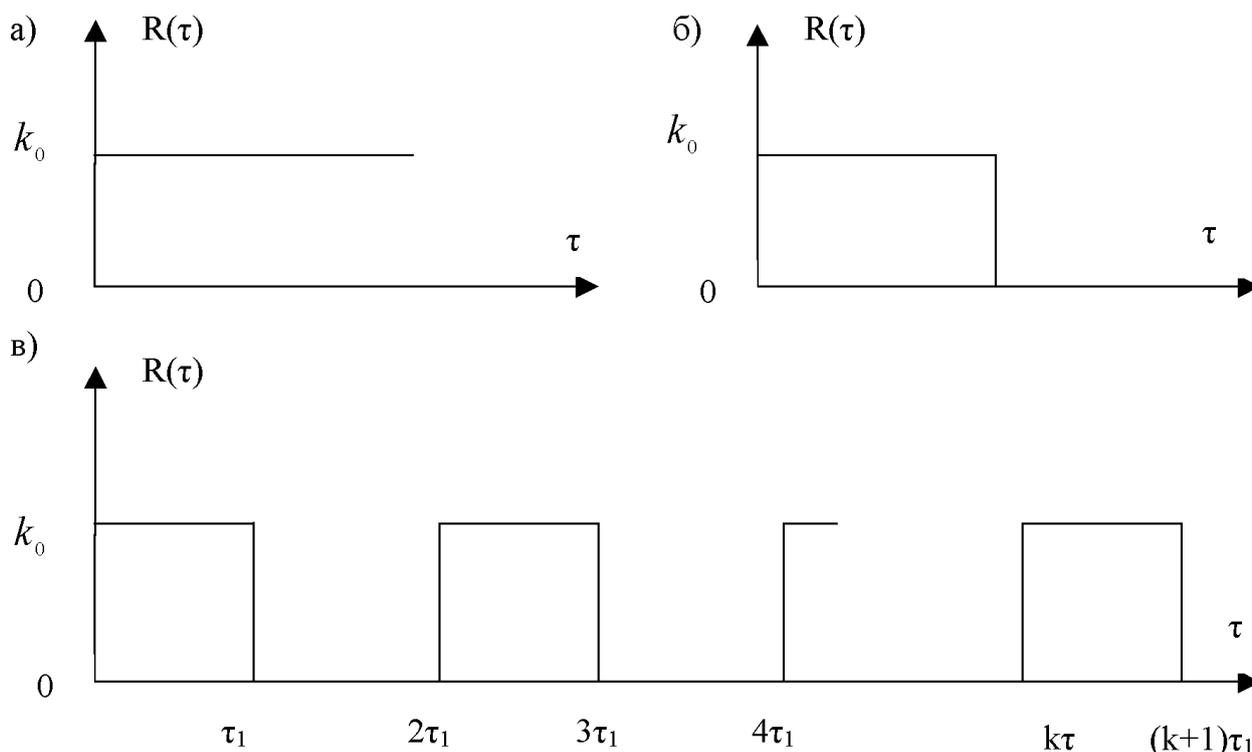


Рис. 1. Графики возможных способов поступления газов в выработку:
 а — непрерывное постоянное поступление газа;
 б — поступление газа в виде одного импульса;
 в — поступление газов в виде последовательности импульсов

где $\varphi^n = R(\tau_n)$,

соответствующие исходной задаче (1), (3)-(5), если поступление газа происходит по направлению движения воздуха, и соответствующие задаче (2), (3)-(5), если поступление газа происходит против направления движения воздуха.

Для численной реализации разностных задач (7), (8) и (9), (10) разработан программный модуль SOLVREZ, состоящий из подпрограмм FUNCD, CONTRF, DCONST, GSOLVD, THREEDG, PRSOLV, PRGRAF, PRPECH, позволяющий рассчитать изменение значений концентрации поступивших газов по длине выработки и по времени, согласно математической модели турбулентной диффузии (1), (2) с соответствующими краевыми и начальными условиями (3)-(5). В программе предусмотрен вывод графиков зависимости концентрации газа от времени и расстояния по длине выработки при различных режимах поступления газа, а также в зависимости от направления движения воздуха. Разработан также программный модуль SOLVTR, состоящий из подпрограмм SIMPS, PRSOLV, PRGRAF, PRPECH, позволяющий реализовать точное решение дифференциальных уравнений (1), (2) с начальными и граничными условиями (3)-(5), используя интегральное преобразование Лапласа.

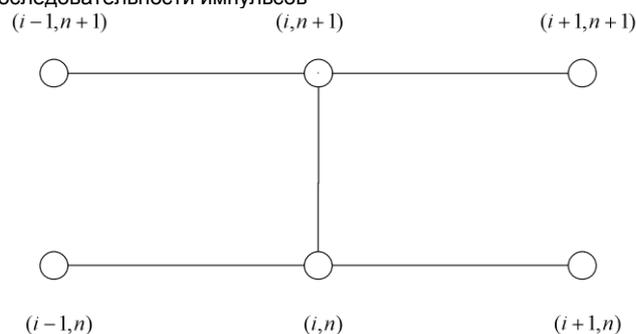


Рис. 2.

Были проведены численные эксперименты для выработки длиной 300 м, скорости движения воздуха $v = 0,15$ м/с, $0,25$ м/с; коэффициента турбулентной диффузии $D_x = 1,76$ м²/с, согласно [2]; начальной концентрации поступления газа 0,2; длительности импульса $\tau_1 = 300$ с. На рис. 3а, 3б, 4а, 4б приведены графики зависимости концентрации от расстояния по длине выработки и времени при непрерывно-постоянном поступлении, согласно режиму 1, и импульсно-периодическом поступлении газа, согласно режиму 3. На рис. 3а видно убывание концентрации по длине выработки в различные фиксированные моменты времени, причем скорость убывания больше в начале процесса газопереноса. Из рисунка 3б следует, что концентрация стремится к некоторому предельному значению, причем это значение уменьшается с увеличением расстояния от начала выработки.

Рис. 4а показывает, как влияют интервалы поступления газа на графики изменения концентрации по длине выработки в различные фиксированные

моменты времени. На рис. 46 видны периоды увеличения и уменьшения концентрации в зависимости от периодов поступления газа в начале выработки.

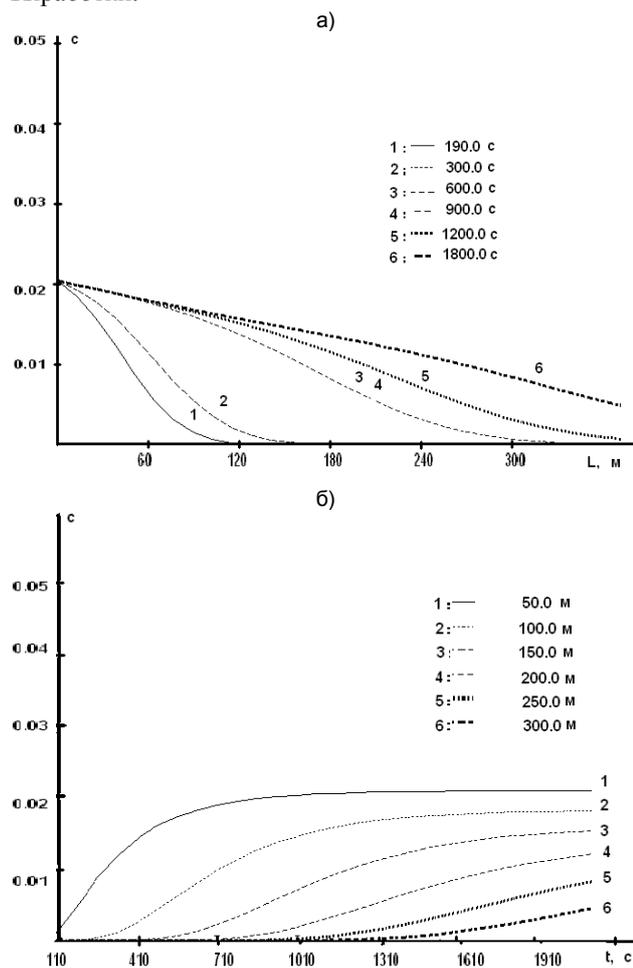


Рис. 3. Непрерывное постоянное поступление газа

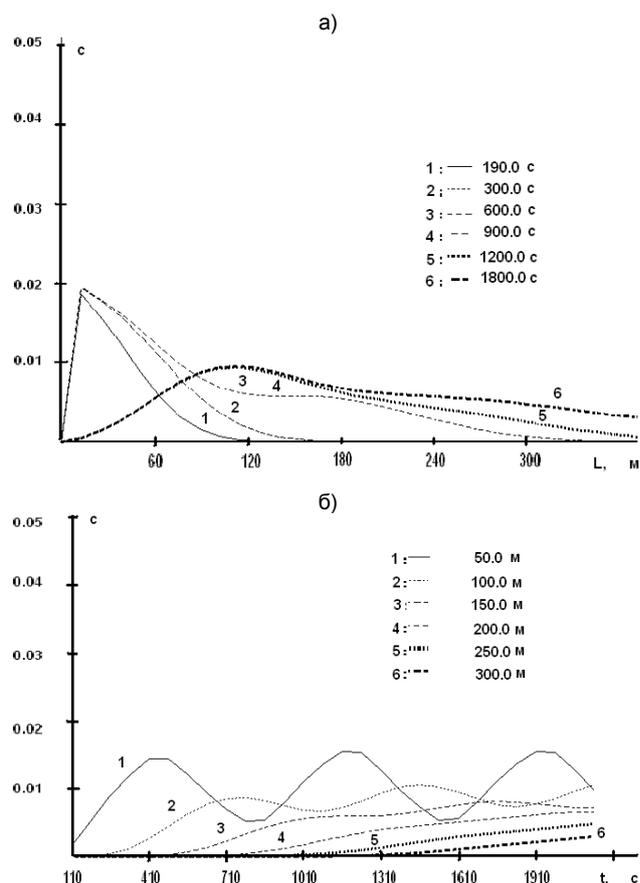


Рис. 4. Импульсное периодическое поступление газа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977. 656 с.
2. Лайгна К.Ю., Поттер Э.А. Способы определения коэффициентов турбулентной диффузии в шахтных вентиляционных потоках // ФТПРПИ. 1983. №3. С. 73-79.

УДК 543.422

Т. НАЛИБАЕВ
Ю.Д. ОБУХОВ

Природа состояния хрома в водных растворах

Известно [1-3], что хромовые соли являются основными продуктами в процессе дубления и крашения на кожевенных и меховых предприятиях.

Все соединения хрома обладают определенными токсичными свойствами [4], однако соединение Cr(VI) обладает более острой токсичностью, чем Cr(III) [5,6].

В настоящее время экологическая проблема, связанная с загрязненностью водоемов соединениями хрома, объясняется неэффективным использованием соли хрома в процессе дубления кожи [6]. Из-за недостаточной технологии процесса дубления часто выбрасывается большое количество соли хрома (до 1000 мг/л), переходящего в состав сточной воды и в сотни раз превышающего требования ПДК оборотной

воды с содержанием соединений Cr(III) и частично Cr(VI) данного стока.

В связи с этим для решения технологических задач, связанных с усовершенствованием процесса дубления и крашения, необходимо детальное изучение научной основы, связанной со сложностью состояния хрома с изменением физико-химических факторов в сточной воде.

Природа состояния хромат-ионов в водном растворе и их взаимные переходы в присутствии буферного раствора $[\text{NH}_4\text{Cl}-\text{NH}_4\text{OH}]$ являются наиболее интересными в изучении изменения ионного состава и структуры данного раствора.

Состояние хромат-ионов в водном растворе в присутствии ряда ионов NH_4^+ , Cl^- , OH^- , их взаимное

влияние и физико-химические свойства мало изучены методом электронной спектроскопии.

С целью изучения состояния хромат-ионов в водном растворе в присутствии ряда других ионов нами сделана попытка выяснения состояния хромат-ионов в водном растворе методом электронной спектроскопии.

В своих работах ряд авторов старался показать механизм сорбции хромат-ионов с различными катионами и выявить свойства полимеризации поликислот и их хромовых солей.

Перед тем как приступить к решению сложных задач о состоянии хромат-ионов, применяя электронную спектроскопию, необходимо особо подчеркнуть важность, а также сложность данного метода.

Принцип оптических спектров Франка-Кондона [7-10] объясняет различие между возбужденным и основным состоянием молекулы.

Молекулы, находящиеся в основном электронном состоянии и некотором колебательном состоянии v , получают энергию возбуждения в виде кванта света $h\nu$. Принципиально этот вопрос объясняется тем, что электронный переход по сравнению с колебательным происходит настолько быстро (10^{-14} - 10^{-15} с.), что за это время ни относительное расположение, ни скорости ядер не успевают измениться. Другими словами, в процессе электронной перегруппировки ядра остаются фиксированными в пространстве, а молекула оказывается в возбужденном состоянии: при этом межъядерное расстояние не изменяется. Интенсивность полос поглощения в электронном спектре имеет важное значение [7,18] в объяснении вероятности перехода молекулы из одного энергетического состояния в другое. При большой интенсивности поглощения происходит без изменения главного квантового числа электрона в молекуле.

Известно [7,8], что молярный коэффициент (ξ) поглощения зависит от длины волны и pH раствора. Зависимость от длины выражается сложной спектроскопической кривой, проходящей через один или несколько максимумов. В видимой или ультрафиолетовой области спектра наблюдается расщепление энергии внутри ряда многоатомных анионов: SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , ClO_4^- и др. Спектры могут быть либо внутрионного типа, включающие перенос заряда (от кислорода к сере или хрому), или ридберговского типа [18], когда возбужденный электрон переходит к растворителю. Переходы электронов рассмотрены в рамках теории поля лигандов, поскольку молекулы являются тетраэдрическими. Из спектра видно, что смещение максимума может располагаться в видимой и ультрафиолетовой области спектра, которая тесно связана с изменением молярного коэффициента поглощения и pH-среды.

Экспериментальные результаты

Электронные спектры образцов были сняты в области от 200 до 450 нм на японском спектрометре EPS-31 фирмы Hitachi.

а) Система $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$

Оптическая плотность (D) растворов была измерена на фотоэлектроколориметре ФЭК-56 М на основании закона Бугера-Ламберта-Бера по формуле [9]

$$I=I_0 \cdot 10^{-\alpha Cl} \text{ или } \lg I_0/I=\alpha'Cl,$$

$$I/I_0=T, D=-\lg T=\lg I_0/I=\alpha'Cl,$$

где I_0, I — световой поток, вступивший в исследуемый слой вещества и покидающий его;

α — молярный коэффициент светопоглощения (показатель поглощения);

C — концентрация растворов;

l — длина кюветы.

Показание pH среды измеряли на приборе pH-340 с использованием стеклянного электрода.

Концентрации водородных ионов в растворе характеризовались водородным показателем $\text{pH}=-\lg \text{Cn}^+$. Данная система приготовлена из хромового ангидрида CrO_3 «х.ч.», который растворили в дистиллированной воде. Были сняты спектры приготовленных растворов с различной концентрацией хромат-ионов в области поглощения длины волны спектров от 220 до 450 нм, в которой имелись две полосы поглощения. С изменением pH-среды наблюдались частичные смещения этих двух полос. В кислой среде (pH — от 3 до 5), где концентрации бихромат-ионов соответствуют от 2 до 30 мг/л, в электронных спектрах наблюдается две полосы поглощения: 38461 и 29239 cm^{-1} .

Как известно, хромовый ангидрид легко растворяется в воде с образованием хромовой кислоты $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и диссоциирует по схеме:



Все хромовые кислоты являются комплексными соединениями с общей формулой $\text{H}_2\text{Cr}_n\text{O}_{3n+1}$ ($n=1\div 4$): H_2 [CrO_4], H_2 [$\text{CrO}_3 \cdot (\text{CrO})_1$], H_2 [$\text{CrO}_2 \cdot (\text{CrO})_2$], H_2 [$\text{CrO} \cdot (\text{CrO})_3$].

В растворах существуют анионы: CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, $\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$, $\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$, а также HCrO_4^- [22].

В электронных спектрах данной системы растворов наблюдается следующее: в добавках с малым количеством CrO_3 (до 2 мг/л) в растворе образуется незначительная концентрация хромат-ионов CrO_4^{2-} (pH=4,80-5,50), а с увеличением добавки CrO_3 в растворе явно преобладает бихромат ионов, т.е. раствор становится кислым.

В спектрах присутствовали два пика ($\lambda=260$ и 350 нм), которые соответствуют полосам поглощения бихромат-ионов ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) (табл. 1).

Таблица 1

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ (D , Г/СМ³) И PH РАСТВОРА В СИСТЕМЕ $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$

№ п/п	Конц. CrO_3 , мг/л	Оптическая плотность раствора D , г/см ³	pH
1	0,25	1,014	5,50
2	0,50	1,019	5,44
3	1,00	1,022	5,11
4	1,50	1,029	5,00
5	2,00	1,031	4,80
6	2,50	1,038	4,64
7	3,00	1,041	4,53

8	3,50	1,047	4,49
9	4,00	1,052	4,38
10	4,50	1,061	4,34
11	5,00	1,060	4,27
12	10,0	1,084	3,90
13	20,0	1,173	3,60
14	30,0	1,260	3,50
15	40,0	1,340	3,26
16	50,0	1,420	3,20
17	60,0	1,500	3,12
18	70,0	1,570	3,00
19	80,0	1,640	2,90
20	90,0	1,700	2,80
21	100,0	1,743	2,87

Данные, полученные нами, по определению и нахождению хрома (VI) хорошо согласуются с данными [25-26].

Подробные исследования данной системы показали, что действительно хромовая кислота обладает средней силой. С увеличением количества растворенного хромового ангидрида от 0,25 до 5,00 мг/л в чистой воде, соответственно, значения pH раствора уменьшались на 1,23 (pH=5,50-4,27), при pH<4 весь хром (VI) находится в растворе в форме гидрохромат-иона HCrO_4^- [2], а плотность раствора изменилась всего лишь на 0,05 (т.е. от 1,014 до 1,062).

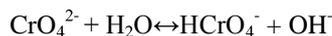
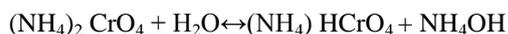
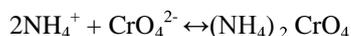
С увеличением содержания хромового ангидрида (CrO_3) в чистой воде от 10 до 100 мг/л, соответственно, кислотность раствора медленно растет (табл. 1).

б) Система $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}+\text{NH}_4\text{Cl}$

В системе $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$ в присутствии определенного количества соли NH_4Cl во всех концентрациях CrO_3 (от 0,50 до 5,0 мг/л) плотность раствора незначительно возрастает (1,033 до 1,105), а кислотность среды, несколько уменьшаясь во величине, остается практически постоянной на уровне pH=6,28+6,10 (табл.2).

При больших содержаниях CrO_3 в растворе, во всех интервалах концентрации, мало изменялись среды pH — 6,00+5,75, а плотность раствора значительно возросла (от 1,110 до 1,770).

Плотность раствора значительно повышается с добавкой соли NH_4Cl , так как, возможно, легко происходит образование новой молекулы $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$. Кроме того, в области pH=6,28÷6,10, возможно, происходит сложная рекомбинация между ионами:



Однако при pH=5,75 раствор, содержащий CrO_3 (30 мг/л), где присутствует соль NH_4Cl , соответствует переходному состоянию хромат ионов в бихромат ($\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$).

В интервале pH среды от 5,90 до 6,28, хотя и частично кислой, было обнаружено образование хромат-ионов CrO_4^{2-} , возможно, за счет гидролиза молекулы $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ (табл. 2).

Таблица 2

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ (D, Г/СМ³) И PH РАСТВОРА В СИСТЕМЕ $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O-NH}_4\text{Cl}$

№ п/п	Конц. CrO_3 , мг/л	Оптическая плотность раствора D, г/см ³	pH
1	0,50	1,033	6,28
2	1,00	1,047	6,25
3	1,50	1,058	6,18
4	2,00	1,068	6,16
5	2,50	1,072	6,15
6	3,00	1,077	6,16
7	3,50	1,085	6,12
8	4,00	1,095	6,10
9	4,50	1,098	6,10
10	5,00	1,105	6,10
11	10,0	1,110	6,00
12	20,0	1,210	5,92
13	30,0	1,290	5,87
14	40,0	1,365	5,85
15	50,0	1,450	5,83
16	60,0	1,530	5,80
17	70,0	1,600	5,78
18	80,0	1,670	5,77
19	90,0	1,742	5,76
20	100,0	1,770	5,75

С увеличением концентрации хромового ангидрида в растворе и одновременного присутствия соли 3% NH_4Cl кислотность среды несколько повышается (pH=6,28+5,75). Присутствие NH_4Cl оказывает незначительное влияние на смещение полос (275→260, 374→350 нм.) в спектре (37037 и 28571 cm^{-1}), которое было связано с образованием HCrO_4^- ионов в данной среде.

в) Система $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O-NH}_4\text{OH}$

При добавке определенного количества NH_4OH в систему $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$ (табл. 3) во всех концентрациях в присутствии окиси CrO_3 (от 0,50 до 100 мг/л) среда практически остается постоянной (pH=10,45÷10,50), а плотность растворов становится слабее, чем в растворах, где присутствует соль NH_4Cl (1,023÷1,580).

В данном случае увеличение концентрации гидроксильных ионов приводит к смещению равновесия в сторону образования хромат ионов (CrO_4^{2-}). Полосы поглощения (275 и 374 нм) в спектре (36363 и 28769 cm^{-1}), возможно, связаны с интенсивной полимеризацией соли хромовых кислот, состоящих из хромат-ионов. Это явление в электронном спектре наблюдается как сжатие к центру полос поглощения. Эти данные хорошо согласуются с данными [1, 19, 22].

Таблица 3

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ (D, Г/СМ³) И PH РАСТВОРА В СИСТЕМЕ $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O-NH}_4\text{OH}$

№ п/п	Конц. CrO_3 , мг/л	Оптическая плотность раствора D, г/см ³	pH
1	0,50	1,023	10,50
2	1,00	1,034	10,45
3	1,50	1,040	10,45
4	2,00	1,058	10,40
5	2,50	1,060	10,45
6	3,00	1,063	10,40
7	3,50	1,070	10,47
8	4,00	1,073	10,40
9	4,50	1,078	10,40
10	5,00	1,085	10,50
11	10,0	1,097	10,45
12	20,0	1,184	10,45
13	30,0	1,260	10,40
14	40,0	1,324	10,40

15	50,0	1,380	10,40
16	60,0	1,420	10,45
17	70,0	1,470	10,47
18	80,0	1,520	10,45
19	90,0	1,560	10,42
20	100,0	1,580	10,40

г) Система $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O-(2\%NH}_4\text{OH-3\%NH}_4\text{Cl)}$

Присутствие буферного раствора смеси (3% NH_4Cl -2% NH_4OH) в системе $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$ (табл. 4) среды незначительно изменило ($\text{pH}=9,82\text{-}10,05$) по сравнению с раствором, где присутствовал только NH_4OH .

Плотность раствора также стала более стабильной. Система $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$ с добавлением к нему буферного раствора равновесия в растворах смещается в сторону щелочной среды ($\text{pH}=9,82\text{-}10,05$). Снятые спектры из этой системы очень близки по профилю к спектрам поглощения, где присутствовал аммиак в системе раствора $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$. Поэтому можно сделать заключение о том, что на изменение полосы поглощения, в основном, оказывает влияние добавление раствора аммиака, а не NH_4Cl , входящего в состав буферного раствора.

Таблица 4

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ (D , г/см^3) И pH РАСТВОРА
В СИСТЕМЕ $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O-(2\%NH}_4\text{OH-3\%NH}_4\text{Cl)}$

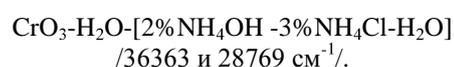
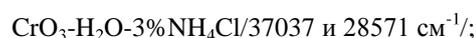
№ п/п	Конц. CrO_3 , Мг/л	Плотность раствора D , г/см^3	pH
1	0,50	1,015	9,82
2	1,00	1,034	9,75
3	1,50	1,040	9,72
4	2,00	1,050	9,70
5	2,50	1,055	10,06
6	3,00	1,070	10,06
7	3,50	1,072	-
8	4,00	1,075	10,07
9	4,50	1,070	-
10	5,00	1,080	-
11	10,0	1,09	10,05
12	20,0	1,12	10,03
13	30,0	1,22	10,03
14	40,0	1,26	10,03
15	50,0	1,33	10,04
16	60,0	1,36	-
17	70,0	1,40	10,06
18	80,0	1,42	10,05
19	90,0	1,45	10,05
20	100,0	1,47	10,05

В дистиллированной воде ($D=1,00$; $\text{pH}=6,90$) окиси хрома CrO_3 «х.ч.» легко растворялись с образованием $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ кислоты.

Кислотность среды возростала с увеличением концентрации бихромат-ионов в воде. Это показывает также высокую степень диссоциации образовавшейся хромовой кислоты на ионы водорода: $\text{H}^+ + \text{HCr}_2\text{O}_4^-$ и $2\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Во всех случаях: с добавкой по

отдельности NH_4Cl , NH_4OH и смеси (3% NH_4Cl -2% NH_4OH) показывают уменьшение концентрации свободных водородных ионов, которые подтверждают, что показатель pH везде понижается и соответственно наблюдается гидролиз образовавшейся соли $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$. В растворе частично увеличивается концентрация гидроксильных ионов, которые оказывают влияние на уменьшение кислотности раствора. С увеличением гидроксильных ионов с добавкой аммиака в малых количествах наблюдается полимеризация ионов с образованием изополихромовых кислот.

Основные причины перехода хромата ионов от одной формы к другой связаны с изменением CrO_3 и содержания H^+ -ионов в растворе. Смещения в электронных спектрах наблюдаются в сторону полос поглощения (ν , см^{-1}) систем в растворах по порядку:



Энергия расщепления внутрикомплексных ионов CrO_4^{2-} и $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, возможно, связана с появлением двух интенсивных полос: $A_{1g}\text{-}^4E$ и $^6A_{1g}\text{-}^4T_{1g}$, в которых происходит перераспределение и перенос заряда внутри иона от атома кислорода к атому металла хрома.

При добавлении соли NH_4Cl в систему $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$ происходит понижение кислотности и частично повышается концентрация гидроксильных ионов за счет гидролиза соли $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$.

Смещение равновесия в системе $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O-NH}_4\text{OH}$ наблюдается в сторону увеличения резкой концентрации гидроксильных ионов, причем среда во всех концентрациях хроматов-ионов в растворе остается постоянной ($\text{pH}=10,40\text{+}10,50/$), а плотность раствора медленно возрастает. Практически не было разницы между двумя растворами в отношении изменения среды при действии NH_4OH и смеси (2% NH_4OH -3% NH_4Cl) в системе $\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{O}$. В незначительной степени происходит понижение показаний pH с добавкой буферной смеси, а в электронных спектрах эти изменения не наблюдались. Однако смещение полос поглощения в электронных спектрах явно наблюдается в связи с изменением среды, к которой мы отнесли разное состояние хромат-ионов в растворе.

Наблюдение экспериментальных результатов показывает, что в чистой воде при растворении малого количества хромового ангидрида (CrO_3) в разбавленном растворе присутствуют хромат-ионы (CrO_4^{2-}), а при более высоком содержании — бихромат-ионы ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химия и технология кожи и меха / Под ред. И.П. Страхова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. Ласков Ю.М., Федоровская Т.Г., Жмаков Г.Н. Очистка сточных вод предприятий кожевенной и меховой промышленности. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984.
3. Чесунов В.М., Захарова А.А. Очистка и рекуперация отходов в кожевенно-обувной промышленности. М.:

- Легпромбытгиздат, 1987.
4. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Ленинград: Химия; Ленинградское отделение, 1979. С. 134-138.
 5. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987.
 6. Чесунов С.В., Санюкин Л.Б. Экологическая проблема и использование соединений хрома в дублении // Кожевенная промышленность, обзорная информация. Вып.1 / МЛП СССР, ЦНИИИТЭИЛП. М., 1989.
 7. Евсикова Л.П., Мелешенко В.П. Сообщ. I // Теория и практика сорбционных процессов. Воронеж, 1973. Вып.8. С. 14-16.
 8. Евсикова Л.П., Мелешенко В.П. Сообщ. II 1973. С. 17-19.
 9. Евсикова Л.П., Куролан Н.С., Шевченко Р.Ш., Саргина Л.Н., Новиков Н.Г., Гурович В.В. Там же. С. 114-118.
 10. Евсикова Л.П., Куролан Н.С., Дыгай Т.Г., Булатова В.Б. Сообщ. I. Там же. С. 119-123.
 11. Евсикова Л.П., Куролан Н.С., Улянская В.А., Саргина Л.Н. Вып.10. Там же. С. 69-71.
 12. Налибаев Т.Н. Изучение процесса сорбции и десорбции хроматов-ионов на анионитах АВ-17 / ВИНТИ «Деп.научные работы». М., 1985. 9(167). 149 с.
 13. Евсикова Л.П., Куролан Н.С., Ионова Н.Ф., Гочина Н.И. Вып II. Там же. 1973. С. 88-91.
 14. Теренин А.Н. Введение в спектроскопию. Л., 1934.
 15. Паперно Т.Я., Поздняков В.П., Смирнов А.А. Елагин Л.М. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии. М.: Просвещение, 1977.
 16. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. 5-е изд., перераб. Л.: Химия, 1986. 40 с.
 17. Герцберг Г. Электронные спектры и строения многоатомных молекул. М.: Мир, 1969. 525 с.
 18. Льюис Дж. и Уилкинс Р. Современная химия координационных соединений. М., 1963. 431 с.
 19. Волькенштейн М.В. Строение и физические свойства молекул. М.-Л., 1955.
 20. Бабушкин А.А., Бажулин П.А., Королев Ф.А., Левинин Л.Ф., Прокофьев В.К., Стриганов А.С. Методы спектрального анализа. М.: Изд-во МГУ, 1962. 191 с.
 21. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. Ч.3. М.: Мир, 1969.
 22. Авербух Т.Д., Павлов П.Г. Технология соединений хрома. Л.: Изд-во «Химия», Ленинградское отд, 1967.
 23. Полинг Л. Общая химия. М.: Изд-во «Мир», 1974. 638 с.
 24. Хьюн Дж. Неорганическая химия, строение вещества и реакционная способность. М.: Химия, 1987. 395 с.
 25. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. М.: Мир, 1971. 450 с.
 26. Лаврухина А.К., Юкина Л.В. Аналитическая химия хрома / АН СССР. М.: Наука, 1979.

УДК 574(574.3)

К.Н. ПОПОВ
К.Д. ТЕКИНИДИ
А.С. ЖАКУПОВА

Экологическая обстановка в Центральном Казахстане, заболеваемость и воздухоохраные мероприятия

Карагандинский промышленный комплекс, включающий предприятия черной и цветной металлургии, угольной промышленности, большой и малой энергетики, а также стройиндустрии и транспорта, находится на пути к экологическому кризису. В ряде районов отмечены очаги экологического бедствия. Добыча и переработка десятков миллионов тонн в год энергосырьевых ресурсов, сопровождающиеся низкой эффективностью технологических процессов, приводят к увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросу недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод в речную сеть и по рельефу местности. Последнее обуславливает загрязнение воздушного и водного бассейнов региона, что, в свою очередь, оказывает ключевое негативное влияние на здоровье населения, сложность обеспечения и без того напряженного водного баланса и дефицит качественной питьевой воды.

С затуханием промышленного производства в первой половине 90-х годов наметилось некоторое снижение общей загрязненности окружающей среды, однако с 1997 г. в Карагандинской области начался постепенный рост производства в связи с вводом в строй простаивавших ранее и открытием новых промышленных предприятий. По данным республиканского информационного экологического

бюллетеня за 2000 г., 216 предприятий области, имеющих около 4060 стационарных источников эмиссии, осуществляли выбросы вредных веществ в атмосферу в объеме 1049.5 тыс. тонн в год, или около 50 % общих выбросов по республике.

Основным источником загрязнения окружающей среды являются: АО «Миттал Стил Темиртау», Балхашский горно-металлургический комбинат и корпорация «Казахмыс». Суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу этих гигантов составляют около 30 % от общереспубликанских. Кроме того, значительно загрязняют воздушный бассейн автотранспортные системы.

Загрязнение атмосферы, в основном, осуществляют крупные города области: Темиртау — 345, Балхаш — 403, Жезказган — 141 и Караганда — 59 тыс. тонн в год. Качество атмосферы в Темиртау обусловлено выбросами АО «Миттал Стил Темиртау» (328.973 тыс. тонн; до 80 %) и предприятий энергетики. В Балхаше основным источником загрязнения атмосферы оксидами серы является ПО «Балхашмыс» (30 % от общереспубликанских). Наряду с этим выбрасывается также значительное количество высокотоксичных веществ: свинца, меди, мышьяка.

Состояние воздушного бассейна Жезказгана определяется выбросами ПО «Жезказганцветмет» (до

60 %) и ТЭЦ (до 40 %). Содержание диоксида азота, фенола и свинца в атмосферном воздухе превышает ПДК.

Покомпонентное распределение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Карагандинской области в 2004 г. составило, %:

- твердая фаза — 20.46;
- оксиды азота — 2.98;
- оксиды серы — 56.93;
- аммиак — 0.22;
- оксиды углерода — 19.39.

В 1995 г. в регионе была разработана экологическая программа охраны природы и здоровья населения, для выполнения которой были привлечены научные и производственные организации Караганды, в том числе гидрогеологическая и геологохимическая экспедиции объединения «Центрказгеология». Упомянутыми организациями были проведены обширные исследования с определением тяжелых металлов и других химических элементов, выпадающих с атмосферными осадками на территорию Карагандинско-Темиртауского промышленного района, установлены эпицентры загрязнения и границы ощутимого влияния на окружающую территорию. Предполагалось также проведение исследований по определению воздействия конкретных токсичных химических элементов на здоровье человека с установлением экономического ущерба, связанного с этим, а также ущерба, наносимого окружающей природной среде. Известно, что тяжелые металлы занимают по токсичности второе место, уступая пестицидам и значительно опережая статочетные загрязнители-оксиды углерода, азота, серы, нефтепродукты и органические отходы. Исследования также показали, что радиусы отрицательного экологического воздействия крупных индустриальных центров Караганды и Темиртау простираются на 50-70 км.

Средняя пылевая нагрузка на исследованную площадь (около 10 тыс. км²) составляла 678 кг на 1 км² в сутки, а вблизи крупных предприятий — 15-20 т на 1 км² в сутки. Несмотря на отсутствие 105 пылящих, в том числе 76 горящих терриконов Караганды и городов-спутников, и в связи с этим некоторое снижение загрязненности атмосферы, качественные ее показатели по-прежнему не отвечают санитарным нормам. Так, в зимнее время 2004-2005 гг. через 1-2 недели после очередного снегопада снег чернел в пределах всей селитебной зоны. Выпадающая пыль по своему вещественному составу неоднородна и в ряде случаев является весьма токсичной, поскольку содержит более 30 химических элементов.

В этой связи в комплексе мероприятий по охране окружающей среды важное значение приобретает санитарный контроль за состоянием воздуха, тщательная очистка и обезвреживание промышленных газов, так как около 60 % болезней населения обусловлено неблагоприятными экологическими факторами.

Санитарная служба города, несмотря на отсутствие современных экологических приборов и методов биологической индикации, контролирует

более 50-ти крупных объектов с 650 источниками выбросов.

В 1987 г. в Караганде сначала при городской, потом при областной СЭС работала группа врачей по сбору и анализу показателей заболеваемости населения в зависимости от степени загрязнения атмосферы для автоматизированной информационной системы (АГИЗ) «Здоровье». В качестве объекта исследований были выбраны участки жилой зоны с повышенным («грязная зона» — 12-15 мкр-ны пос. Майкудук) и пониженным («чистая зона» — 28 мкр-н Юго-Востока) уровнями загрязнения атмосферы. Сравнительные исследования были проведены также по заболеваемости населения в наблюдаемых районах Караганды и Темиртау.

Исследования показали, что суждение о масштабах заболеваемости населения по обращаемости некорректно, так как по данным областных органов здравоохранения, она составляет для г. Караганды около 60 % от общей и зависит от состояния поликлинической помощи, отдаленности поликлиники и отношения людей к своему здоровью. Так, одна треть населения обращается в поликлинику не чаще одного раза в год. Исследования по влиянию выбросов вредных веществ на здоровье населения в пределах Караганды были проведены также лабораторией окружающей среды КНИУИ в 1990 г. при разработке проектов норм предельно допустимых выбросов вредных веществ.

При анализе заболеваемости отмечается уменьшение с возрастом разницы показателей в «чистой» и «грязной» зонах. Заболеваемость среди детей острым бронхитом в «грязной» зоне в два раза выше по сравнению с «чистой»; органов пищеварения — в 6 раз. Среди взрослого населения заболеваемость ишемической болезнью сердца в 4-6 раз выше, чем в условно «чистой» зоне города, гипертонической — в 3, злокачественными новообразованиями — в 2.5 раза.

Комплексное действие группы веществ — сочетание загрязняющих воздух компонентов с неблагоприятными физическими и химическими свойствами (эффект суммации) усиливает вредное воздействие на организм.

Заболеваемость по некоторым нозологическим формам (болезни эндокринной системы, отит, хронический бронхит, болезни кожи и подкожной клетчатки, конъюнктивит) в «грязной» зоне также намного выше, чем в «чистой». Кроме того, отмечено, что в загрязненных зонах заболевания новообразованиями и анемиями возникают в более молодом возрасте. Последнее подтверждается чистотой эксперимента — адекватностью остальных факторов сравниваемых зон (медобслуживание, жилищные условия и др.).

Повышенная заболеваемость в «грязной» зоне Караганды вызвана расположением промышленных предприятий непосредственно в селитебной зоне.

Одним из важнейших этапов в реализации воздухоохраных мероприятий по достижению жестких нормативов предельно допустимых выбросов является внедрение таких апробированных аппаратов, как конденсационные пылеуловители, скоростные газопромыватели, топки с «кипящим слоем» (КС) и

т.д., позволяющих значительно снизить величину валовых выбросов не только пыли, но и оксидов серы.

Эффективность достигаемых экологических, социальных и экономических эффектов во многом зависит от степени обеспечения объектов централизованным теплом, подключения ряда предприятий и организаций к ТЭЦ, перевода котельных на газообразное топливо, рециркуляционного дожига топочных газов, внедрения высокоэффективных мокрых пылегазоулавливающих аппаратов (газопромывателей, эмульгаторов, конденсационных пылеуловителей) в качестве 2-й ступени очистки газозвушной смеси.

Для форсированного снижения уровней выбрасываемой пыли представляется рациональным внедрение модульных золоулавливающих установок на котлах малой мощности (они могут быть изготовлены на заводе им. А. Пархоменко) и организация вневедомственного монтажного пусконаладочного подразделения по установке и ревизии золоуловителей. Естественно, что в перспективе следует принять меры по выводу из селитебных зон опасных объектов, созданию зон санитарной охраны, внедрению экологически чистых технологий.

Существенно изменить положение можно только развитием большой энергетики, так как расчеты рассеивания вредных веществ показывают, что имеющиеся в городе ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3 при больших валовых выбросах загрязняют приземный слой атмосферы всего 0.2-0.3 доли ПДК, в то время как мелкие теплоносители — до 8 ПДК. В данном случае положительно сказываются на процесс рассеивания вредных веществ факторы, связанные с высотой трубы, меньшей величиной удельных выбросов по сравнению с малыми котельными, лучшей технической оснащённостью систем пылегазоулавливания и культурой производства.

На АО «Миттал Стил» в результате активной контрольно-инспекционной деятельности территориального управления по охране окружающей среды осуществлена реконструкция системы пылегазоочистки котлоагрегата № 7 на ТЭЦ-ПВС с установкой высокоэффективных кольцевых эмульгаторов фирмы «КОЧ». Это позволило снизить выбросы золы на 4000 тонн в год, что обошлось в 32 млн.500 тыс. тенге.

Анализ технологических причин низкого эффекта работы существующего пылеулавливающего оборудования показывает, что наибольшее количество угля сжигается в топках котлоагрегатов типа ДКВР, КВТС и КЕ паропроизводительностью до 25 т/ч. Котлы паропроизводительностью до 1 т/ч оснащены пылеуловителями, основанными на сухом, инерционном методе с низким КПД. Основным направлением сокращения вредных выбросов при этом является перевод малых котельных на газообразное топливо (метан), совершенствование

пылегазоочистного оборудования и технологии сжигания топлива. Оптимизация режимов горения реализуется только внедрением средств контроля и систем авторегулирования. Из-за слоевого сжигания, повышенной зольности угля и нарушений в организации топочного процесса содержание горючих элементов может достигать 35-37 % в шлаке и 50-60 % в уносимой золе. Низкий эффект пылеулавливания обусловливается также отсутствием эффективного распределения воздуха по зонам горения топлива на решетке, неудовлетворительной работой забрасывателей топлива, отсутствием варьирования скоростей движения решетки, низкой эффективностью работы схемы возврата уноса на дожигание, подсосами воздуха в топку и газовый тракт.

При использовании сухих методов пылеулавливания не учитывается влияние дисперсного состава твердой фазы на зашламовку циклонных элементов, что является одной из главных причин снижения эффективности процесса, а отсутствие или несвоевременное проведение наладочных работ (завод РГТО, ОФ и др.) полностью исключает работу пылеулавливающего оборудования в устойчивом технологическом режиме.

В Караганде не наблюдается роста и развития электрического транспорта, однако имеется некоторое оживление в области разгрузки городских автотрасс за счет организации объездных дорог, следует также отметить, что прогнозы выбросов вредных веществ от автотранспорта не вызывают оптимизма, поскольку количество автомобилей в городе непрерывно растет. Не изменяется и традиционный вид топлива (бензин, солярка).

Для весомого снижения выбросов вредных веществ в атмосферу в первую очередь следует ликвидировать локальные нецентрализованные котельные, которыми оснащена половина потребителей тепла пос. Майкудука, Пришахтинска, а также вузы и другие учебные заведения города, так как малые котельные, сжигая дефицитное жидкое топливо, имеют низкий КПД и повышают приземную концентрацию вредных веществ сверх ПДК за счет низких труб и отсутствия должной очистки отходящих газов значительно больше, чем ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3.

В этой связи представляется весьма целесообразным подключение всех потребителей тепла к ТЭЦ-3, все оборудование которой изготовлено на Барнаульском заводе специально для сжигания дешевых экибастузских энергетических углей, она оснащена совершенными пылеуловителями и обладает значительным резервом тепловой мощности. Это позволит снизить тариф на выработку единицы теплотенергии за счет увеличения количества потребителей и снизить социальную напряженность в городе, вызываемую постоянными повышениями тарифов услугодателями-субъектами естественных монополий.

УДК 622.817.47

А.К. АКИМБЕКОВ
А.В. САДЧИКОВ**Определение объёма коллектора газа в отработанном пространстве ликвидированных шахт**

После закрытия шахт Карагандинского бассейна из невынутых пластов и оставленных целиков и пачек угля происходит процесс выделения метана с заполнением отработанного пространства. В это пространство при повышенном атмосферном давлении через трещины, скважины, газоотводящие трубы и геологические нарушения поступает также и воздух с поверхности, разбавляя при этом метан.

Под коллектором газа понимается отработанное пространство ликвидированной угольной шахты, в котором содержится метановоздушная смесь [1]. Газ, скопившийся в этом коллекторе, при пониженном атмосферном давлении, выделяется на дневную поверхность, создавая при этом опасные условия для жизнедеятельности человека. Зная концентрацию метана, количество выделяемого газа, уровень воды в ликвидированной шахте и объём отработанного пространства (газового коллектора), можно решить ряд задач, таких как:

- рассчитать содержание метана в газовом коллекторе;
- спрогнозировать динамику газовой выделению из коллектора во времени;
- изучать изменение объёма газового коллектора в зависимости от геомеханического воздействия и поступления шахтной воды;
- определять объём газа, подлежащий утилизации и др.

Поскольку не предоставляется реальной возможности произвести измерения объёма коллектора газа в закрытой шахте с помощью инструментальных приборов, то для решения поставленной задачи в настоящей работе рассматривается метод определения данного параметра, основанный на измерении давления газа в этом коллекторе до и после извлечения на поверхность определённого объёма газовой смеси. Эта задача может быть решена с использованием уравнения газового состояния некоторой массы газа, однозначно определяющей термодинамическими параметрами [2]: температурой t , объёмом V и давлением газа P .

Представим пустоты и полости расслоения в отработанном пространстве ликвидированных шахт в виде единого объёма и примем постоянными температуру газовой смеси и объём газового коллектора.

Для решения задачи по определению объёма коллектора газа рассмотрим следующий пример. В коллекторе, имеющем объём V_k (m^3), находится газ под давлением P_0 (гПа) и плотностью ρ_0 (kg/m^3).

За время dt из данного объёма отсасывается или подаётся в него масса газа в количестве:

$$dm = Q\rho \times dt, \quad (1)$$

где Q — количество откачиваемого (закачиваемого) газа, m^3/c ;

ρ — плотность откачиваемого газа.

С другой стороны, количество газа, содержащегося в данном объёме, после его откачки (закачки) изменится на величину:

$$dm = V_e \times d\rho. \quad (2)$$

Тогда закон сохранения массы запишется как:

$$V_e \times d\rho \pm Q \times \rho \times dt = 0 \quad \text{или} \quad \frac{d\rho}{\rho} = \pm \frac{Qdt}{V_e}. \quad (3)$$

Знак (+) принимаем при создании давления в коллекторе газа, а знак (-) при разрежении в нём.

Проинтегрируем полученное (3) выражение в пределах ρ от $[\rho_0, \rho_1]$; t от $[0, T]$, а затем выразим полученное выражение через давление.

Известно, что уравнение состояния газа выражается зависимостью:

$$D = R_a \dot{Q}_a \rho, \quad (4)$$

где P — давление газа гПа;

R_a — универсальная газовая постоянная, $Pa \cdot m^3 / kg \cdot K$;

T_a — температура газа, K.

Поскольку в нашем примере значения R_a и T_a не меняются, решение уравнения (3) будет иметь вид:

$$V_e = \pm \frac{Q \times T}{\ln \frac{P_1}{P_0}}. \quad (5)$$

При откачивании газа из коллектора нужно учитывать одновременное поступление в него метана из оставшегося угля и воздуха с поверхности.

Для решения задачи по практическому определению объёма газового коллектора введём следующие обозначения:

q_m, q_g — соответственно количество метана и воздуха, поступающего в газовый коллектор, m^3/c ;

q_{cm} — количество газовой смеси, извлечённой из газового коллектора, m^3/c ;

C_m и C_g — содержание в газовом коллекторе метана и воздуха соответственно, %;

P_0 — давление газа в коллекторе перед началом отсоса газа, гПа;

P_1 — давление газа в коллекторе после остановки вакуум-насосной установки, гПа;

T — время работы вакуумной установки, с.

Количество метана, поступающего в газовый коллектор q_m , рассчитывается на основе результатов измерений при естественном истечении газа по газоотводящим трубам на поверхность. Количество извлечённой газовой смеси q_{cm} определяется измерениями при работе отсасывающей установки.

Величины q_m и q_v через концентрацию метана и воздуха в газовом коллекторе связаны соотношением:

$$\frac{\tilde{N}_i}{\tilde{N}_a} = \frac{q_i}{q_a} \quad (6)$$

Из (6) следует, что подсосы воздуха в газовый коллектор можно определить по формуле:

$$q_a = \frac{q_i \times \tilde{N}_a}{\tilde{N}_i} \quad (7)$$

За время отсоса газа T в коллектор выделится метан в объёме $q_m T$, воздуха $q_a T$ и за это же время будет извлечена газовая смесь в объёме $q_{см} T$.

Исходя из этого, количество газа, которое повлияло на изменение давления газа в коллекторе, будет равно:

$$Q = (q_m + q_a - q_{см}) T, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

В момент остановки отсасывающей установки давление газа в коллекторе на устье скважины составит:

$$P_1 = P_0 - h, \quad (9)$$

где h — разрежение на устье скважины, гПа.

Значения дебита метана, воздуха и газовой смеси в формуле (8) приведены к нормальным условиям [3].

Проверка возможности использования установленной зависимости (5) выполнена по результатам измерений экспериментальных исследований на участке поля шахты «Кировская». В связи с хорошей газодобываемостью дегазационных скважин после ликвидации части шахтного поля по пласту А₅ шесть оставшихся вертикальных скважин (глубиной 450-509 м) со средним дебитом метана при естественном истечении 0,088 м³/с подключены к общему газопроводу для каптажа метана и использования его в котельной шахты.

Сущность эксперимента заключалась в измерении давления (разрежения) и дебита газа в газопроводе на устье скважины при отключенной и работающей вакуум-насосной станции (ВНС).

В день проведения эксперимента на начало включения ВНС концентрация метана в газовой смеси составляла 34,0 %. При создании разрежения содержание метана в газовой смеси уменьшалось до 32,0 %. Всего за 5 часов и 30 минут работы ВНС было извлечено 7194,0 м³ газовой смеси, при среднем её дебите 0,363 м³/с. Результаты измерения параметров работы ВНС приведены в таблице.

Замеры показали, что давление метановоздушной смеси в газовом коллекторе (на устье скважины) перед включением ВНС в работу составляло $P_0 = 952,0$ гПа, а в момент её остановки $P_1 = 900,0$ гПа.

ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ВНС НА ШАХТЕ «КИРОВСКАЯ»

Время, час, мин	Разрежение, гПа	Концентрация метана, %	Кол-во газовой смеси, м ³ /с	Кол-во метана, м ³ /с	Примечание
3 ⁰⁰	952,0	34	0,36	0,122	Вкл.ВНС
4 ⁰⁰	960,2	33	0,361	0,12	
6 ⁰⁰	964,5	32	0,363	0,116	
8 ³⁰	980,0	31	0,365	0,113	
11 ⁰⁵	875,4	-	-	-	Откл.ВНС

11 ⁰⁰	900,0	33,0	0,358	0,118	Вкл.ВНС Откл.ВНС
------------------	-------	------	-------	-------	---------------------

Учитывая значения концентрации метана и воздуха, а также значение дебита метана по формуле (7), получим величину подсосов воздуха в коллектор:

$$q_a = \frac{0,088 \times 66,0}{34,0} = 0,17 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подставив в формулу (8) значения количества отсасываемой смеси, дебита метана и подсосов воздуха, а также время работы ВНС, получим количество газа, которое повлияло на изменение давления газа в коллекторе:

$$Q = 0,088 + 0,17 - 0,363 \times 19800 = -2079 \text{ м}^3.$$

Далее, подставив в формулу (5) измеренные и вычисленные значения величин (P_0 , P_1 , и Q), найдём объём газового коллектора:

$$V_e = \frac{-2079}{\ln \frac{900}{952}} = 36750,7 \text{ м}^3.$$

Для подтверждения достоверности расчётных формул был приведён второй эксперимент и установлены следующие значения: $P_0 = 958$ гПа, $P_1 = 890$ гПа, $q_m = 0,085$ м³/с, $q_a = 0,18$ м³/с, $q_{см} = 0,382$ м³/с, $C_m = 31\%$, $T = 370$ мин.

Подставив эти значения в формулы (8) и (5), получим $V_k = 35268,5$ м³. Сопоставление результатов по двум экспериментам показывает, что расхождение между ними составляет 4,0 %, поэтому можно полагать, что принятый метод может быть использован для расчёта объёма газового коллектора.

В случае невозможности подсоединения скважин к вакуумной установке можно использовать автономный компрессор, с помощью которого воздух будет подаваться в газовый коллектор. Тогда вместо $q_{см}$ в формулу (8) подставляется производительность компрессора.

Таким образом, методика определения параметров газового коллектора сводится к следующему:

- на основе замеров определяются дебит q_m и концентрация C_m метана из газового коллектора при естественном истечении;
- измеряется давление газа в коллекторе до и после эксперимента;
- по формуле (7) рассчитывается величина подсосов воздуха в коллектор;
- при включенной отсасывающей установке через интервалы времени производятся измерения и определяются средние значения расхода газовой смеси $q_{см}$ и концентрации метана C_m ;
- далее по формуле (8) находим количество газа, которое повлияло на изменение давления газа в коллекторе;
- затем по формуле (5) рассчитывается объём газового коллектора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терминологический словарь. Горное дело. М.: Недра, 1990. 241с.
2. Скочинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция. М.: Углетехиздат, 1959. 631 с.
3. Руководство по дегазации угольных шахт Карагандинского бассейна. Караганда, 1994. 166 с.

УДК 504.3(574.42-35)

М.Т. ИПАЛАКОВА
А.И. КВАСОВ

Адаптация методики расчета концентраций вредных веществ в атмосфере к условиям г. Усть-Каменогорска

Из существующих методов прогноза загрязнения воздуха наиболее просты для использования численные методы, позволяющие предвычислить уровень загрязнения, если имеются сведения об ожидаемых характеристиках метеоусловий и о режиме выбросов от источников. Этот способ описан в «Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86» [1]. Данный подход применим, прежде всего, при решении практических задач оценки загрязнения для дальнейшего принятия решений в области природоохраны региона.

Анализируя формулы методики, мы пришли к следующим выводам. Разработчики методики стремились создать ее универсальной, пригодной для расчета уровня загрязнения атмосферы в различных регионах, что предполагает отличающиеся климат, рельеф, технологические параметры источников выбросов. Поэтому формулы даются со многими условиями и ограничениями. Нами была сделана попытка скорректировать их с учетом климатических характеристик нашего города и технологических параметров производства.

Анализируя рассматриваемую методику, мы разделили используемые в ней расчетные коэффициенты на три группы. Первая состоит из коэффициентов m и n , которые учитывают условия выхода газовой смеси из устья источника. Вторую группу составляют коэффициенты d и p , используемые при расчете расстояний от источника, на которых достигаются те или иные концентрации веществ. Однако коэффициент d зависит от физических и технологических параметров источников выбросов, а коэффициент p – от опасной и текущей скорости ветра. В третью группу входят коэффициенты r и s_1 , принимающие непосредственное участие в расчете концентрации вредного вещества при заданной скорости ветра и на заданном расстоянии от источника.

Коэффициент m определяется в зависимости от параметра f по формулам:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad \text{и } \delta \text{ } f < 100, \quad (1)$$

$$m = 1,47\sqrt[3]{f}, \quad \text{и } \delta \text{ } f \geq 100, \quad (2)$$

$$f = 1000 \frac{\omega_0 D}{H^2 \Delta T},$$

где ω_0 — средняя скорость выхода газовой смеси из устья м/с;

D — диаметр устья источника выброса м;

H — высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT — разность между температурой смеси и окружающего воздуха, °С.

Рассчитав значения параметра f для источников выбросов основных предприятий города, можно сделать следующие выводы. Значение $f > 100$ встречается в 15% случаев, которые составляют низкие источники с малым объемом выбросов вредных веществ. Данные источники не оказывают какого-либо существенного влияния на конечную концентрацию, поэтому ими можно пренебречь. С другой стороны, анализ расчетов коэффициента m показал, что его значения, рассчитанные по обеим формулам при различных $f > 100$, для источников города приблизительно одинаковы. Результаты сравнения в табл. 1.

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА m

$f > 100$	m_1 (формула (1))	m_2 (формула (2))	$ m_2 - m_1 $
105	0,3116	0,3031	0,0085
110	0,3068	0,2987	0,0081
115	0,3023	0,2945	0,0078
120	0,2980	0,2905	0,0075
125	0,2940	0,2867	0,0073
130	0,2902	0,2831	0,0071
135	0,2866	0,2796	0,0070
140	0,2831	0,2763	0,0068
145	0,2798	0,2732	0,0066
150	0,2767	0,2702	0,0065
155	0,2737	0,2673	0,0064
160	0,2708	0,2645	0,0063
165	0,2680	0,2618	0,0062
170	0,2654	0,2592	0,0062
180	0,2604	0,2544	0,0060
200	0,2514	0,2455	0,0059
300	0,2196	0,2138	0,0058

При условии, что значения коэффициента m , рассчитанные по формуле (1), были приняты за наблюдаемые значения функции, а по формуле (2) – за расчетные, коэффициент аппроксимации составил 0,95. Поэтому мы предлагаем вычислять m только по формуле (1) независимо от значений f . Тем самым мы адаптируем методику расчета коэффициента m к условиям города, избавляемся от ограничений по параметру f , устраняя ненужную формулу.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_m по формулам:

$$n = 4,4v_m, \quad \text{и } \delta \text{ } v_m < 0,5, \quad (3)$$

$$n = 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13, \quad \text{и } \delta \text{ } 0,5 \leq v_m < 2, \quad (4)$$

$$n = 1, \quad \text{и } \delta \text{ } v_m \geq 2, \quad (5)$$

$$v_m = 0,65\sqrt[3]{V_1 \frac{\Delta T}{H}}, \quad v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H},$$

где V_1 — расход газозвушной смеси, м³/с.

При $f \geq 100$ коэффициент n вычисляется по тем же формулам, но при $v_m = v'_m$. Как уже было отмечено, условие $f > 100$ выполняется крайне редко, поэтому оно устраняется и для коэффициента n . Рассчитав значения параметра v_m для источников загрязнения атмосферы предприятий Усть-Каменогорска и проанализировав полученные результаты, можно сделать следующий вывод. Значение $v_m < 0,5$ встречается меньше чем в 7 % случаев, значение $v_m \geq 2$ встречается примерно в 6 % случаев, однако их составляют высокие источники с большим объемом выбросов. Поэтому для параметра n отбрасывается только условие $v_m < 0,5$ как не характерное для источников загрязнения города. Таким образом, параметр n для города рассчитывается следующим образом:

$$n = 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13, \quad \text{и } \delta \delta \quad 0,5 \leq v_m < 2, \\ n = 1, \quad \text{и } \delta \delta \quad v_m \geq 2.$$

Безразмерный коэффициент d зависит от параметров f, v_m и определяется:

$$\text{при } f < 100 \quad d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}), \quad \text{и } \delta \delta \quad v_m \leq 0,5,$$

$$d = 4,95v_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}), \quad \text{и } \delta \delta \quad 0,5 < v_m \leq 2,$$

$$d = 7\sqrt{v_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}), \quad \text{и } \delta \delta \quad v_m > 2,$$

$$\text{при } f \geq 100 \quad d = 5,7, \quad \text{и } \delta \delta \quad v'_m \leq 0,5,$$

$$d = 11,4v'_m, \quad \text{и } \delta \delta \quad 0,5 < v'_m \leq 2,$$

$$d = 16\sqrt{v'_m}, \quad \text{и } \delta \delta \quad v'_m > 2.$$

Как уже отмечалось выше, для источников загрязнения предприятий Усть-Каменогорска интервалы $f \geq 100$ и $v_m < 0,5$ встречаются редко. Поэтому и для коэффициента d можно их исключить как не свойственные производствам города. Таким образом, при расчете d остаются следующие формулы:

$$d = 4,95v_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}), \quad \text{и } \delta \delta \quad 0,5 < v_m \leq 2, \quad (6)$$

$$d = 7\sqrt{v_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}), \quad \text{и } \delta \delta \quad v_m > 2. \quad (7)$$

Предлагаем обобщенную формулу для расчета d при условии $v_m > 0,5$.

$$d = 7,8\sqrt{v_m - 0,15}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) - 3,5, \quad \text{и } \delta \delta \quad v_m > 0,5. \quad (8)$$

Сравнение полученных результатов расчетов при $f = 27$ ($f < 100$) приведено на рис. 1. Коэффициент аппроксимации R^2 составил 0,97.

Значение концентрации вредных веществ при заданной скорости ветра и на заданном расстоянии от источника определяется по следующей формуле:

$$C = C_{\max} s_1 r, \quad (9)$$

где r и s_1 — эмпирические коэффициенты, зависящие от скорости ветра и расстояния от источника соответственно.

Для корректировки данных коэффициентов использовался метод гибридного моделирования, при котором расчетные концентрации сравниваются с ее истинными значениями, наблюдаемыми на постах

измерений. Но на уровень концентрации загрязняющего вещества, измеренной на посту, влияют множество источников выбросов, а также выхлопные газы автотранспорта. Поэтому для корректировки были взяты многолетние значения концентрации диоксида серы с поста наблюдений ПН38. Он расположен в районе титаномагниевого комбината и Согринской ТЭЦ, которые оказывают основное влияние на уровень загрязнения в данном районе. Однако выбросы сернистого ангидрида титаномагниевым комбинатом по сравнению с ТЭЦ ничтожно малы, поэтому можно считать ТЭЦ основным загрязнителем в рассматриваемом районе. Также незначительно и влияние автотранспорта на уровень диоксида серы, так как ПН38 расположен в районе со слабым движением транспорта вдали от основных магистралей города. Кроме того, в составе выхлопных газов сернистый газ составляет меньше одного процента. Таким образом, можно утверждать, что выбранные из всего множества данных значения концентраций сернистого ангидрида обусловлены только воздействием ТЭЦ. Кроме значений концентраций диоксида серы также для анализа необходимы значения скорости ветра, наблюдаемые на том же посту и в тот же период времени.

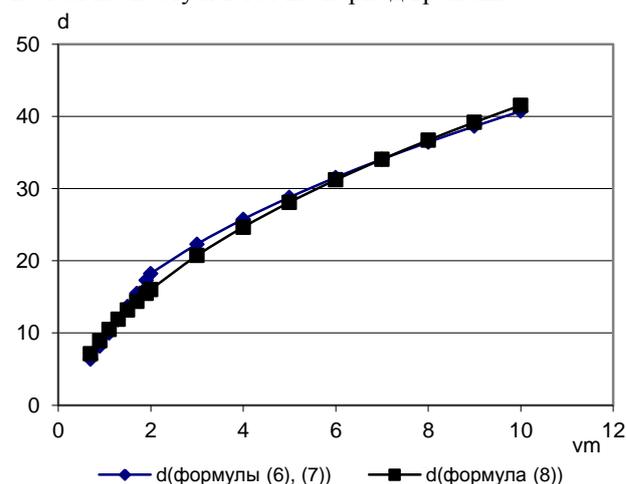


Рис. 1. Сравнение значений коэффициента d , рассчитанных по различным формулам при $f = 27$

Выразим коэффициент r из формулы (9):

$$r = \frac{C}{C_{\max} s_1}, \quad (10)$$

где C — концентрация, измеренная на посту наблюдения при различных значениях скорости ветра;

C_{\max} — максимальная концентрация, рассчитываемая по формуле (11);

s_1 — коэффициент, определяемый по формуле (12).

$$C_{\max} = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad x_{\max} = (5 - F)dH / 4, \quad (11)$$

$$C_{mi} = rC_{\max}, \quad x_{mi} = px_{\max},$$

$$s_1 = 3(x/x_{mu})^4 - 8(x/x_{mu})^3 + 6(x/x_{mu})^2, \text{ и } \text{д} \text{е } x/x_{mu} \leq 1,$$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_{mu})^2 + 1}, \text{ и } \text{д} \text{е } 1 < x/x_{mu} \leq 8, \quad (12)$$

$$s_1 = \frac{x/x_{mu}}{3,58(x/x_{mu})^2 - 35,2(x/x_{mu}) + 120}, \text{ и } \text{д} \text{е } x/x_{mu} > 8.$$

По имеющимся данным наблюдений за концентрацией сернистого газа и скоростью ветра с ПНЗ8 по формуле (10) были рассчитаны значения коэффициента r . На ТЭЦ один основной источник загрязнения — труба, поэтому значения C_{max} и s_1 постоянны для всех случаев, так как они зависят только от параметров источника. При расчете коэффициента также фиксировалось значение скорости ветра, наблюдаемое в момент времени, когда была измерена концентрация C . В результате мы имеем множество значений коэффициента r и соответствующие им значения скорости ветра u . Данная зависимость выражена в виде графика $r = f(u/u_{max})$ (рис. 2), где u_{max} — опасная скорость ветра для рассматриваемого источника, которая также рассчитывается по формулам методики и является постоянной в данном случае.

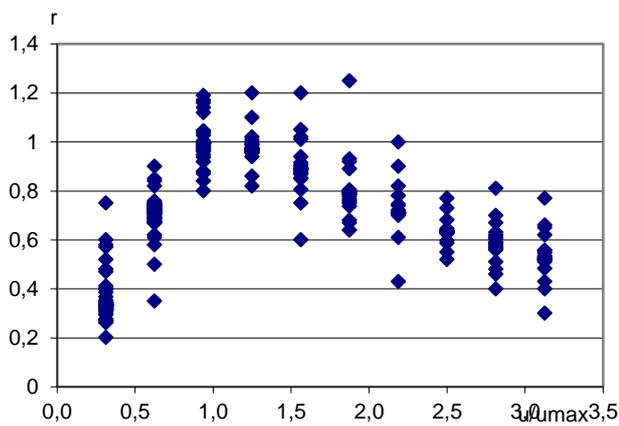


Рис. 2. График зависимости коэффициента r от отношения u/u_{max}

Далее методом регрессионного анализа были получены новые формулы для расчета коэффициента r .

$$r = 0,0125 + 1,0841(u/u_{max}), \text{ и } \text{д} \text{е } u/u_{max} \leq 1;$$

$$r = \frac{1,4382}{\sqrt{u/u_{max}}} - 0,3109, \text{ и } \text{д} \text{е } u/u_{max} > 1.$$

Коэффициенты аппроксимации R^2 составили 0,85 и 0,82.

Аналогичным способом корректируется коэффициент s_1 . Для этого необходимо со всех постов отобрать концентрации какого-либо вещества при фиксированной скорости ветра, так как в этом случае коэффициент r должен оставаться постоянным. Вариацию значений коэффициента s_1 обеспечивает сбор данных со всех пяти постов наблюдений. В данном случае для исследования были взяты выбросы диоксида серы УК МК АО «Казцинк». Замеры концентрации этого вещества проводятся на всех постах измерений, кроме того, выбросы «Казцинка» составляют 93% выбросов всех предприятий. Поэтому

можно считать, что концентрации сернистого газа, наблюдаемые на постах, на 93% обусловлены вредным воздействием данного предприятия. В итоге был построен график зависимости $s_1 = f(x/x_{mu})$ (рис. 3), а также найдены новые формулы для расчета коэффициента s_1 :

$$s_1 = s'_1 \cos \alpha, \quad (13)$$

$$s'_1 = -0,7500(x/x_{mu})^2 + 1,8940(x/x_{mu}) - 0,0936, \text{ и } \text{д} \text{е } x/x_{mu} \leq 1, \quad (14)$$

$$s'_1 = \frac{1,8550}{\sqrt{x/x_{mu}}} - 0,5600, \text{ и } \text{д} \text{е } x/x_{mu} > 1, \quad (15)$$

где α — угол между наблюдаемым направлением ветра и так называемым опасным, при котором источник выбросов находится с наветренной стороны.

На рис. 3 приведен график зависимости $s_1 = f(x/x_{mu})$ при угле α , равном 0° . С помощью косинуса угла α корректируется конфигурация ареалов распространения границ ареалов загрязнения веществ. Для определения границ ареалов необходимо рассчитать значения их концентраций во всех узловых точках карты города. Концентрация по рассматриваемой методике вычисляется при условии, что источник расположен с наветренной стороны к точке расчета. Но предприятие не может одновременно для всех точек находиться по направлению ветра. Поэтому косинус угла α в определении коэффициента s_1 как раз учитывает не только расстояние от источника, но и угол между направлением ветра и прямой, связывающей предприятие и точку расчета концентрации.

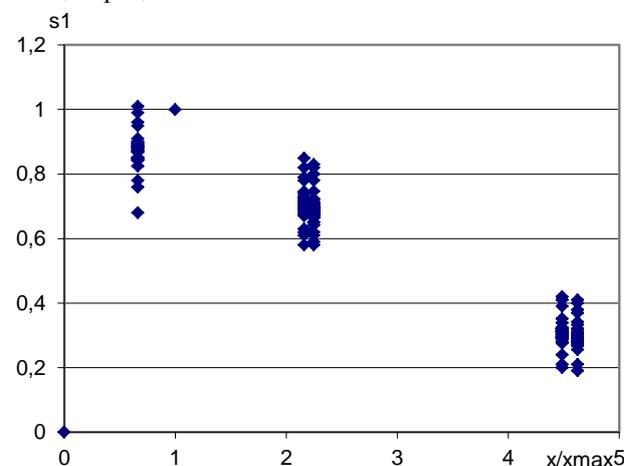


Рис. 3. График зависимости коэффициента s_1 от отношения x/x_{max}

Анализируя методику расчета концентраций, мы пришли к выводу, что коэффициенты, используемые в ней, нуждаются в некоторой адаптации к местным условиям. Для корректировки применялся метод гибридного моделирования, при котором рассчитанные по модели конечные значения концентраций сравниваются с реальными данными экологического мониторинга, и статистический метод, который на основе решения большого количества реальных примеров позволил получить закономерности изменения эмпирических коэффициентов от определенных параметров. В результате проведенных исследований формулы

расчета коэффициентов рассматриваемой методики | адаптированы к местным условиям, что привело к
были скорректированы с учетом реальных данных и | повышению точности вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 95 с.

УДК 624.131.533

А.С. КАДЫРОВ
Е.С. БЕСТЕМБЕК

Анализ свойств мерзлых и прочных грунтов и оборудования для их резания

Освоение больших масштабов строительства в Республике Казахстан требует постоянного развития и технического совершенствования строительной индустрии. Строительные организации располагают значительным парком строительно-дорожных машин, из года в год расширяется их номенклатура, растет выпуск на заводах ближнего и дальнего зарубежья, улучшается их качество.

Большая часть земляных работ вследствие интенсификации строительного производства проводится в зимний период на прочных грунтах.

Сезонно промерзающие и вечномёрзлые грунты обладают высокой прочностью, поэтому их разрушение — весьма энергоёмкий процесс, предъявляющий повышенные требования к мощности и прочности участвующего в нем оборудования.

При создании высокоэффективных машин, разрабатывающих грунт в немерзлом и мерзлом состоянии, одним из наиболее важных вопросов является метод расчета сопротивлений, которые могут

возникать на рабочем оборудовании при разработке грунтов.

В соответствии с общей методологией познания для решения этого вопроса необходимо комплексное использование экспериментальных и аналитических исследований процессов взаимодействия рабочих органов землеройных машин с грунтами любого состояния. Необходимо комплексное использование таких направлений науки, как разработка физических и аналитических основ теории разрушения грунтов различными механическими способами; физическое и физико-механическое моделирование процессов, выполняемых землеройными машинами; прогнозирование и оптимизация параметров землеройных машин.

Мерзлыми грунтами называют грунты, имеющие отрицательную температуру, в которых хотя бы часть содержащейся воды превратилась в лед, цементирующий частицы грунта.

Мерзлые грунты представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из твердой

фазы (скелета грунта и льда), жидкой (незамерзающей воды) и газообразной (паров и газов). Они отличаются высокой механической прочностью и абразивностью, что в основном и определяет сложность их разработки в строительстве.

Механическая прочность мерзлого грунта обычно характеризуется временными сопротивлениями сжатию, разрыву и сдвигу.

Характер деформации мерзлого грунта определяется в основном скоростью приложения и величиной внешней нагрузки, а также физическим состоянием грунта. При этом могут быть как упругие, так и пластические деформации. Упругие деформации мерзлого грунта характеризуются модулем упругости и коэффициентом Пуассона. По данным Н.А. Цытовича, модель упругости увеличивается с понижением температуры и с повышением крупности фракций грунта. С повышением крупности фракций скелета грунта модуль упругости уменьшается. Он снижается также при увеличении нагрузки.

Большое влияние на модуль упругости оказывает влажность (льдистость) грунта, с увеличением которой модуль возрастает в несколько раз.

Абразивность или изнашивающая способность мерзлых грунтов в 70-200 раз выше, чем у немерзлых. Она резко возрастает с понижением температуры.

В соответствии с этим необходимо, чтобы рабочие органы машин для резания мерзлых грунтов обладали достаточной прочностью и износостойкостью.

Для облегчения разработки грунта в зимних условиях практикуются следующие мероприятия:

1) предохранение грунтов от промерзания (утепление, предварительное осеннее поверхностное рыхление грунта, химическая обработка);

2) оттаивание грунта перед его разработкой (обогрев паром, электропрогрев, нагревание пламенем и т.п.);

3) рыхление мерзлого грунта различными способами для облегчения его экскавации (механические, взрывом, термические, электрические, комбинированные).

Наименее энергоемкими и наиболее универсальными способами разработки мерзлого грунта являются механические. Механические способы рыхления мерзлого грунта довольно разнообразны, применяемые для этого машины могут быть классифицированы по виду рабочего процесса:

1) на режущие, к которым могут быть отнесены машины с дисковой фрезой, с барами, рыхлители, буры, многоковшовые экскаваторы;

2) ударные: со свободно падающим рабочим органом, дизель-молоты, гидropружинные молоты, ручной и ударный инструмент;

3) вибрационные, которые обычно выполняются в комбинации либо с резанием (виброфрезы), либо с

ударом (ковши с виброударными зубьями), либо со сколом (виброклинья).

В большинстве случаев земляные работы в мерзлых грунтах производят при комбинированном использовании машин. Так, нарезание щелей (барами или дисковой фрезой) обычно сочетают с работой одноковшового экскаватора для скола и экскавации нарезанных блоков; крупный скол и использование удара сочетают с работой одноковшового экскаватора и т.д.

При разработке котлованов и вскрышных работах нарезают блоки, рыхлят поверхностный слой рыхлителями или буровзрывным способом в сочетании с одноковшовым экскаватором. Траншеи обычно разрабатывают многоковшовыми экскаваторами с различными рабочими органами: цепными барами с чистым резанием и сколом; роторами с зубьями, обеспечивающими резание и крупный скол.

По принципу работы режущего органа машины для резания мерзлых грунтов можно разделить на две группы:

а) машины с рабочим органом вращательного действия;

б) машины, у которых режущий элемент имеет поступательное движение. К режущим органам вращательного действия относятся фрезы и буры; к режущим органам поступательного действия — рыхлители, бары. Последние по принципу резания занимают промежуточное положение между первыми и вторыми.

По характеру выполнения технологического процесса различают машины, которые производят только разрушение мерзлого грунта (бары, навесные рыхлители, дисково-фрезерные машины), а последующую экскавацию его осуществляют обычные землеройные машины и машины, самостоятельно выполняющие весь технологический процесс разработки и уборки грунта (многоковшовые экскаваторы, буровые установки, машины с пальцевой фрезой).

Основными параметрами машин для разработок мерзлого грунта рабочим органом вращательного действия являются диаметр режущего диска D_f , число оборотов диска фрезы n_f , скорость поступательного движения машин v_n , мощность двигателя N , скорость фрезерования v_{ϕ} .

Основные преимущества разработки мерзлого грунта путем предварительного нарезания щелей состоят в том, что механической разработке подлежит только незначительная часть мерзлого грунта, остальной объем остается в целике. Энергоемкость такого способа разработки значительно меньше, чем при сплошном резании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветров Ю.В. Резание грунтов землеройными машинами. М.: Машиностроение, 1971. 360 с.
2. Орнатский Н.В. Механика грунтов. М.: МГУ, 1962. 448 с.
3. Алексеев Т.В., Артемьев К.А., Бромбарг А.А. Дорожные машины. Ч. 1. Машины для земляных работ. М.: Машиностроение, 1972. 504 с.

УДК 539.3:624

С.Н. БОЛОТКИН
А.Е. СУДАРИКОВ

Расчет обшивки жестких стальных погрузочных бункеров по предельному прогибу пластин

В настоящее время расчет пластин, жестко заземленных по контуру и входящих в обшивку стальных бункеров, настилов и других конструкций, производится из расчета на изгиб с применением различных коэффициентов [1] или по таблицам [2].

Однако в случае жесткого заземления пластины, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, все сечение пластины является растянутым двухосными растягивающими усилиями и прогиб ее является следствием растяжения, а не изгиба, в то время как при изгибе имеются сжатые и растянутые зоны сечения. Все это приводит к излишнему запасу прочности, т.е. расчетная толщина пластины намного превышает требуемую из расчета на предельное растяжение.

Для определения несущей способности пластины из расчета на предельные растягивающие усилия рассмотрим прямоугольную пластину размерами $a \times b$ ($a > b$), нагруженную равномерно распределенной нагрузкой q (рис. 1). По мере нагружения пластины будет возрастать прогиб f в центре тяжести, пока растягивающие усилия не достигнут предельного значения $[\sigma_p]$. Так как предельное удлинение от прогиба будет достигнуто вначале по короткой стороне b , при недогруженной большей стороне, то несущая способность пластины будет определяться предельными растягивающими усилиями по короткой стороне.

Предельное удлинение по короткой стороне b (рис. 1б) определится как

$$\Delta \hat{a} = \hat{a} \cdot [\sigma_p] / E, \quad (1)$$

где E — модуль упругости пластины.

Прогиб пластины, достигающий максимального значения в центре, происходит по некоторой кривой, близкой к квадратичной параболе, но так как для стали предельное удлинение примерно 0,1 %, то эта кривая может быть заменена ломаной линией, равной $\hat{a} + \Delta \hat{a}$ (рис. 1б). Из рис. 1б величина максимального прогиба по короткой стороне f составит

$$f = \sqrt{0,5 \cdot \hat{a} + \Delta \hat{a}^2 - 0,5 \hat{a}^2}, \quad (2)$$

угол α определится из соотношения

$$\frac{\hat{a}}{\hat{a} + \Delta \hat{a}} = \cos \alpha. \quad (3)$$

При этом в заделке при определенном угле α возникает пластический шарнир (рис. 1г). Тогда предельное усилие с учетом пластических деформаций определится по суммарной эпюре пластического шарнира и предельного напряжения растяжения.

Величина реакции Q составит

$$Q = 0,5 \delta [\sigma_p] \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

где δ — толщина пластины.

Для длинной стороны, в зависимости от соотношения сторон, в заделке могут быть либо растягивающие усилия σ_p совместно с изгибом, либо предельные усилия растяжения с пластическим шарниром.

Так как прогиб в центре пластины не может быть более f , то для длинной стороны a , условный угол β (рис. 1в) может быть найден из соотношения

$$\frac{f}{0,5a} = \operatorname{tg} \beta, \quad (5)$$

а предельное удлинение Δa , полученное стороной, может быть найдено из соотношения

$$\frac{\hat{a}}{\hat{a} + \Delta \hat{a}} = \sin \beta, \quad (6)$$

но так как

$$\Delta \hat{a} = \hat{a} \cdot \frac{\sigma_p}{E}, \quad (7)$$

то растягивающие усилия, полученные стороной a , составят

$$\sigma_p = \frac{\Delta \hat{a} \cdot \hat{A}}{\hat{a}}, \quad (8)$$

реакция

$$Q_1 = 0,5 \sigma_p \cdot \sin \beta. \quad (9)$$

Величина предельной распределенной нагрузки q , соответствующая предельному прогибу f , определится из равенства

$$2Q + 2Q_1 = q \cdot a + b \quad (10)$$

или

$$q = 2 \cdot \left(\frac{Q + Q_1}{a + b} \right). \quad (11)$$

При этом следует учитывать, что в (1) и (3) толщина пластины принималась за единичную (например равной 1 см). При меньшей или большей толщине пластины соответственно изменится и величина реакций Q и Q_1 , и таким образом может быть найдена предельная величина q для конкретной толщины пластины.

Сравнительные расчеты показывают, что соотношение сторон существенно влияет на предельную величину распределенной нагрузки q и наиболее рациональным с точки зрения несущей способности является соотношение сторон $\frac{\hat{a}}{\hat{a}} = 1$.

Для трапецевидной или треугольной формы пластин, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, могут быть использованы те же решения, что и для прямоугольной.

Для примера рассмотрим пластину трапецевидной формы (рис. 2а). Наибольший прогиб при ее нагружении будет достигнут в центре тяжести пластины, а величины a и h ($h > a$) — стороны, в направлении которых определяется максимальный прогиб. Так как предельный прогиб будет достигнут вначале по короткой стороне (в данном случае по стороне a), то предельное удлинение стороны a определится по (1), величина угла α , величина f , реакция Q по (2)-(4) (рис. 2б).

Так как максимальный прогиб f делит длинную сторону на неравные отрезки (рис. 2в), то значения углов α_1 и α_2 могут быть найдены из соотношения

$$\frac{f}{h_1} = \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (12)$$

$$\frac{f}{h_2} = \operatorname{tg} \alpha_2, \quad (13)$$

удлинения, полученные отрезками h_1 и h_2 , соответственно составят

$$h_1 + \Delta h_2 = \sqrt{h_1^2 + f^2}, \quad (14)$$

$$h_2 + \Delta h_2 = \sqrt{h_2^2 + f^2}, \quad (15)$$

а вся величина удлинения стороны h составит

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2, \quad (16)$$

Зная полученное удлинение Δh , можно найти растягивающие усилия δ_p , соответствующие этому удлинению. Так как

$$\Delta h = \frac{h \cdot \sigma_p}{E}, \quad (17)$$

то

$$\sigma_p = \frac{\Delta h \cdot E}{h}, \quad (18)$$

а соответствующие этому напряжению реакции (рис. 2в) определяются как

$$Q_1 = 0,5 \delta \sigma_p \cdot \sin \alpha_1, \quad (19)$$

$$Q_2 = 0,5 \delta \sigma_p \cdot \sin \alpha_2. \quad (20)$$

Величина предельной распределенной нагрузки определится из соотношения

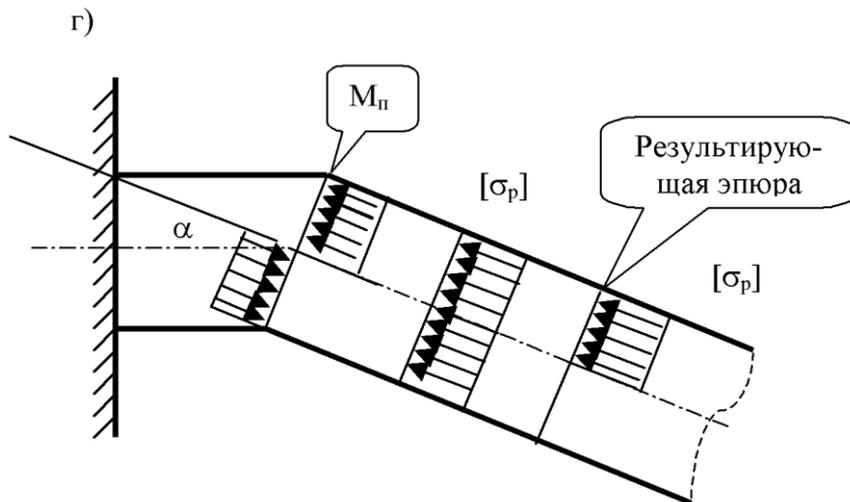
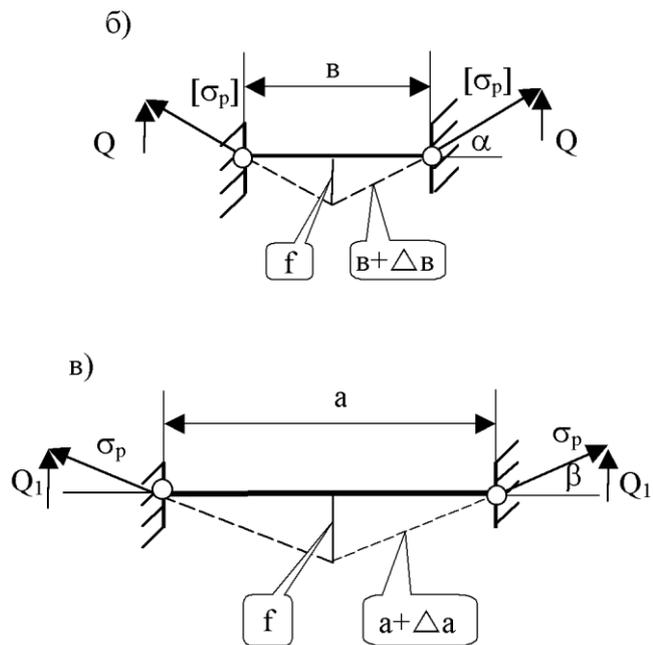
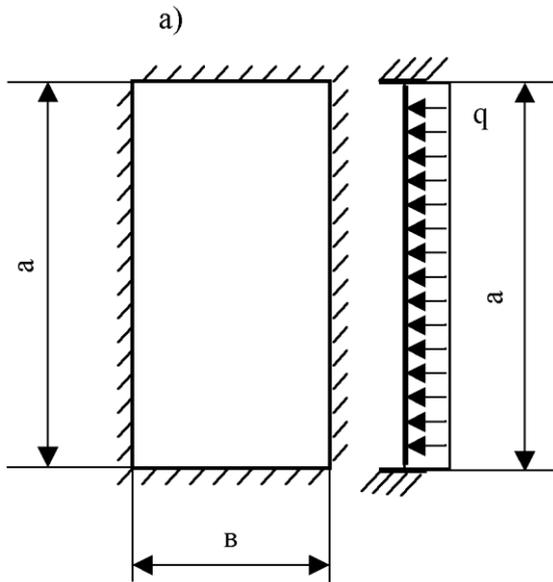


Рис. 1. а) Расчетная схема; б) Расчетная схема к определению прогиба — f по короткой стороне;
 в) Расчетная схема к определению растягивающих усилий по длинной стороне;
 г) Расчетная схема к определению возможности образования пластического шарнира

$$2Q + Q_1 + Q_2 = q \cdot a + q \cdot h, \quad (21)$$

откуда

$$q = \frac{2Q + Q_1 + Q_2}{a + h}. \quad (22)$$

Эти решения могут быть использованы для пластин прямоугольной, трапециевидной и треугольной форм, нагруженных неравномерно распределенной нагрузкой (рис. 3а).

В этом случае предельное удлинение по короткой стороне, проходящей через центр тяжести пластины,

определится по (1), предельный прогиб по (2), для более длинной стороны, также проходящей через центр тяжести, углы α_1 и α_2 (рис.3 б, в) по (14), (15), величина предельной средней нагрузки $q_{cp} = 0,5 \cdot (q_1 + q_2)$ по (22).

Полученный подход при решении задач определения несущей способности пластин различной формы, жестко защемленных по контуру, является общим и позволяет более полно использовать материал пластин при расчете различных обшивок, настилов, без использования эмпирических данных.

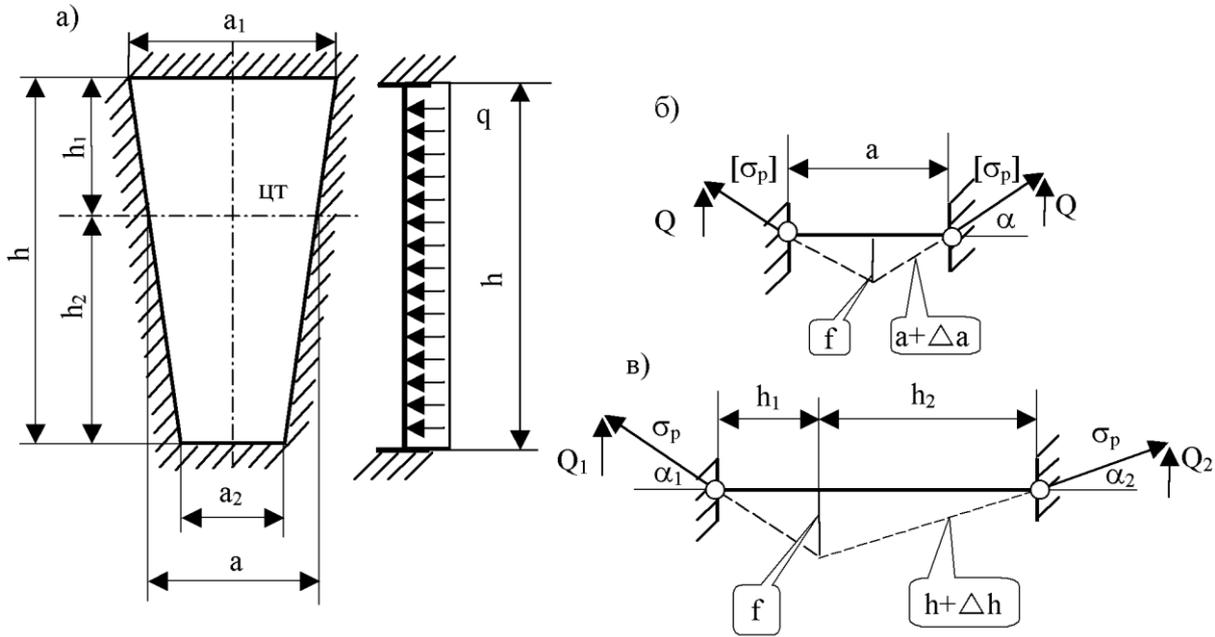


Рис. 2. а) Расчетная схема; б) Схема к определению предельного прогиба по линии — a ;
 в) Расчетная схема к определению растягивающих напряжений и реакций по длинной стороне — h

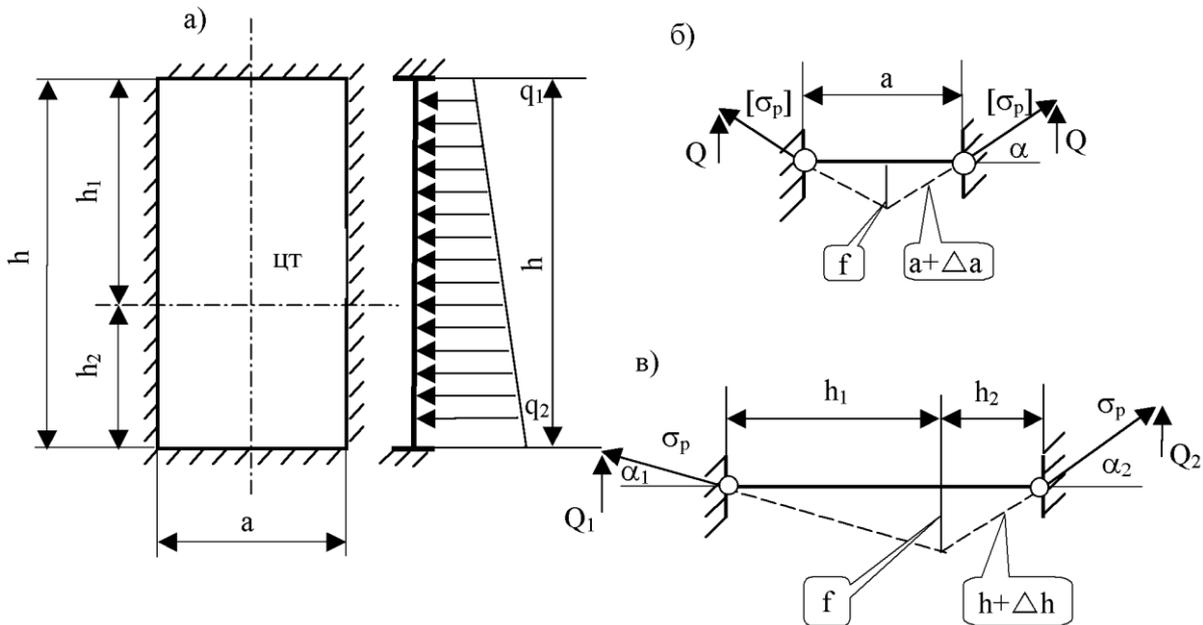


Рис. 3. а) Расчетная схема; б) Расчетная схема к определению предельного прогиба по стороне — a ;
 в) Расчетная схема к определению реакций Q_1 и Q_2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимов А.П. Горно-технические здания и сооружения. М.: Недра, 1970.
2. Цай Т.Н. Строительные конструкции. Т.2 М.: Стройиздат, 1985.

УДК 519.7+539.3

Н.Т. ЖАДРАСИНОВ
А.С. КАНАТОВ
С.К. АХМЕДИЕВ

Метод криволинейных сеток на треугольных элементах

В численных методах, таких как метод конечных элементов для аппроксимации сложных и составных областей применяют треугольные конечные элементы. Однако в последнее время стали широко использоваться элементы, основанные на полиномиальных пробных функциях более высокого порядка.

Треугольные элементы лагранжевого семейства могут быть сформированы выбором достаточного числа узлов, обеспечивающих единственное решение для коэффициентов выбранной полиномиальной пробной функции. Полный полином порядка n содержит $\frac{1}{2}(n+1)(n+2)$ коэффициентов, а s — узловой лагранжев треугольный элемент, основанный на этом полиноме, должен содержать такое же число узлов. Базисные функции для полиномиальных элементов могут быть получены методом обобщенных координат, хотя сама алгебра становится все более сложной по мере роста порядка. С другой стороны, можно пользоваться и методом интерполяции, выбирая каждую базисную функцию как произведение трех интерполирующих функций Лагранжа. Все лагранжевы элементы характеризуются непрерывностью пробных функций, которые должны обладать определенной гладкостью внутри элемента, а также при переходе через границу между элементами и, следовательно, по всей области, для которой решается задача. Но при выборе таких функций в конечно-элементном анализе возникают серьезные трудности, заключающиеся в том, что степень дифференцируемости пробной функции равнялась наибольшему порядку производных в функционале вариационной задачи. В противном случае члены, содержащие указанные производные, обратятся в нуль или возникнут другие несоответствия [1]. Используются также изопараметрические криволинейные конечные элементы с заранее заданными базисными функциями. Применение таких элементов приводит к сокращению их количества, следовательно, и общего числа переменных в системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). При формировании матриц жесткости таких элементов производные от базисных функций в системе $\bar{O}\xi\eta$ вычисляются из соответствующих производных в системе OXY , связывающихся между собой якобианом преобразования. Однако при использовании более сложных конечных элементов возрастает время формирования матриц жесткости для всей системы и увеличивается ширина ленты матрицы СЛАУ, что также ведет к росту времени счета и решения.

Существуют комбинированные методы, применяющие разностную схему для решения дифференциальных уравнений параболического типа,

например совместный эйлерово-лагранжевый метод (СЭЛ). Главная задача метода заключается в построении удобной схемы расчета в координатах Эйлера, граница определяется одной или несколькими лагранжевыми линиями, и поэтому является ломаной линией, составленной из отрезков прямых. Во многих задачах наиболее естественно использовать для части области аппроксимации в координатах Эйлера, а для остальной части аппроксимации — в переменных Лагранжа. Метод СЭЛ более эффективен для задач такого типа. Имеются преимущества, позволяющие аппроксимировать весьма сложные области. В СЭЛ методе частные производные в произвольной области аппроксимируются конечными разностями с привлечением теоремы Грина:

$$\iint_R f_x dx dy = \int_{\partial R} f dy, \quad \iint_R f_y dx dy = - \int_{\partial R} f dx, \quad (1)$$

$$\iint_R \left[f u_x + f \vartheta_y \right] dx dy = \int_{\partial R} f u dy - f \vartheta dx.$$

При этом дается приближенное представление частной производной через некоторый линейный интеграл по границе области ∂R . При аппроксимации для эйлеровой сетки (включая граничные ячейки) вычисления сводятся к вопросу об оценке линейного интеграла по произвольному многоугольнику R , когда значения функции заданы только в узлах сетки (вершины ∂R). Следовательно, значения функции ∂R определяются по значениям в узлах сетки.

При простейшем предположении о линейном изменении функции между узлами сетки линейный интеграл сводится к конечной сумме произведений средних значений функций в узлах сетки на соответствующие длины отрезков. Полученные аппроксимации частных производных являются естественной аппроксимацией, так как, в частности, сводятся к обычным аппроксимациям, когда R представляет собой треугольник или прямоугольник. Таким образом, выражение (1) в общем виде сводится к следующему:

$$\left(\frac{\Delta f}{\Delta x}\right)_j = \frac{\sum_{i=1}^N f_{i+1} + f_i}{\sum_{i=1}^N x_{i+1} + x_i} \frac{y_{i+1} - y_i}{y_{i+1} - y_i},$$

$$\left(\frac{\Delta f}{\Delta y}\right)_j = \frac{-\sum_{i=1}^N f_{i+1} + f_i}{\sum_{i=1}^N x_{i+1} + x_i} \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i},$$

$$\left[\frac{\Delta fu}{\Delta x} + \frac{\Delta fv}{\Delta y}\right]_j = \frac{\sum_{i=1}^N [fu_{i+1} + fu_i] y_{i+1} - y_i - [fv_{i+1} + fv_i] x_{i+1} - x_i}{\sum_{i=1}^N x_{i+1} + x_i y_{i+1} - y_i}.$$

Здесь N вершин углов j -й ячейки сетки пронумерованы в направлении против часовой стрелки $i=1, 2, \dots, N$, $a_{f_{N+1}}=f_1, x_{N+1}=x_1$ и т.д.

Полученные аппроксимации (2) позволяют исследовать случаи при $N = 3$, т.е. случаи треугольных ячеек.

В случае $N = 3$ стандартная аппроксимация частных производных df/dx и df/dy получится путем построения плоскости, проходящей через три вершины, и определения величин $\Delta f/\Delta x, \Delta f/\Delta y$ по значениям $df/dx, df/dy$, вычисленным для некоторой точки этой плоскости. Пусть плоскость, проходящая через точки $(x, y, f)_i, i = 1, 2, 3$, имеет вид $f = Ax + By + C$, где A, B, C — постоянные. Тогда $f_x = A, f_y = B$ и легко убедиться в том, что A совпадает со значением, полученным из (2), а B совпадает со значением из (3).

Для многих задач не подходят идеально ни чисто лагранжев, ни чисто эйлеров метод расчета, а наилучшим способом расчета может оказаться некоторая комбинация аппроксимаций в этих координатах [2].

Одним из распространенных численных методов также является вариационно-разностный метод. В этом методе производные в выражении полной потенциальной энергии системы заменяют их конечно-разностными аналогами, а интегрирование по области — суммированием по всем ячейкам-треугольникам, на которые разбита область. В результате получается сумма, представляющая собой квадратичную форму от всех неизвестных u и v в узлах сетки. Минимизация ее по всем u и v дает систему линейных алгебраических уравнений, порядок которой равен числу неизвестных u и v в узлах сетки.

Для этого сложную область расчета разделяют на ячейки треугольной формы. Напряжения, деформации и массовые силы считаются линейно распределенными по ячейкам, компоненты вектора смещений относятся к вершинам ячеек (узлам сетки).

Для внутреннего узла составляют два уравнения. Пусть в j -й ячейке вершина, совпадающая с рассматриваемым узлом, имеет номер 1, а две другие пронумерованы против часовой стрелки — 2 и 3 (рис. 1). Конечно-разностными аналогами частных

производных для j -й ячейки будут следующие выражения:

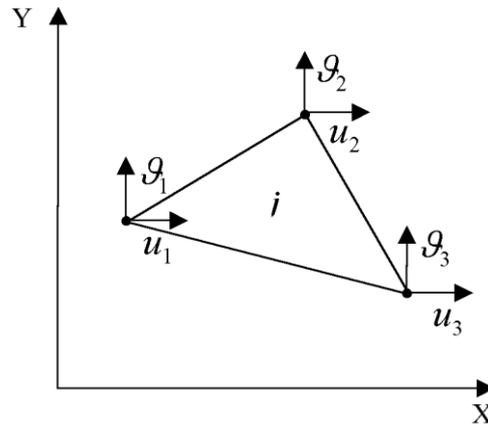


Рис. 1. К построению вариационно-разностных уравнений

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_j = \frac{1}{2F_j} [u_1 - u_3 \quad y_2 - y_3 \quad -y_1 - y_3 \quad u_2 - u_3];$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_j = -\frac{1}{2F_j} [u_1 - u_3 \quad x_2 - x_3 \quad -x_1 - x_3 \quad u_2 - u_3];$$

$$\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)_j = \frac{1}{2F_j} [g_1 - g_3 \quad y_2 - y_3 \quad -y_1 - y_3 \quad g_2 - g_3];$$

$$\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)_j = -\frac{1}{2F_j} [g_1 - g_3 \quad x_2 - x_3 \quad -x_1 - x_3 \quad g_2 - g_3];$$

$$F_j = \frac{1}{2} [x_1 - x_3 \quad y_2 - y_3 \quad -x_2 - x_3 \quad y_1 - y_3],$$

где F_j — площадь j -й ячейки.

С практической точки зрения наилучшим будет выбор, доставляющий максимальную точность при наименьших вычислительных затратах. В этом отношении эффективным является метод криволинейных сеток (МКС) на треугольных элементах, заменяющий область треугольными элементами и без особых трудностей рассчитывающий объекты с произвольными очертаниями границ. МКС основан на идее корректной аппроксимации ковариантной производной вектор — функции в криволинейных системах координат и использует разностную схему, позволяющую перейти от векторных дифференциальных соотношений механики деформируемого твердого тела к системе алгебраических уравнений [3].

Чтобы получить замкнутую систему уравнения, разрешающие соотношения задачи необходимо дополнить граничными условиями. Так как в предлагаемой схеме формирование уравнений производится путем последовательной подстановки в уравнение равновесия векторных компонент усилий и перемещений, граничные условия задачи удовлетворяются последовательным исключением их нулевых компонент.

Для анализа контурных узлов элемент $dx^1 dx^2$ вокруг текущего узла (i, j) разделим на треугольные ячейки (рис. 2), на каждую из которых действует

определенная часть внутренних усилий и внешней нагрузки.

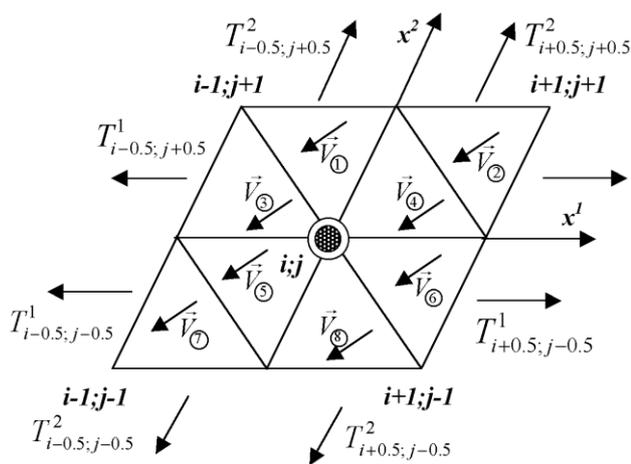


Рис. 2. Вариант треугольных ячеек

Усилия, возникающие в гранях ячеек, соответственно равны:

$$\bar{T}_{i\pm 0.5; j\pm 0.5}^1 = \sqrt{a_{11}a_{22}} \bar{\sigma}_{i\pm 0.5; j\pm 0.5}^1 ;$$

$$\bar{T}_{i\pm 0.5; j\pm 0.5}^2 = \sqrt{a_{11}a_{22}} \bar{\sigma}_{i\pm 0.5; j\pm 0.5}^2 .$$

Каждая из усилий $\bar{T}_{i\pm 0.5; j\pm 0.5}^\alpha$ ($\alpha = 1, 2$) и объемных сил \bar{V}_β ($\beta = 1 \div 8$) имеют свои весовые коэффициенты, зависящие от ориентации и занимаемой площади ячеек, из-за этого они выражены по отдельности.

В данных случаях отсутствие каких-либо ячеек приводит к исключению действующих на них усилий, а в уравнение равновесия вводятся с соответствующими коэффициентами.

Такой подход в значительной мере похож на метод конечных элементов, если ячейки представить как отдельные конечные элементы. Поэтому в предлагаемых схемах уравнения по контуру области для различных типов границ формируются просто и наглядно.

По данной методике разработан алгоритм и вычислительная программа применительно к задачам механики горных пород.

Принципиальная расчетная схема задачи оценки напряженно-деформированного состояния породного массива мощностью 300 метров, подверженного влиянию выработки высотой 20 м и пролетом обнажения $2l_B = 15$ м, приведена на рис. 3. Граничные условия боковых границ выработки $\bar{u} = 0, \bar{\tau}_{xy} = 0$.

Многие исследователи (Г.Н. Савин, А. С. Космодамианский) аналитическими расчетами показали, что на расстоянии $3R$ (R — наибольший линейный размер поперечного сечения выработки) добавочные напряжения от действия выработки не превышают 3%. Выполненные этой методикой расчеты для слоистого

массива при $L = 3l_B, 4l_B$ и $6l_B$ показали, что даже в случае наиболее неблагоприятного взаимного положения разнотипных слоев уже при $L = 4l_B$ отклонение величин напряжений в массиве с выработкой по отношению к ненарушенному массиву находится в пределах точности расчета. Поэтому размеры расчетной области массива по простиранию принимаем $L = 4l_B$.

Большим достоинством методики является возможность расчета напряженного состояния массива около выработки с учетом влияния земной поверхности. При рассмотрении заглубленных выработок с целью сокращения числа уравнений возможна замена части веса пород пригрузкой. Однако следует иметь в виду, что в этих задачах пренебрегать влиянием земной поверхности допустимо при заглублении выработки пород не менее $50R$, где R — характерный размер выработки по данному направлению. Область и степень влияния выработки на массив в почве залежи значительно меньше (упругие перемещения почвы выработки обычно меньше опусканий кровли). Это дает возможность рациональным образом оконтурить рассматриваемую область массива с этой стороны и задать здесь определенные граничные условия. На верхней границе и контуре выработки граничные условия могут задаваться внешними силами \bar{O} и \bar{Y} , равными или не равными нулю.

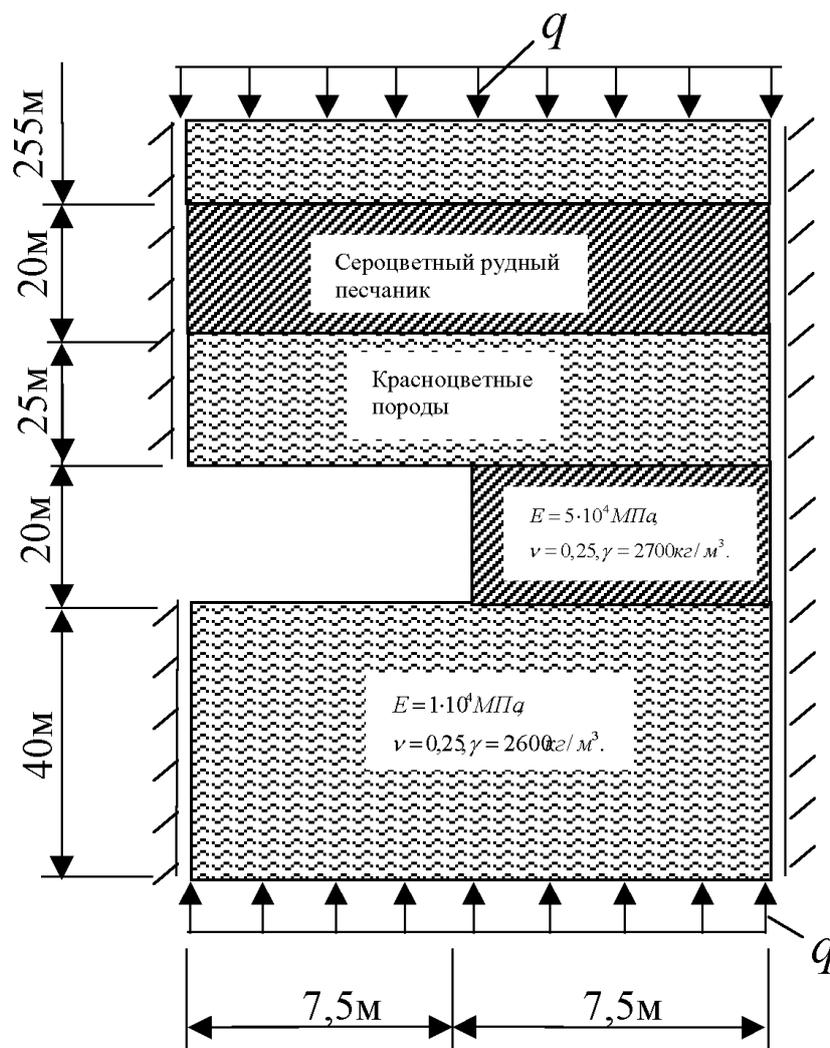


Рис. 3. Расчетная схема

Сравнение результатов производилось с данными, полученными с помощью пакета прикладных программ ANSYS, основанных на МКЭ. Исследуемая породная толща разбивалась равномерно распределенной сеткой с треугольными элементами, где предполагались большие концентрации напряжений, то есть в углах выработки, сетки сгущались соотношением $\frac{1}{5}$ для более точной оценки напряженного состояния. На рис. 4 приведены напряжения, возникшие в массиве. Картина распределения удовлетворительно отвечает общим представлениям о проявлениях горного

давления: выявлены зоны опорного давления, области концентраций напряжений и разгрузки. Сопоставление результатов решения МКС с данными исследований МКЭ показывает хорошее соответствие значений напряжений и перемещений. Из анализа полученных результатов для рассмотренной задачи можно сделать вывод о сходимости решений МКС.

Таким образом, исследования, проведенные в настоящей статье, позволяют сделать вывод об обоснованности применения МКС для исследования напряженно-деформированного состояния сложных составных конструкций.

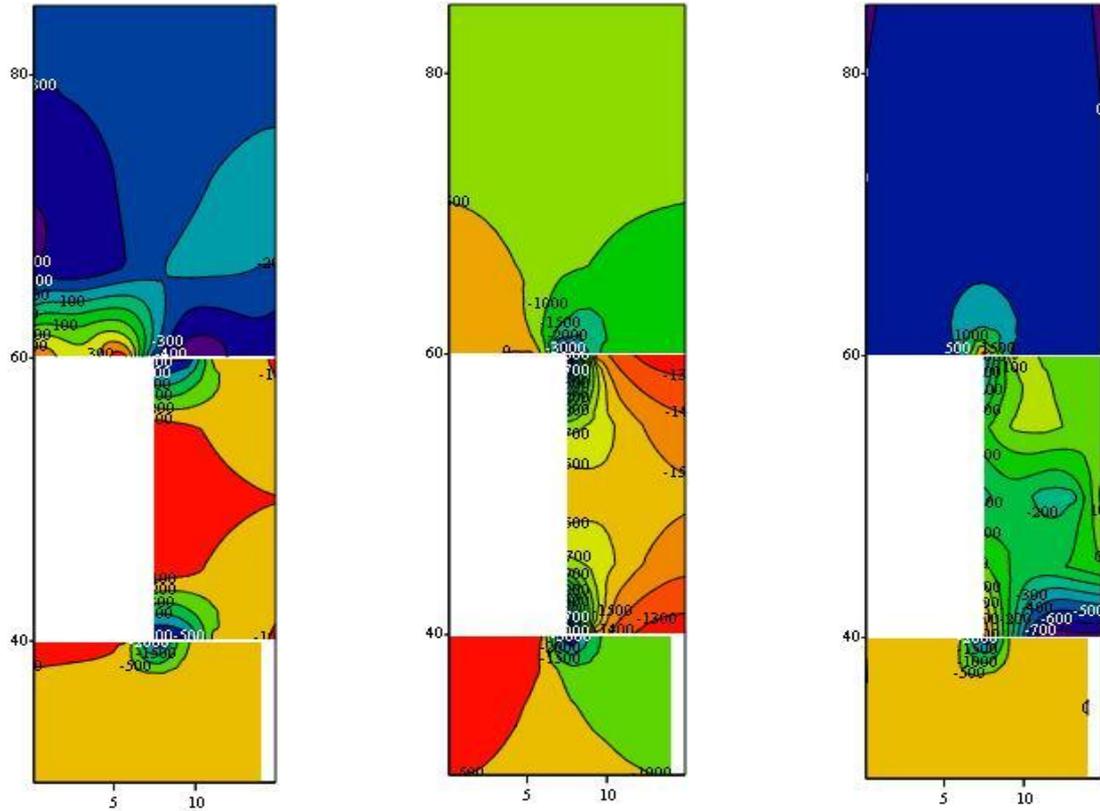


Рис. 4. Напряжения в массиве

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов / Пер. с англ. В.М. Картвелишвили; Под ред. Н.В. Баничука. М.: Мир, 1984. 428 с.
2. Олдер Б., Фернбах С., Ротенберг М. Вычислительные методы в гидродинамике / Пер. с англ. В.П. Коробейникова и П.И. Чушкина; Под ред. С.С. Григоряна и Ю.Д. Шмыглевского. М.: Мир, 1967. 383 с.
3. Жадрашинов Н.Т. Нелинейная деформация составных оболочек. Алматы: Ғылым, 1998. 174 с.

УДК 624

Ж.С. НУГУЖИНОВ

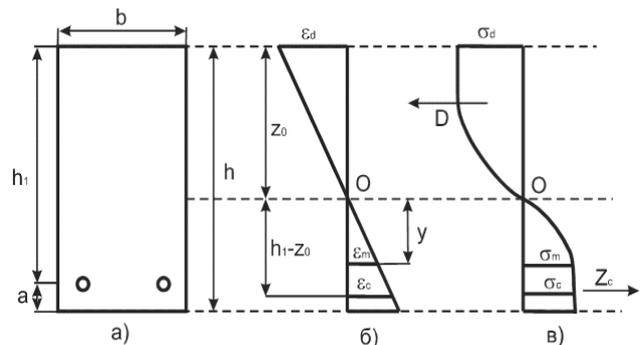
К методике расчета железобетонных изгибаемых элементов с трещиной

Единое мнение относительно теоретических предпосылок расчета ширины раскрытия нормальных трещин в железобетонных элементах и механизма ее продвижения отсутствует. Существует множество методик по раскрытию нормальных трещин, основанных на деформационных подходах В.И. Мурашева, А.А. Гвоздева, Я.М. Немировского, при этом принято предположение вычислять высоту сжатой зоны в сечении без привлечения гипотезы плоских сечений, вводить в расчет дополнительный коэффициент, учитывающий неравномерность сжатия бетона, а также вычислять деформации железобетонных элементов не через установленные их жесткости, а непосредственно через кривизну [1]. В действующих нормативных документах расчет максимальной ширины раскрытия трещин производится по эмпирическим зависимостям, обобщающим многочисленные экспериментальные данные [2]. Несмотря на наличие достаточно разработанных методик отсутствует методика,

которая описывает механизм продвижения трещины в нормальном сечении железобетонного элемента.

Целью данной работы является построение метода, который позволил бы связать длину продвижения трещины с несущей способностью сечения железобетонного элемента.

Рассмотрим сечение железобетонной балки, испытывающей чистый изгиб (рис. а).



а) сечение; б) деформации; в) напряжения

Введем следующие обозначения:

- z_0 — координата нейтрального слоя;
- y — координата начала трещины в бетоне;
- E_c — модуль упругости стали (арматуры);
- E_δ — модуль упругости бетона при сжатии;
- E_m — модуль упругости бетона при растяжении;
- h_1 — расстояние от сжатого края сечения до центра тяжести арматуры;
- F_a — площадь сечения арматуры;
- h, b — высота и ширина поперечного сечения;
- p — количество прутьев (арматуры);
- $[\sigma_b]$ — допускаемое напряжение для бетона при сжатии;
- $[\sigma]$ — допускаемое напряжение для стали при растяжении;
- M — величина внешнего изгибающего момента, действующего на балку.

Предположим, что поперечные сечения рассматриваемой балки при деформации остаются плоскими и поворачиваются вокруг нейтральных осей (рис. б).

Закон изменения нормальных напряжений (рис. в) принимаем в виде:

$$\sigma = A_0 + A_1 z + A_2 z^3, \quad (1)$$

где A_0, A_1, A_2 — произвольные постоянные, подлежащие определению;

z — поперечная координата.

Из рис. б следует

$$\varepsilon = \frac{z}{z_0} \varepsilon_d; \quad \varepsilon_c = \frac{h_1 - z_0}{z_0} \varepsilon_d; \quad \varepsilon_m = \frac{y}{z_0} \varepsilon_d, \quad (2)$$

где ε — деформация в текущем слое;

- ε_c — деформация стали (арматуры);
- ε_m — деформация в слое, где произошла трещина;
- ε_d — максимальная деформация в бетоне при сжатии.

На основании следующих условий:

$$z = z_0, \quad \sigma = \sigma_d; \quad z = 0, \quad \sigma = 0; \quad z = -y, \quad \sigma = -\sigma_m,$$

с учетом закона (1), находим произвольные постоянные

$$A_0 = 0, \quad A_1 = \frac{\sigma_d y^3 - \sigma_m z_0^3}{z_0 y^3 - y z_0^3}, \quad A_2 = \frac{-\sigma_d y + \sigma_m z_0}{z_0 y^3 - y z_0^3}. \quad (3)$$

Полагая, что в каждом слое железобетонной балки выполняется закон Гука ($\sigma = E\varepsilon$), определяем напряжения:

$$\sigma_d = E_\delta \varepsilon_d, \quad \sigma_c = E_c \varepsilon_c, \quad \sigma_m = E_m \varepsilon_m. \quad (4)$$

На основании (2) и (4) выразим растягивающее напряжение в бетоне через сжимающее напряжение

$$\sigma_m = m \cdot \delta \cdot \sigma_d, \quad m = \frac{E_m}{E_\delta}, \quad \delta = \frac{y}{z_0}, \quad (5)$$

где m — коэффициент неоднородности бетона;

δ — безразмерная длина растянутой зоны бетона.

Подставляя (5) в (3), а затем полученные произвольные в (1), получим нелинейный закон деформирования.

$$\sigma = \left[\alpha \left(\frac{z}{z_0} \right) + \beta \left(\frac{z}{z_0} \right)^3 \right] \cdot \sigma_d, \quad \alpha = -\frac{m - \delta^2}{1 - \delta^2}, \quad \beta = -\frac{m - 1}{1 - \delta^2}. \quad (6)$$

Как частный случай при $m = 1$ (бетон однородный, что невозможно) имеем классическую теорию $\beta = 0$, $\alpha = 1$, $\sigma = \frac{z}{z_0} \sigma_d$ изгибаемых балок.

Параметр безразмерной длины растянутой зоны можно определять по рис. б

$$\frac{\varepsilon_m}{y} = \frac{\varepsilon_d}{z_0}; \quad \frac{y}{z_0} = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_d}; \quad \delta = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_d}. \quad (7)$$

По этой формуле относительную деформацию бетона при растяжении (ε_m) можно задать как некоторую часть относительной деформации бетона при максимальном сжимающем напряжении (ε_d).

Для определения неизвестных (z_0, σ_d) в законе изменения напряжений предварительно вычислим следующие усилия:

$$D = b \int_{-y}^{z_0} \sigma dz = \frac{\sigma_d b z_0}{2} \frac{m + 1}{2} \frac{1 - \delta^2}{2};$$

$$Z_c = p F_a \sigma_c = p F_a \sigma_d n \frac{h_1 - z_0}{z_0}; \quad n = \frac{E_c}{E_\delta}; \quad (8)$$

$$M_\sigma = b \int_{-y}^{z_0} \sigma z dz = \frac{\sigma_d b z_0^2}{15} \frac{1 - \delta^2}{1 - \delta^2} \gamma_1;$$

$$\gamma_1 = 5 m - \delta^2 + 1 + \delta^3 - 3 m - 1 + 1 + \delta^5;$$

$$M_a = p \sigma_c F_a h_1 - z_0 = \sigma_d n \frac{h_1 - z_0}{z_0} p F_a h_1 - z_0,$$

где D — сжимающее усилие в бетоне;

Z_c — растягивающее усилие в арматуре;

M_σ — изгибающий момент, обусловленный напряжением в бетоне относительно точки O ;

M_a — момент от растягивающего усилия в арматуре относительно точки O .

Поперечное сечение балки будет находиться в равновесии при выполнении следующих условий:

1) Сумма сжимающих усилий равна сумме растягивающих усилий

$$D = Z_c : \frac{\sigma_d b z_0}{2} \gamma = p F_a \sigma_d n \frac{h_1 - z_0}{z_0},$$

$$\gamma = \frac{m + 1}{2} \frac{1 - \delta^2}{2}; \quad z_0^2 + \frac{2 p F_a n}{b \gamma} - \frac{2 p F_a n h_1}{b \gamma} = 0.$$

Из этого уравнения определяем параметр, определяющий положения нейтральной оси,

$$z_0 = \frac{p F_a n}{b \gamma} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 b \gamma h_1}{p F_a n}} \right]. \quad (9)$$

2) Сумма моментов внутренних усилий относительно точки равна внешнему изгибающему моменту

$$M_\sigma + M_a = M, \quad \frac{\sigma_d b z_0^2}{15} \frac{1 - \delta^2}{1 - \delta^2} \gamma_1 + D h_1 - z_0 = M.$$

Из этого уравнения с учетом (8) находим формулу для вычисления напряжений в бетоне

$$\sigma_d = \frac{M}{bz_0 \left[\frac{z_0 \gamma_1}{15(1-\delta^2)} + \frac{\gamma}{2} h_1 - z_0 \right]} \quad (10)$$

На основании (10) определяется напряжение в арматуре

$$\sigma_c = \frac{Z_c}{pF_a} = \frac{D}{pF_a} = \frac{\sigma_d b z_0 \gamma}{2pF_a} = \frac{\gamma M}{2pF_a \left[\frac{z_0 \gamma_1}{15(1-\delta^2)} + \frac{\gamma}{2} h_1 - z_0 \right]} \quad (11)$$

После определения напряжений (10) и (11) условия прочности поперечного сечения железобетонной балки запишутся в виде

$$\max \sigma_d \leq \sigma_b; \quad \max \sigma_c \leq \sigma \quad (12)$$

Верхний предел параметра δ , при котором появляется трещина в бетоне, определяется из (5)

$$\delta_0 = \frac{1}{m} \frac{\sigma_m}{\sigma_d} \approx \frac{1}{m} \frac{R_p}{R}, \quad (13)$$

где R — нормативная кубиковая прочность бетона на осевое сжатие;

R_p — нормативная кубиковая прочность бетона на осевое растяжение. При этом длина вертикальной трещины находится по формуле

$$y + l = h - z_0, \quad l = h - 1 + \delta z_0. \quad (14)$$

Таким образом, параметр длины растянутой зоны бетона $y = \delta z_0$ изменяется в пределах

$$0 \leq \delta \leq \delta_0, \quad (15)$$

где при $\delta = 0$ (нижний предел) отсутствует растянутая зона бетона, а при $\delta = \delta_0$ (верхний предел) появляется трещина в растянутой зоне.

По предлагаемой методике расчет производится в следующей последовательности: 1) задаются основные параметры $\delta, m, n, p, F_a, h, h_1, b$; 2) определяется положение нейтральной оси по (9); 3) вычисляется максимальное сжимающее напряжение на основании (10); 4) определяется напряжение в арматуре по формуле (11); 5) проверяются условия прочности на основании (12); 6) находится длина вертикальной трещины по формуле (14).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. Новополюцк: ПГУ, 1998.
2. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.

УДК 666.92

Д.О. БАЙДЖАНОВ
С.М. ШАРИПОВ
Ш. КАСЫМ

Комплексное использование местных отходов промышленности для производства коррозионно-стойких мелкозернистых бетонов

Основной задачей капитального строительства является кардинальное повышение эффективности строительного производства, улучшение качества работ и снижение их стоимости. Решение этих задач в современных условиях возможно за счёт повышения степени заводской готовности, применения эффективных технологий и новых строительных материалов на основе комплексного использования местных отходов промышленности.

Основным направлением в решении поставленных задач является широкое применение в практике строительства достижений научно-исследовательских работ, в том числе работ по модификации мелкозернистых бетонов из отходов производства (камнедробления, золы-уноса, спиртового производства). При этом особое значение приобретают разработки прогрессивных технологий и способов приготовления вышеуказанных мелкозернистых бетонов. Они должны обеспечивать возможность максимального использования свойств вяжущих (полимерных и неорганических), повышения реакционной способности сырьевых материалов и комплексного применения отходов промышленности. Один из возможных путей повышения технологии

приготовления смесей коррозионно-стойких мелкозернистых бетонов (КМБ) является механохимическая активация.

Поэтому решение задач, связанных с разработкой составов КМБ, использующихся при ремонте и реконструкции в химической, энергетической и других отраслях промышленности с повышенными эксплуатационными свойствами, является достаточно актуальным.

В практике строительства коррозионно-стойких конструкций и сооружений в последнее время всё более широкое применение находят материалы на основе наполненных полимеров, что обеспечивает стабильность физикомеханических и других параметров конструкций в различных видах агрессивных повышенных температур.

Анализ результатов ранее проведенных исследований свидетельствует о том, что наполненные полимеры, являясь наиболее эффективным видом омоноличивающего материала, применительно к исследуемым конструкциям не выдерживают одновременного действия кислот, щелочей и повышенных температур более 100 °С, теряют механические свойства.

Коррозионно-стойкий материал как композит, включающий два вида вяжущего полимерного, минерального, а также тонкомолотые кислотостойкие наполнители, будет в целом более устойчивым к различным агрессивным средам, повышенным температурам, чем просто высоконаполненный полимер. Подобные коррозионно-стойкие материалы известны в строительстве под названием полимерцементных. Их исследованию посвящены работы многих зарубежных авторов (И. Охана, Л. Скупина, А. Пайлери), в СНГ — В. Соловьёва, Ю. Черкинского, Ю. Баженова, В. Батракова, К.Н. Попова, Микульского и др..

С целью удешевления строительства на многих предприятиях металлургической, горно-добывающей, энергетической отраслей наиболее распространены полы из штучных материалов (шамотный кирпич, каменная брусчатка). Как показывает практика, полы из шамотного кирпича, шлаковой или каменной брусчатки под влиянием многократных нагревов и ударных нагрузок разрушаются и возникает необходимость замены их уже через 2-4 года. Лучшими эксплуатационными свойствами обладают полы из чугунных плит. Однако их применение приводит к повышению стоимости строительства и к большому расходу материала (не менее 110 мг/м²).

На предприятиях химической промышленности и в химических цехах других отраслей используют покрытия полов из мелкозернистых бетонных и керамических плит, плит каменного литья, из кислотоупорного кирпича.

Агрессивные жидкости (даже периодические проливы), протекая через толщу пола, разрушают бетонный подстилающий слой по грунту, а иногда и железобетонные перекрытия. При проникновении в грунт растворы кислот часто нейтрализуются, но при достаточной длительности процесса выпучивают грунт и разрушают части зданий.

Полы на производствах с агрессивными средами относятся к категории важнейших строительных конструкций. Однако часто им не придают должного внимания и в результате можно встретить конструкции химически стойких полов, которые совершенно не отвечают своему назначению.

В настоящее время в мировой практике строительства больше внимания уделяется разработке и созданию износостойких, химически стойких полов, в том числе и полов полной заводской готовности.

Плиты пола полной заводской готовности имеют ряд достоинств. Применяя такие полы, можно сократить продолжительность строительства: нет необходимости выдержки полов, эксплуатация их может быть начата непосредственно после завершения монтажных работ. Выполнять сборные полы полной заводской готовности можно при любой температуре наружного воздуха без дополнительных затрат, при этом высвобождаются рабочие высокой квалификации для выполнения других работ.

Однако несмотря на эффективность таких решений, производство сборных плит пола в нашей стране весьма ограничено.

В зданиях с агрессивными воздействиями наиболее уязвимой и трудновыполняемой частью полов являются, как правило, швы.

Предметом нашего исследования являются материалы, которые предотвращают вышеназванные проблемы, а именно:

- условия производства полов не только на заводе, но и на строительных площадках при отсутствии автоклава (обычное твердение при T больше 5 °C);
- производство полов не только из мелкозернистых элементов, но и методом сплошного налива;
- швы и сами конструкции пола выполнены из одноимённого коррозионно-стойкого материала.

Для исследования были приняты два вида цемента: портландцемент с нормированным химико-минеральным составом ГОСТ 10178-85; шлакопортландцемент (ШПЦ) с минеральными добавками, М400. По своим химическим характеристикам и физико-техническим свойствам, таким как набор прочности, поздние сроки твердения, химическая стойкость, водонепроницаемость, высокая термостойкость, постоянство объема, ШПЦ превосходит портландцемент.

В целях повышения физико-механической и химической стойкости использованы наполнители:

- кислотостойкий гранит (отходы производства гранитного камня, ТУ26193-83, г. Кокшетау),
- микронаполнители, зола-унос ТУ 25818~83(г. Кокшетау, РК-2)

В качестве полимерного компонента — эпоксидные олигомеры на аминных отвердителях холодного и горячего отверждения.

Была проведена экспериментальная оценка способов получения КР на основе термореактивных олигомеров, которую производили по прочностному критерию, химическим показателям и удобоукладываемости смеси. Эти эксперименты позволили рекомендовать двухстадийную систему приготовления, вместо традиционной:

- на первой стадии производят модифицирование минеральной составляющей;
- на второй стадии полимерная система наполняется цементом (25 %), с оставшейся частью цемента готовится цементное тесто, затем обе системы перемешиваются.

Изучение реологических и технологических свойств коррозионно-стойкого и мелкозернистого бетона показало, что влияние на реологические характеристики смесей оказывают расход воды, а также количество и температура полимера. В частности, полимерная компонента в КМБ увеличивает жизнеспособность смеси более чем в два раза. Наблюдение кинетики твердения в зависимости от П/Ц отношения, в начальный период при помощи неразрушающего импульсного метода показал «низкую» динамику твердения, по сравнению с термовлажностной обработкой.

Исследования влияния вида наполнителя и добавки показали, что наибольший эффект на прочностные свойства при повышенных температурах T-200 °C был получен при расходе:

- наполнителя 30 %,

- добавки 12-15 % от массы цемента.

При этом по сравнению с контрольными образцами прочность повысилась до 20 %. Скорость коррозии цементного камня, раствора в жидких агрессивных средах проводили на образцах-цилиндрах диаметром 5 и высотой 5 см. Образцы цементного камня изготавливаются из цементного камня нормальной плотности.

Таким образом, технология высококачественного коррозионно-стойкого мелкозернистого бетона должна включать не только химическую активацию, но и механическую (высокоэффективные методы получения коррозионно-стойких материалов). Данные виды материалов внедрены на ряде предприятий Казахстана: Васильковский ГОК (г. Кокшетау), Балхашский ГМК, ТОО «Стройтех».

УДК 624.074.43:539.3

С.К. ЕЛЬМУРАТОВ

Нелинейная динамика ортотропных оболочек

Исследования пластин и оболочек на собственные и вынужденные колебания выполняются при проектировании сооружений, подвергающихся действию переменных динамических нагрузок. В справочной литературе по динамике пластин и оболочек приводится мало результатов расчета, доведенных до числа. В настоящей работе приводится численное исследование тонкой ортотропной оболочки при действии различных динамических нагрузок.

Уравнение вынужденных колебаний оболочки в векторной форме получено в работах [1, 2]

$$\frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^1}{\partial x^1} + \frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^2}{\partial x^2} - \frac{\gamma}{g} \frac{h}{\theta^2} \bar{W} = \bar{q} t. \quad (1)$$

Для гармонических колебаний внешнюю нагрузку зададим в форме

$$\bar{q} t = \bar{R} \sin \theta t - \frac{P}{g} \frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial t^2}. \quad (2)$$

С учетом (2) окончательно получим

$$\frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^1}{\partial x^1} + \frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^2}{\partial x^2} - \frac{\gamma}{g} \frac{h}{\theta^2} \bar{W} - \frac{P}{g} \theta^2 \bar{W} = \bar{R}, \quad (3)$$

где P/g — интенсивность распределенной массы;

γ — удельный вес материала оболочки;

R — амплитудное значение возмущающей силы.

Векторы усилий являются составляющими для заданной срединной поверхности контравариантного тензора с векторными компонентами

$$\begin{aligned} \bar{N}^1 &= N^{11} \bar{e}_1 + N^{12} \bar{e}_2 + Q^1 \bar{e}_3, \\ \bar{N}^2 &= N^{21} \bar{e}_1 + N^{22} \bar{e}_2 + Q^2 \bar{e}_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Для ортотропной оболочки выражения для усилий примут вид

$$\begin{aligned} N^{11} &= \frac{E_1 h}{1 - \nu_1 \nu_2} \left[\nu a^{11} a^{\beta\beta} \varepsilon_{\beta\beta} + 1 - \nu a^{1\beta} a^{\beta 1} \varepsilon_{\beta\beta} \right] = \\ &= \frac{E_1 h}{1 - \nu_1 \nu_2} \left[\nu a^{11} a^{11} \varepsilon_{11} + \nu a^{11} a^{22} \varepsilon_{22} + a^{11} a^{11} \varepsilon_{11} - \right. \\ &\left. - \nu a^{11} a^{11} \varepsilon_{11} \right] = \frac{E_1 h}{1 - \nu^2} \left[\nu a^{11} a^{22} \varepsilon_{22} + a^{11} a^{11} \varepsilon_{11} \right], \\ N^{22} &= \frac{E_2 h}{1 - \nu_1 \nu_2} \left[a^{22} a^{22} \varepsilon_{22} + \nu a^{11} a^{22} \varepsilon_{11} \right], \end{aligned} \quad (5)$$

$$N^{12} = N^{21} = Gh \left[a^{22} a^{22} \varepsilon_{22} \right],$$

где $\beta = 1, 2$. Выражение главного момента внутренних усилий и моментов, действующих на элемент оболочки (рис. 1), имеет вид

$$\frac{\partial \sqrt{a} \bar{M}^\beta}{\partial x^\beta} + \left[\bar{e}_\beta, \bar{N}^\beta \right] \sqrt{a} = 0, \quad (6)$$

здесь $[\cdot]$ во втором слагаемом — знак векторного произведения векторов. В выражении (6) вектор внутренних моментов определяется по формуле

$$\bar{M}^\beta = \bar{n}_{\alpha\gamma} M^{\beta\alpha} \bar{e}^\gamma, \quad (7)$$

где c — дискриментарный тензор поверхности

$$\bar{n}_{11} = \bar{n}_{22} = 0; \quad \bar{n}_{12} = \sqrt{a}; \quad \bar{n}_{21} = -\sqrt{a}.$$

Векторы внутренних моментов выразим через их ковариантные компоненты

$$\begin{aligned} \bar{M}^1 &= \sqrt{a} M^{11} \bar{e}^2 - M^{12} \bar{e}^1, \\ \bar{M}^2 &= \sqrt{a} M^{21} \bar{e}^2 - M^{22} \bar{e}^2. \end{aligned} \quad (8)$$

Контравариантные компоненты тензоров изгибающих и крутящих моментов выразим через ковариантные компоненты изгибных деформаций $\mu_{\alpha\beta}$:

$$\begin{aligned} M^{11} &= D_1 a^{11} a^{11} \mu_{11} + \nu a^{11} a^{22} \mu_{22}, \\ M^{22} &= D_2 a^{22} a^{22} \mu_{22} + \nu a^{11} a^{22} \mu_{11}, \\ M^{12} = M^{21} &= D_K 1 - \nu a^{11} a^{22} \mu_{12}. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь выражения для цилиндрических жесткостей ортотропной оболочки определяются из выражений

$$D_1 = \frac{E_1 h^3}{12 (1 - \nu_1 \nu_2)}; \quad D_2 = \frac{E_2 h^3}{12 (1 - \nu_1 \nu_2)}; \quad D_K = \frac{G h^3}{12}. \quad (10)$$

Для дискретизации полученных выражений воспользуемся методом криволинейных сеток [1, 2, 3]. Запишем уравнение (3) в разностной форме для узла с координатами (i, j) .

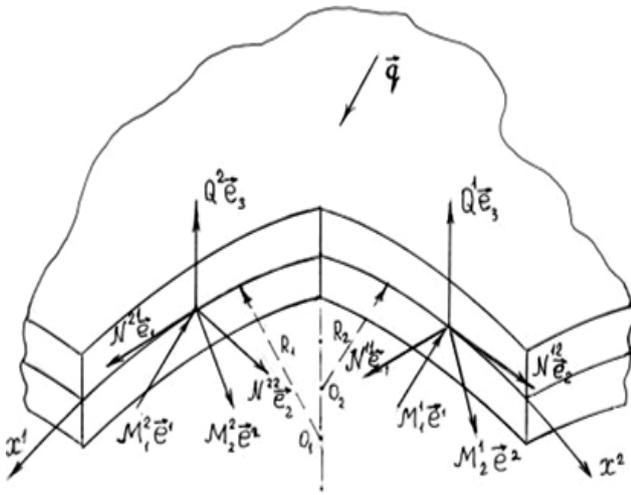


Рис. 1. Главные векторы усилий и моментов на срединной поверхности оболочки

$$\begin{aligned}
 & \left[\sqrt{a} N^1 \bar{e}_1 + N^2 \bar{e}_2 + Q^1 \bar{e}_3 \right]_{i+0,5; j} - \\
 & - \left[\sqrt{a} N^1 \bar{e}_1 + N^2 \bar{e}_2 + Q^1 \bar{e}_3 \right]_{i-0,5; j} + \\
 & + \left[\sqrt{a} N^2 \bar{e}_1 + N^2 \bar{e}_2 + Q^2 \bar{e}_3 \right]_{i; j+0,5} - \\
 & - \left[\sqrt{a} N^2 \bar{e}_1 + N^2 \bar{e}_2 + Q^2 \bar{e}_3 \right]_{i; j-0,5} + \\
 & + \left[\sqrt{a} \left(q^1 \bar{e}_1 + q^2 \bar{e}_2 + q^3 \bar{e}_3 - \frac{\gamma}{g} h \theta^2 W \bar{e}_3 - \frac{P}{g} \theta^2 W \bar{e}_3 \right) \right]_{i; j} = \bar{R}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Спроектируем полученные уравнения на векторы взаимного локального базиса и с учетом усреднения геометрических характеристик получим систему трех скалярных уравнений:

$$\begin{aligned}
 & \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i+0,5; j-0,5}}}{2} N^{11} a_1^{1i,j} + N^{12} a_2^{1i,j} + Q^1 a_3^{1i,j} - \\
 & - \frac{\sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j-0,5}}}{2} N^{11} a_1^{1i,j} + N^{12} a_2^{1i,j} + Q^1 a_3^{1i,j} + \\
 & + \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}}}{2} N^{21} a_1^{1i,j} + N^{22} a_2^{1i,j} + Q^2 a_3^{1i,j} - \\
 & - \frac{(\sqrt{a_{i+0,5; j-0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}})}{2} (N^{21} a_1^{1i,j} + N^{22} a_2^{1i,j} + Q^2 a_3^{1i,j}) + \\
 & + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{1i,j} + q^2 a_2^{1i,j} + q^3 a_3^{1i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{1i,j} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{1i,j} \right) \right]_{i+0,5; j+0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{1i,j} + q^2 a_2^{1i,j} + q^3 a_3^{1i,j} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{1i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{1i,j} \right) \right]_{i+0,5; j-0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{1i,j} + q^2 a_2^{1i,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + q^3 a_3^{1i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{1i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{1i,j} \right) \right]_{i-0,5; j+0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{1i,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + q^2 a_2^{1i,j} + q^3 a_3^{1i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{1i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{1i,j} \right) \right]_{i-0,5; j-0,5} = R;
 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i+0,5; j-0,5}}}{2} N^{11} a_1^{2i,j} + N^{12} a_2^{2i,j} + Q^1 a_3^{2i,j} - \\
 & - \frac{\sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j-0,5}}}{2} N^{11} a_1^{2i,j} + N^{12} a_2^{2i,j} + Q^1 a_3^{2i,j} + \\
 & + \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}}}{2} N^{21} a_1^{2i,j} + N^{22} a_2^{2i,j} + Q^2 a_3^{2i,j} - \\
 & - \frac{(\sqrt{a_{i+0,5; j-0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}})}{2} (N^{21} a_1^{2i,j} + N^{22} a_2^{2i,j} + Q^2 a_3^{2i,j}) + \\
 & + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{2i,j} + q^2 a_2^{2i,j} + q^3 a_3^{2i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{2i,j} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{2i,j} \right) \right]_{i+0,5; j+0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{2i,j} + q^2 a_2^{2i,j} + q^3 a_3^{2i,j} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{2i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{2i,j} \right) \right]_{i+0,5; j-0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{2i,j} + q^2 a_2^{2i,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + q^3 a_3^{2i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{2i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{2i,j} \right) \right]_{i-0,5; j+0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{2i,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + q^2 a_2^{2i,j} + q^3 a_3^{2i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_3^{2i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_3^{2i,j} \right) \right]_{i-0,5; j-0,5} = R; \\
 & + \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}}}{2} N^{21} a_1^{3i,j} + N^{22} a_2^{3i,j} + \\
 & + Q^2 a_3^{3i,j} - \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j-0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}}}{2} N^{21} a_1^{3i,j} + \\
 & + N^{22} a_2^{3i,j} + Q^2 a_3^{3i,j} + \frac{\sqrt{a_{i+0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i+0,5; j-0,5}}}{2} \times \\
 & \times N^{11} a_1^{3i,j} + N^{12} a_2^{3i,j} + Q^1 a_3^{3i,j} - \\
 & - \frac{(\sqrt{a_{i-0,5; j+0,5}} + \sqrt{a_{i-0,5; j-0,5}})}{2} (N^{11} a_1^{3i,j} + N^{12} a_2^{3i,j} + \\
 & + Q^1 a_3^{3i,j}) + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{3i,j} + q^2 a_2^{3i,j} + q^3 a_3^{3i,j} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_2^{3i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_2^{3i,j} \right) \right]_{i+0,5; j+0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{3i,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + q^2 a_2^{3i,j} + q^3 a_3^{3i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_2^{3i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_2^{3i,j} \right) \right]_{i+0,5; j-0,5} + \\
 & + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{3i,j} + q^2 a_2^{3i,j} + q^3 a_3^{3i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_2^{3i,j} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{P}{g} \theta^2 W a_2^{3i,j} \right) \right]_{i-0,5; j+0,5} + \frac{1}{4} \left[\sqrt{a} \left(q^1 a_1^{3i,j} + q^2 a_2^{3i,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + q^3 a_3^{3i,j} - \frac{\gamma h \theta^2}{g} W a_2^{3i,j} - \frac{P}{g} \theta^2 W a_2^{3i,j} \right) \right]_{i-0,5; j-0,5} = R.
 \end{aligned} \tag{14}$$

Подставляя (8) в (6) и умножая результат на векторы основного локального базиса e_1 и e_2 соответственно, получим выражения для перерезывающих сил Q^1 и Q^2 .

$$Q_{i+0,5;j}^1 = \left[aM^{11} a_{i+1;j}^{2i+1;j} - aM^{11} a_{i,j}^{2i;j} + aM^{12} a_{i,j}^{1i;j} - aM^{12} a_{i+1;j}^{1i+1;j} + aM^{21} a_{i+0,5;j+0,5}^{2i+0,5;j+0,5} - aM^{21} a_{i+0,5;j-0,5}^{2i+0,5;j-0,5} + aM^{22} a_{i+0,5;j-0,5}^{1i+0,5;j-0,5} - (aM^{22})_{i+0,5;j+0,5} a_{i+0,5;j+0,5}^{1i+0,5;j+0,5} \right] / a_{i+0,5;j}; \quad (15)$$

$$Q_{i;j+0,5}^2 = \left[aM^{11} a_{i-0,5;j+0,5}^{2i-0,5;j+0,5} - aM^{11} a_{i+0,5;j+0,5}^{2i+0,5;j+0,5} + aM^{12} a_{i+0,5;j+0,5}^{1i+0,5;j+0,5} - aM^{12} a_{i-0,5;j+0,5}^{1i-0,5;j+0,5} + aM^{21} a_{i,j}^{2i;j} a_{i;j+0,5}^{1i;j+0,5} - aM^{21} a_{i;j+1}^{2i;j+1} + (aM^{22})_{i;j+1} a_{i;j+1}^{1i;j+1} - (aM^{22})_{i;j+0,5} a_{i;j+0,5}^{1i;j+0,5} \right] / a_{i;j+0,5}. \quad (16)$$

Полученные уравнения метода криволинейных сеток совместно с граничными условиями [1] дают замкнутую систему уравнений, которая позволяет исследовать тонкие ортотропные оболочки и пластины при продольно-поперечном нагружении.

Для расчета оболочек и пластин разработан комплекс программ на языке Turbo Pascal, на основе которого были исследованы устойчивость и колебания оболочек и пластин. Исследования сходимости по устойчивости и колебаниям показали хорошее совпадение результатов, полученных предлагаемым методом в сравнении с другими решениями.

Рассмотрим ортотропную оболочку двоякой кривизны. Распределенная нагрузка действует по всей поверхности оболочки, а сосредоточенные силы и масса могут быть приложены в произвольной точке. Место и величина сосредоточенной нагрузки задаются в исходных данных параметрами узла (i, j) . Рассмотрим оболочку при следующих исходных данных:

$$E_1 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кН/см}^2; E_2 = 3,2 \cdot 10^3 \text{ кН/см}^2; G = 0,7 \cdot 10^3 \text{ кН/см}^2; \nu_1 = 0,11; \nu_2 = 0,22; \mu = 1,6; k_1 = 24; k = 12; \theta = 400 \text{ 1/с}.$$

Как показали исследования по собственным и вынужденным колебаниям оболочек [1÷4], метод криволинейных сеток дает хорошие результаты уже при числе делений сторон оболочки $m = 10$. Именно при этом значении m будем рассчитывать исследуемую оболочку. Начнем с нагружения сосредоточенной

динамической нагрузкой узла с координатами $i = 3; j = 5$ при одновременном действии собственного веса оболочки постоянной толщины как равномерно распределенной нагрузки. Рассмотрим сечение, проходящее через центр оболочки, параллельно координатной оси x^1 . Ордината сечения $j = 5$, а абсцисса i принимает значения от нуля до десяти. На рис. 2,а приведены эпюры прогибов W , изгибающих моментов M и изгибных напряжений σ для заданного сечения.

В точке приложения сосредоточенной нагрузки наблюдается резкое увеличение всех параметров напряженно-деформированного состояния (НДС).

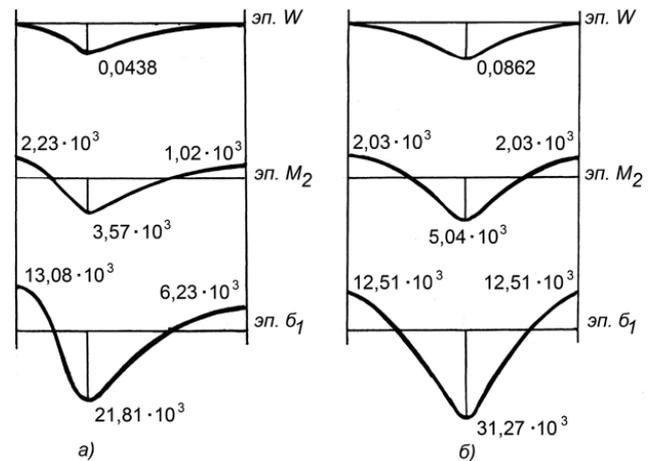


Рис. 2. Эпюры прогибов W , изгибающих моментов M и изгибных напряжений σ

Будем теперь прикладывать сосредоточенную нагрузку в центре оболочки с координатами $i = 5; j = 5$. На рис. 2,б приведены эпюры W, M и σ для этого случая. Вновь в точке приложения сосредоточенной динамической нагрузки параметры НДС резко увеличиваются. Однако во втором случае их амплитудные величины значительно больше, чем при первой схеме нагружения. Это говорит о том, что сосредоточенная нагрузка, приложенная в центре оболочки, оказывает большее влияние на параметры НДС. Значения изгибающих моментов и изгибных напряжений приведены в безразмерных параметрах [4].

В целом, метод криволинейных сеток хорошо поддается автоматизации, что позволяет исследовать поведение тонких оболочек при действии различных динамических нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ельмуратов С.К., Жадрасинов Н.Т. Построение разрешающих уравнений тонкой оболочки в векторной форме // Вестник ПГУ. Павлодар, 2005 Вып. 2.
2. Ельмуратов С.К. Исследование устойчивости и колебаний тонких оболочек и пластин методом криволинейных сеток // Поиск. Сер. естественных и технических наук. Алматы, 2005. №4.
3. Жадрасинов Н.Т. Нелинейная деформация составных оболочек. Алматы: Гылым, 1998.
4. Ельмуратов С.К. Исследование сходимости метода криволинейных сеток в задачах теории оболочек и пластин // Поиск. Сер. естественных и технических наук. Алматы, 2006. №1.

УДК 621.791.357

Г.Г. ПИВЕНЬ
Г.А. БАЙЖАБАГИНОВА

Повышение износостойкости и долговечности деталей горно-обогатительных машин

Для обеспечения стабильной работы корпорации «Казахмыс» проводится постоянное расширение и пополнение сырьевой базы. С 1995 года добыча руды возросла в 3 раза и составила более 43,7 миллионов тонн в год. Втрое возросло производство меди и составило более 410 тысяч тонн в год.

В горно-добывающей промышленности повышается уровень технической оснащённости, применяются более развитые технологические схемы, требующие большого количества машин и аппаратов в технологической линии.

При обработке сырья используется оборудование из высокопрочных и жаропрочных материалов и сплавов.

Эксплуатация горно-обогатительных машин ставит вопросы повышения стабильности и надёжности работы оборудования.

На перерабатывающих предприятиях корпорации «Казахмыс» существуют проблемы, связанные с низкой обрабатываемостью деталей машин горно-обогатительного оборудования и их низкой эксплуатационной стойкостью.

Степень надёжности и долговечности деталей машин и механизмов во многом зависит от способности составляющих их деталей противостоять вредному воздействию износа, коррозионно-активных сред, циклических контактных нагрузок.

Серьёзной проблемой является износ рабочих колёс и корпусов насосов дробильного оборудования, изготовленных из высокопрочных материалов ИЧХ28Н2 и чаши конусной дробилки из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л.

Износ деталей грунтового насоса относится к гидроабразивному, тогда как в работе брони чаши в сопряжении с подвижным конусом конусных дробилок присутствует ещё и усталостное изнашивание. На чаше конусной дробилки, изготовленной из марганцовистой стали 110Г13Л, от многократного деформирования микрообъёмов материала на поверхности трения происходит возникновение трещин и отделение частиц материала с поверхностного слоя.

Исследование износостойкости и долговечности горно-обогатительного оборудования было проведено

на примере грунтовых насосов 8Гр (рис. 1), дробилок среднего и мелкого дробления, используемых на обогатительных фабриках корпорации «Казахмыс». Грунтовые насосы 8Гр предназначены для перекачивания гидромассы с твердыми включениями и работают в тяжелых условиях. По данным исследований эксплуатации оборудования Жезказганской фабрики, на надежность работы узла насосов влияют причины отказов (таблица).

Наибольшее количество отказов грунтовых насосов 8Гр связано с износом рабочего колеса и улиты, песковых насосов 8НП — неисправности зумпфа и трубопроводов, прокладок (таблица).

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЧИН НА ИНТЕНСИВНОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОТКАЗОВ ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ 8Гр, 8НП

Причины отказов	Интенсивность отказов, %		Продолжительность отказов, %	
	Насос 8Гр	Насос 8НП	Насос 8Гр	Насос 8НП
Неисправности вследствие износа рабочего колеса и улиты насоса	66,5	22,5	64,0	26,6
Мелкие неисправности насоса (ремонт сальников, подтяжка болтов)	15,3	5,0	0,5	1,3
Неисправности зумпфа и трубопроводов, прокладок	—	67,5	—	71,0

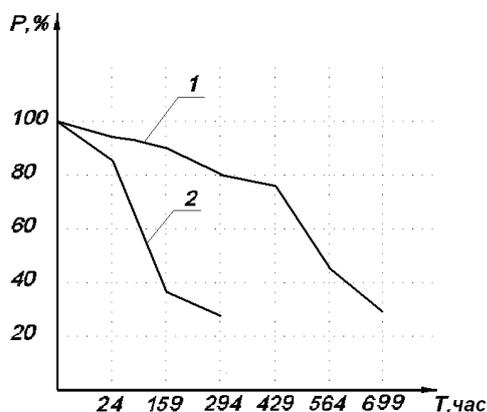


Рис. 1. Распределение времени безотказной работы узла насосов 8Гр: 1 — теоретическое распределение времени; 2 — практическое распределение времени

Для определения эксплуатационных свойств насосов проведен сравнительный анализ показателей времени безотказной работы грунтовых насосов 8Гр по плану и полученных в ходе эксперимента данных.

С учетом причин отказов наработка на отказ узла насосов 8Гр составляет: 681,5-1076,5 ч., вместо 850-1450 ч.; износ рабочего колеса, улиты — 1020-1860 ч.; износ от мелких неисправностей — 4500-6820 ч.; износ от неисправностей привода и устройств подвода электропитания — 3750-4090 ч.

Наработка на отказ узла песковых насосов 8НП колеблется в пределах 600-1000 ч вместо 1300-2000 ч.; износ рабочего колеса, улиты — 2320-3360 ч.; износ от мелких неисправностей — 2100-10440 ч.; износ от

неисправностей привода и устройств подвода электропитания — 3360-10440 ч.

Использование статистических данных по эксплуатации чаш конусов на предприятиях «Казахмыс» выявило несоответствие сроков служб между необходимым значением и полученным в ходе исследований. На Жезказганской фабрике всего дробильного оборудования типа КСД, КМД — 12 машин. Из них 8 дробилок мелкого дробления и 4 — среднего дробления.

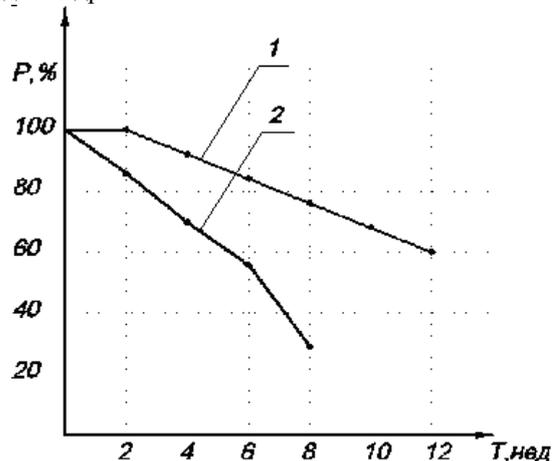


Рис. 2. Распределение времени безотказной работы конусных дробилок: 1 — теоретическое распределение времени; 2 — практическое распределение времени

Для надежной работы дробилок износ допускается до 30 %. По рис. 2 видно, что практическая эксплуатация конусных дробилок меньше, чем показатель необходимой работы.

В зависимости от качества отливки и способа получения и изготовления деталей дробильного оборудования эксплуатационные свойства чаш конусов очень низкие. Нароботка на отказ броневых чаш составляет в среднем два месяца. Замена изношенных деталей должна осуществляться один раз в квартал.

Уровень надежности работы узла грунтовых насосов и конусных дробилок с наработкой на отказ нельзя считать удовлетворительным.

Для обеспечения надежности работы деталей горно-обогатительного производства необходимо применить методы повышения износостойкости поверхностного слоя, работающих в агрессивных, гидроабразивных средах.

Износостойкость и долговечность деталей узлов насосов из износостойкого чугуна ИЧХ28Н2, чаш конусов из высокомарганцевистой стали 110Г13Л горно-обогатительных машин зависят от технологической наследственности, связанной с обработкой. Обычная механическая обработка не позволяет обеспечить ни износостойкость, ни долговечность деталей машин в период работы.

Повышение сопротивления изнашиванию можно достичь с помощью применения новых технологий изготовления оборудования, применением электрофизических методов обработки, электроконтактным методом обработки.

Достоинством электроконтактного метода является его простота при высокой скорости съема металла и малом удельном расходе электроэнергии.

Применение электроконтактной обработки получения деталей узлов грунтовых, песковых насосов и чаш конусов дробилки исследовалось по статистическим данным эксплуатационных свойств деталей горно-обогачительного оборудования.

Качество поверхности после электроконтактной обработки обеспечивает износостойкость высокопрочных и жаропрочных материалов.

Исследования показывают, что, используя рациональные режимы электроконтактной обработки, можно добиться значительного повышения эксплуатационных свойств деталей. Это подтвердилось при сравнительном анализе использования потребного количества деталей горно-обогачительных машин с механической и электроконтактной обработкой.

С введением в производство установки электроконтактной обработки в конце 2000 г. производительность возросла в 3-4 раза. Повышение эксплуатационных свойств узлов насосов, чаш конусов дробильного оборудования можно наблюдать по графикам (рис. 3, 4), полученным в ходе исследований и наблюдений, а также статистическим данным по диспетчерским и агрегатным журналам.

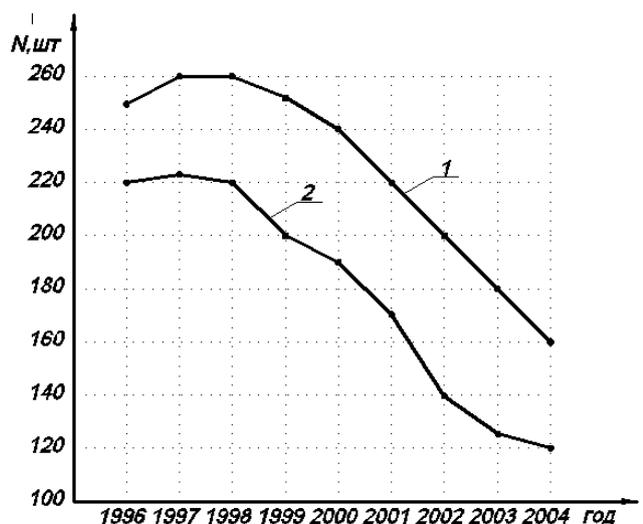


Рис. 3. Потребное количество насосов 8Гр, 8НП: 1 — песковые насосы 8НП; 2 — грунтовые насосы 8Гр

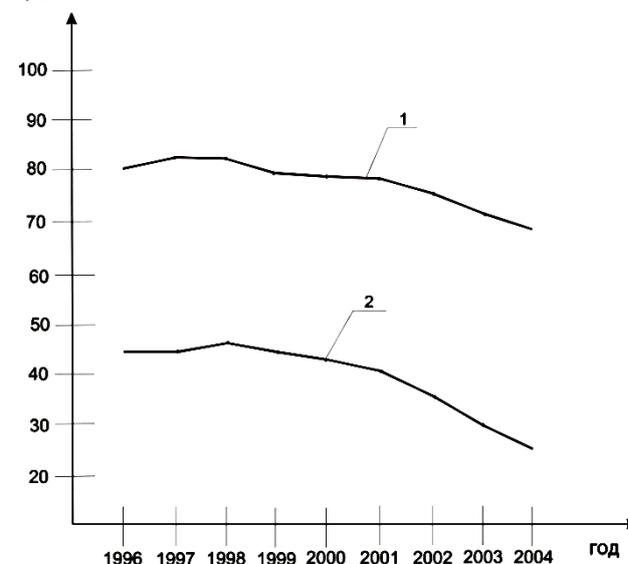


Рис. 4. Потребное количество дробилок КМД и КСД: 1 — при использовании дробилок КМД; 2 — при использовании дробилок КСД

По рис. 3, 4 видно, что потребное количество деталей уменьшается после применения электроконтактной обработки за счет повышения эксплуатационных свойств.

Применение электроконтактной обработки дало возможность улучшить технологический процесс получения изделий из высокопрочных и жаропрочных металлов, увеличить производительность, повысить износостойкость и долговечность деталей горно-обогачительного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушомирская Л.А., Боченин В.И. Упрочнение поверхностного слоя изделий из стали 110Г13Л после электроконтактной обработки // Электрофизические и электрохимические методы обработки. 1978. №11.
2. Зайцев В.А. и др. Получистовая электроконтактная обработка брони корпусов из стали 110Г13Л // Там же. 1975. №10.
3. Байжабагинова Г.А. Влияние электроконтактной обработки на износостойкость и долговечность бронедисков насоса 28Гр. // Междунар. научно-практическая конф. «Валихановские чтения — 7». Кокшетау: Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, 2002. С. 101-104.

УДК 622.67:621.547

Ю.А. НИКОЛАЕВ
Б.А. ЖАУТИКОВ
А.В. ТАРАНОВ
А.Д. МЕХТИЕВ

**Экспериментальное исследование
неравномерности загрузки скипа шахтной
пневмоподъемной установки**

Основной нагрузкой при определении конструктивных параметров подъемного сосуда являются локальные внешние силы, создаваемые реакциями роликов направляющих устройств.

Реакции роликов зависят от того, на каком расстоянии от оси сосуда находится центр его масс. Поэтому при проектировании подъемного сосуда необходимо обеспечить такие условия, чтобы его центр масс находился как можно ближе к оси симметрии. Но в действительности такое условие обеспечить очень сложно из-за неравномерности загрузки груза и других факторов, носящих случайный характер. Кроме этого, необходимо учитывать динамические процессы при изменении скорости движения сосуда и условия его входа в ролики направляющих устройств.

Проведем экспериментальные исследования смещения центра масс скипового сосуда шахтной пневмоподъемной установки.

Чтобы оценить смещение центра масс груженого сосуда, используем систему автоматизированного проектирования КОМПАС 3D V7. Система КОМПАС 3D V7 решает задачи моделирования изделий с целью существенного сокращения периода проектирования и скорейшего их запуска в производство. Эти цели достигаются благодаря следующим возможностям:

- быстрое получение конструкторской и технологической документации, необходимой для выпуска изделий (сборочных чертежей, спецификаций, детализовок и т.д.);
- передача геометрии изделий в расчетные пакеты;
- передача геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- создание дополнительных изображений изделий.

Основные компоненты КОМПАС 3D — собственно система трехмерного твердотельного моделирования, чертежно-графический редактор и модуль проектирования спецификаций.

Система трехмерного твердотельного моделирования предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели

типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Чертежно-графический редактор (КОМПАС-ГРАФИК) предназначен для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Он может успешно использоваться в машиностроении, архитектуре, строительстве, составлении планов и схем — везде, где необходимо разрабатывать и выпускать чертежную и текстовую документацию.

Совместно с любым компонентом КОМПАС 3D может использоваться модуль проектирования спецификаций, позволяющий выпускать разнообразные спецификации, ведомости и прочие табличные документы. Документ-спецификация может быть ассоциативно связан со сборочным чертежом и трехмерной моделью сборки.

В КОМПАС 3D V7 возможно измерение различных геометрических характеристик, а также расчет массо-инерционных характеристик модели (объема, массы, координаты центра масс, осевых и центробежных моментов инерции, направления главных осей инерции).

На рис. 1 показана трехмерная модель скипового сосуда, груженого углем с неравномерной загрузкой (угол естественного откоса $\alpha = 40^\circ$).

В расчетах учитываются значения механической плотности материалов деталей. В качестве материала сосуда используем Сталь 10 ГОСТ 1050-88 из библиотеки материалов КОМПАС 3D V7 с плотностью $\rho = 7,82 \text{ т/м}^3$. В качестве материала груза используем каменный уголь с плотностью $\rho = 1 \text{ т/м}^3$.

На рис. 2, 3 приведены результаты расчета массовых характеристик сосуда. Компьютерная программа позволяет производить эти расчеты в автоматическом режиме. Предварительно задаются геометрические размеры скипа, механическая плотность материала скипа, насыпного груза, угол естественного откоса груза. Угол конусности днища скипа принят равным углу естественного откоса насыпного груза (уголь, руда, порода).

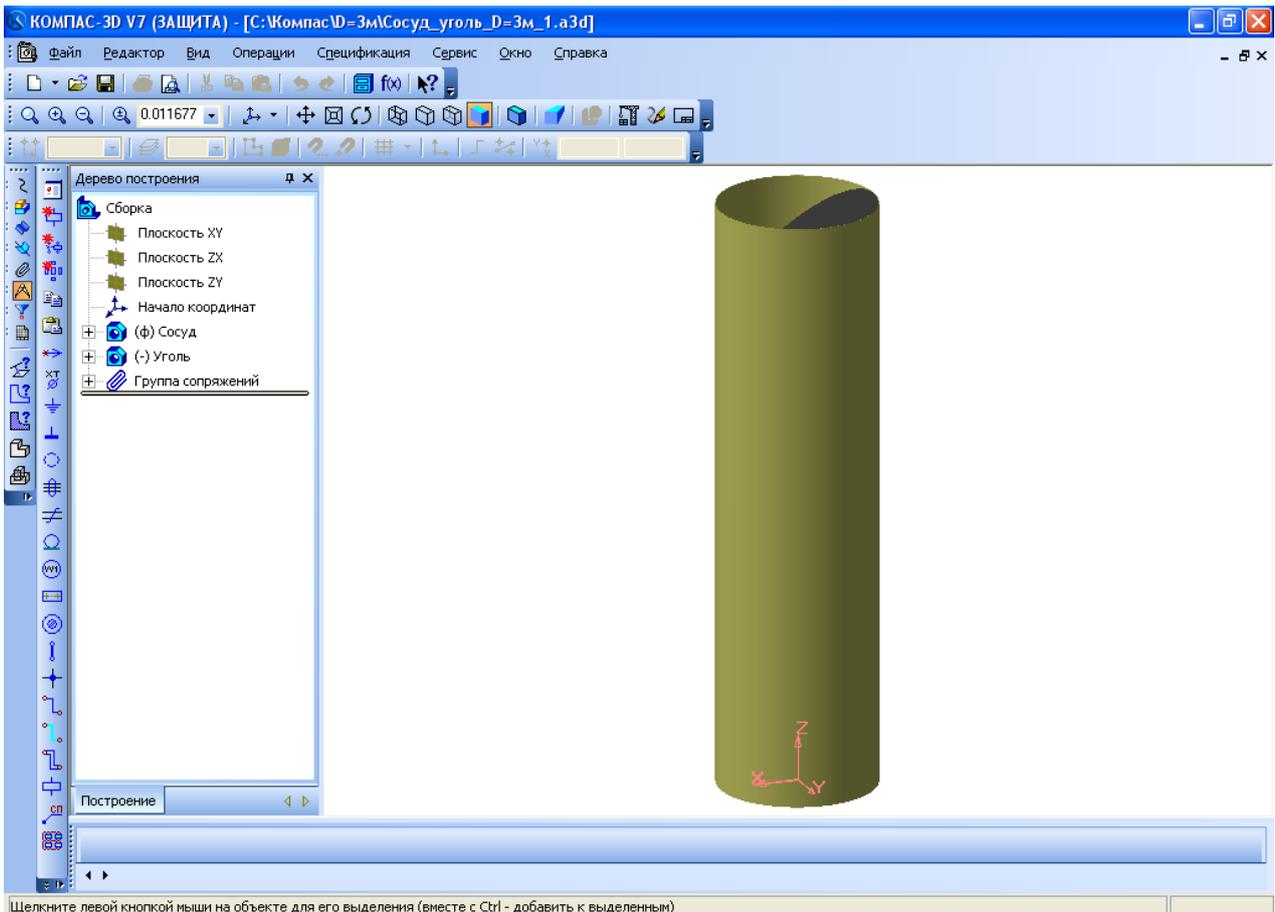


Рис. 1. Трехмерная модель-сборка скипа шахтной пневмоподъемной установки, груженого углем

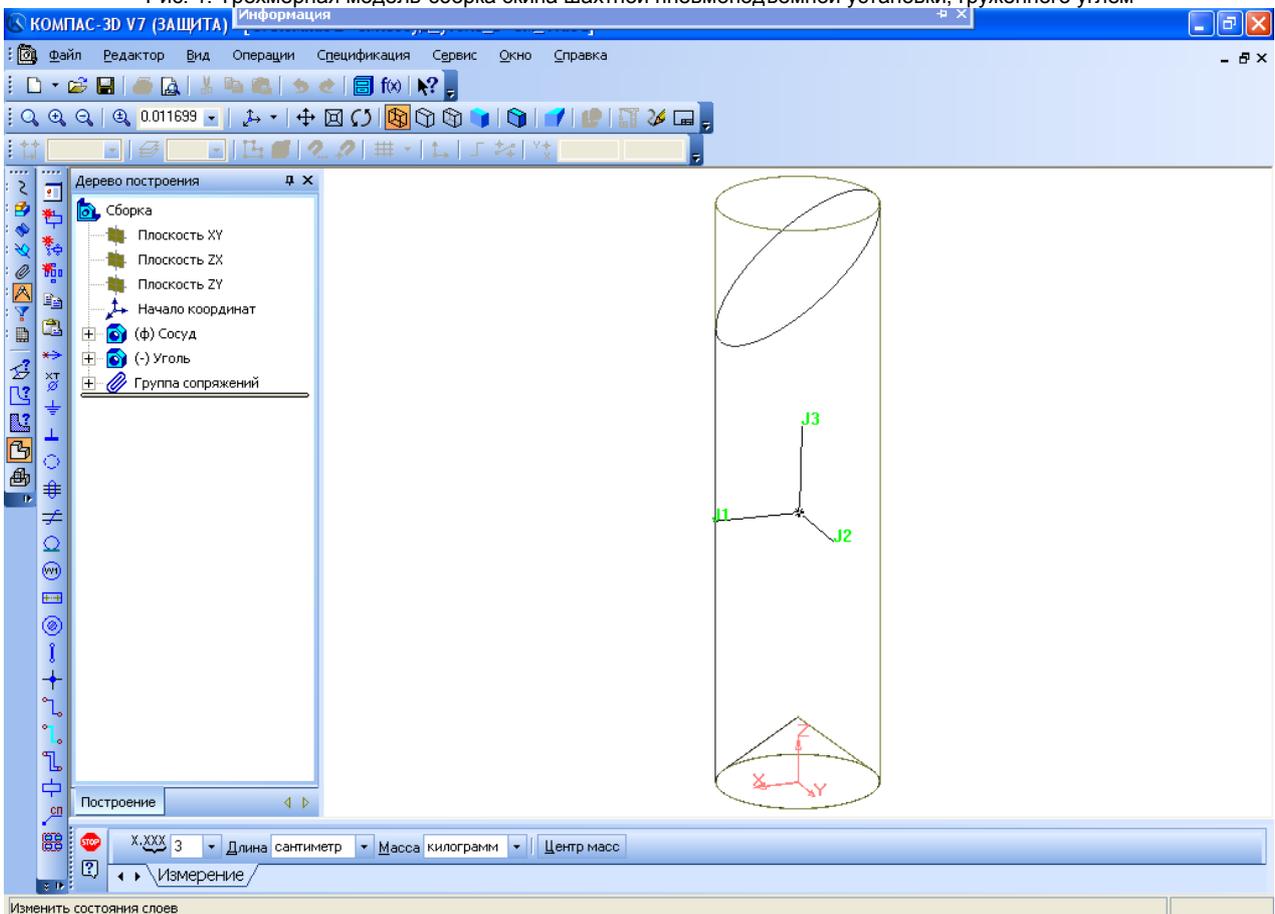


Рис. 2. Модель-сборка скипа шахтной пневмоподъемной установки, груженого углем, с учетом конусности дна

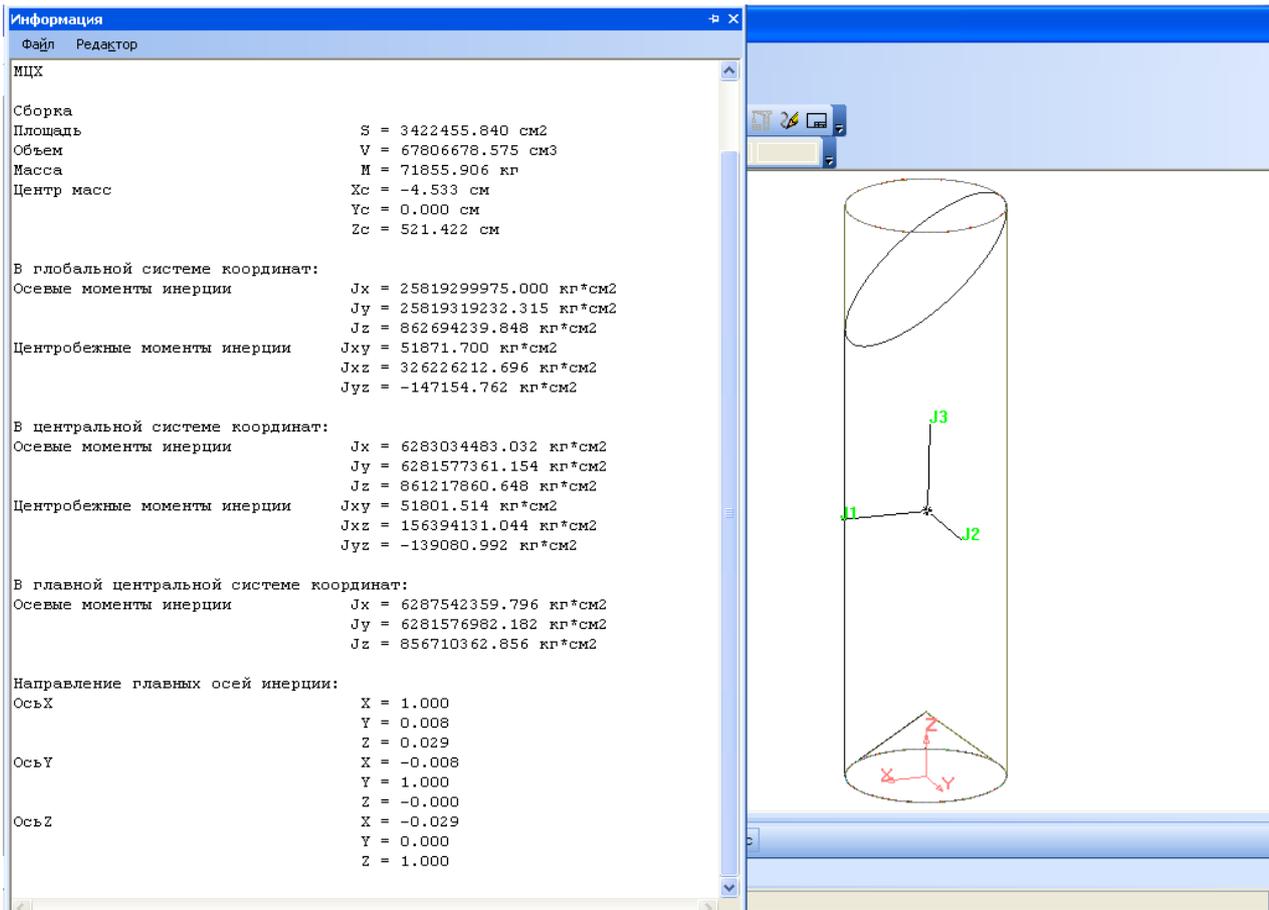


Рис. 3. Массоцентровочные характеристики скипа шахтной пневмоподъемной установки

Геометрические характеристики сечения скипового сосуда шахтной пневмоподъемной установки диаметром 3 м показаны на рис. 4. Аналогично могут быть произведены расчеты для других численных значений диаметра, высоты, угла конусности дна скипа шахтной пневмоподъемной установки.

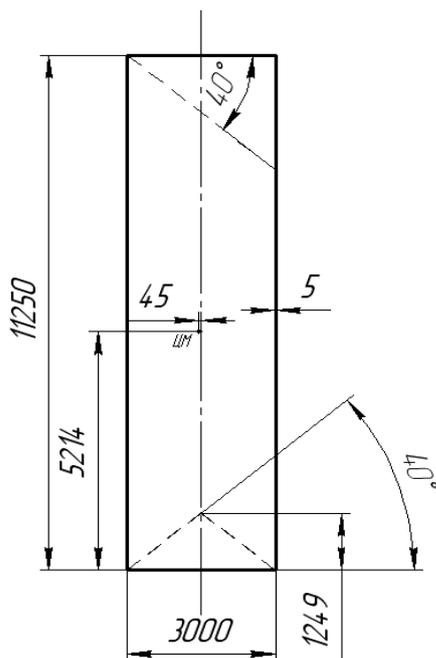


Рис. 4. Сечение скипа диаметром 3 м

Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований величины смещения центра масс груженого скипа (табл. 1, 2) показано на графиках зависимости величины смещения центра масс скипа с учетом неравномерности загрузки от величины диаметра скипа (рис. 5).

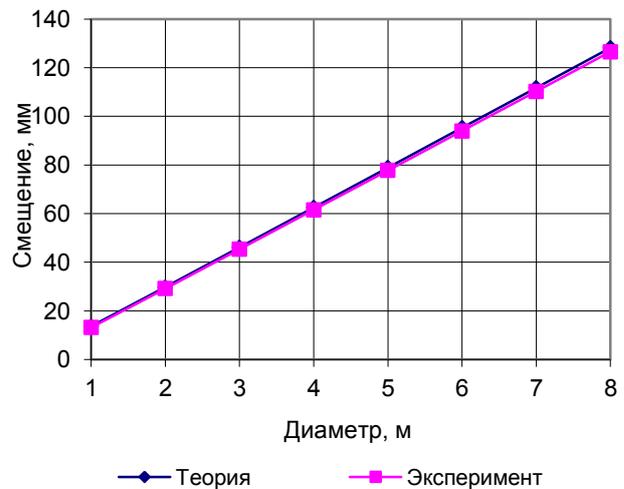


Рис. 5. Смещение центра масс скипа с учетом неравномерности загрузки

Анализ результатов решения (рис. 5) показал, что максимальное значение смещения центра масс сосуда

с учетом неравномерности загрузки в теоретическом расчете и экспериментальных исследованиях практически одинаковы (погрешность составляет

1,3%). Эти результаты подтверждают достоверность проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Таблица 1

РАСЧЕТ ШАХТНОГО ПОДЪЕМНОГО СОСУДА, ГРУЖЕННОГО УГЛЕМ

Диаметр сосуда	D_{cs} , м	1	2	3	4	5	6	7	8
Гидравлический радиус	R_{cs} , м	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
Высота шахтного скипа	$h_{шм}$, м	3,75	7,5	11,25	15	18,75	22,5	26,25	30
Объем груза	V_{max} , м ³	2,78	22,45	76,02	180,52	352,94	610,31	969,63	1447,92
Объем груза *	V_{cs} , м ³	2,46	19,85	67,21	159,58	312	539,49	857,09	1279,84
Площадь сечения	S_{cs} , м ²	0,785	3,14	7,06	12,56	19,62	28,36	38,46	50,24
Масса сосуда для стали 5 мм	M_{cs} , т	0,51	2,06	4,64	8,26	12,91	18,59	25,31	33,07
Масса груза, для угля, $\rho=1$ т/м ³	$M_{г}$, т	2,78	22,45	76,02	180,52	352,94	610,31	969,63	1447,92
Масса груза, для угля, $\rho=1$ т/м ³ *	$M_{гcs}$, т	2,46	19,85	67,21	159,58	312	539,49	857,09	1279,84
Теоретический расчет смещения центра масс сосуда от его геометрической оси	a , мм	13,66	29,81	46,14	62,53	78,93	95,35	111,77	128,19
Экспериментальные исследования смещения центра масс сосуда от его геометрической оси	a , мм	13,18	29,17	45,33	61,54	77,77	94	110,25	126,5

Таблица 2

РАСЧЕТ ШАХТНОГО ПОДЪЕМНОГО СОСУДА, ГРУЖЕННОГО РУДОЙ

Диаметр сосуда	D_{cs} , м	1	2	3	4	5	6	7	8
Гидравлический радиус	R_{cs} , м	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
Высота шахтного сосуда	$h_{шм}$, м	3,75	7,5	11,25	15	18,75	22,5	26,25	30
Объем груза	V_{max} , м ³	2,78	22,45	76,02	180,52	352,94	610,31	969,63	1447,92
Объем груза *	V_{cs} , м ³	2,46	19,85	67,21	159,58	312	539,49	857,09	1279,84
Площадь сечения	S_{cs} , м ²	0,785	3,14	7,06	12,56	19,62	28,36	38,46	50,24
Масса сосуда для стали 5 мм	M_{cs} , т	0,51	2,06	4,64	8,26	12,91	18,59	25,31	33,07
Масса груза, для руды, $\rho=2$ т/м ³	$M_{г}$, т	5,56	44,9	152,04	361,04	705,88	1220,62	1939,26	2895,84
Масса груза, для руды, $\rho=2$ т/м ³ *	$M_{гcs}$, т	4,92	39,7	134,42	319,16	624	1078,98	1714,18	2559,68
Теоретический расчет смещения центра масс сосуда от его геометрической оси	a , мм	14,92	31,27	47,68	64,1	80,52	96,96	113,39	129,82
Экспериментальные исследования смещения центра масс сосуда от его геометрической оси	a , мм	14,43	30,61	46,84	63,09	79,34	95,59	111,85	128,11

* при неравномерной загрузке (угол естественного откоса $\alpha = 40^\circ$)

УДК 622.647.24

С.К. МАЛЫБАЕВ
А.В. РОЖКОВ
О.Т. БАЛАБАЕВ

Перспективы применения циклично-поточной и поточной технологий на открытых горных работах

На открытых горных работах (ОГР) повсеместно применяется цикличная технология (ЦТ), состоящая из машин цикличного действия (одноковшовых экскаваторов, автомобильного и железнодорожного транспорта).

Условия работы транспорта на ОГР непрерывно меняются, и эффективность различных видов транспорта в определенные периоды эксплуатации различна. Исследования показали, что при углублении карьера на каждые 100 м стоимость транспортирования для циклических видов транспорта увеличивается 1,5 раза, а при непрерывных видах транспорта — всего на 5-6 %. Анализ работы транспорта на ОГР показал, что треть простоев приходится на долю транспорта из-за циклического характера его работы. Применение ЦТ на ОГР наиболее экономически эффективно при глубине карьеров 150-250 м. При ведении ОГР на глубине более 250 м экономически целесообразно применение циклично-поточной и поточной технологий [1].

На горных предприятиях Республики Казахстан в настоящее время наблюдается потребность в увеличении производительности карьеров за счет отработки глубоких горизонтов. В связи с чем

цикличный способ добычи полезных ископаемых начал вытесняться наиболее эффективными технологиями добычи: циклично-поточной технологией (ЦПТ) и поточной технологией (ПТ). Основным звеном этих технологий является конвейерный транспорт, взаимодействие которого с машинами циклического действия образует ЦПТ. Поточная технология основана на применении машин непрерывного действия (ротаторные экскаваторы, конвейерный транспорт, отвалообразователи). На ОГР транспортные потоки при ЦПТ и ПТ можно показать в нескольких основных транспортных схемах (рисунок).

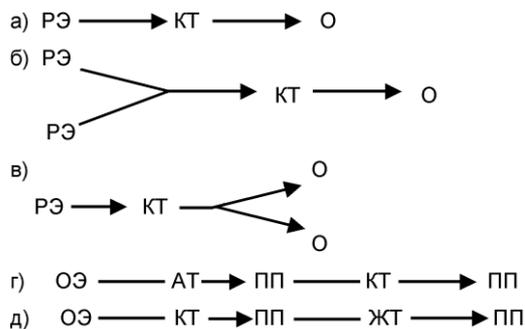
Степень эффективности транспортных потоков при этих транспортных схемах можно определить коэффициентом поточности $k_{ПТ}$

$$k_{ПТ} = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q} + (t_1 + t_2)},$$

где T — время непрерывной работы, ч;
 t_1 — время технологических перерывов, ч;
 t_2 — время простоев, ч.

При поточной технологии ($t_1 + t_2$) будут минимальными в связи с применением машин непрерывного действия, имеющих непрерывный грузопоток и минимальные технологические перерывы и простои. При ЦПТ значение ($t_1 + t_2$) будет несколько больше, чем при ПТ, и самое большое значение будет при ЦТ, показывающее его недостаточную эффективность при транспортировании горной массы на карьерах с глубиной более 250 м [2].

В Республике Казахстан потребность во внедрении новых технологий возникла на угольном разрезе «Богатырь», где проводят техническое перевооружение карьера. На разрезе планируют использовать технологическую схему (рис. г). При использовании этой схемы разработка угольных пластов будет производиться гидравлическими экскаваторами с погрузкой угля в большегрузные самосвалы. Самосвалы доставляют уголь до горизонта, где установлен ленточный конвейер, который осуществляет транспортирование угля на верхние горизонты за пределы карьера. Этот метод транспортирования позволит эффективно разрабатывать глубокие горизонты угольного разреза «Богатырь». Также ведутся значительные работы по переходу на ЦПТ на предприятиях корпорации «Казахмыс», где применяется дробильная установка с дальнейшей погрузкой на ленточный конвейер.



Основные транспортные схемы ПТ (а, б, в) и ЦПТ (г, д):
 РЭ — роторный экскаватор; ОЭ — одноковшовый экскаватор;
 КТ — конвейерный транспорт; АТ — автотранспорт;
 ЖТ — железнодорожный транспорт;
 О — отвалообразователь; ПП — перегрузочный пункт

Внедрение ЦПТ и ПТ на ОГР, по данному исследованию, проектным проработкам и фактическим показателям, обеспечит:

- увеличение производительности;
- снижение затрат на разработку на 25-30 % (в части транспортных расходов);
- эффективную отработку глубоких горизонтов;
- возможность частичной (при ЦПТ) и полной (при ПТ) автоматизации технологических процессов;
- экологичность и безопасность горных работ.

Для Республики Казахстан наиболее перспективным направлением в добыче полезных ископаемых открытым способом является развитие и широкое внедрение циклично-поточных и поточных технологий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиваковский А.О., Потапов М.Г. Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок. М.: Недра, 1983.
2. Малыбаев С.К., Данияров А.Н. Специальные виды промышленного транспорта. М.: Транспорт, 1993.
3. Данияров А.Н. Основы выбора средств поточного транспорта. Караганда: КарПТИ, 1980.

УДК 621.395.2

Б.Р. АМАНОВ
А.Б. АЛИМБАЕВА

Разработка и внедрение биллинговой системы в Карагандинском филиале ОАО «Казакхтелеком»

После распада СССР большая часть предприятий и организаций, занимавшихся разработкой программного обеспечения для учета и тарификации междугородного трафика на предприятиях электросвязи, осталась либо за границами Республики Казахстан, либо за «бортом» возникающего рынка. Сопровождение эксплуатируемого программного обеспечения и технических комплексов становилось трудоемким процессом. Появление новых информационных технологий на рынке Казахстана, персональных компьютеров и средств разработки дали толчок для воплощения идей автоматизации процессов взаимодействия с клиентами компании, предоставляющей услуги электросвязи. В связи с этим в 1994 г. в отделе АСУ Карагандинской междугородной телефонной станции была создана группа по разработке биллинговой системы для решения данной задачи. Полтора года спустя, в октябре 1995 года, появилась первая система, которая решала задачи тарификации междугородного трафика, формирования сводных счетов абонентам, а также имела функции по регистрации оплаты с выдачей

подтверждающих документов в виде квитанций. Вся информация хранилась в базах данных, в связи с чем отпала необходимость обязательной 100-процентной печати расшифровок междугородных соединений для абонентов. В Караганде были открыты первые автоматизированные расчетные пункты по приему оплаты за услуги телекоммуникаций. Там же абонент, при необходимости, мог получить детальные расшифровки своих звонков. Параллельно были автоматизированы процессы формирования и выдачи ряда бухгалтерских и статистических отчетов. Пройдя некоторую доработку, в 1996 г. система была внедрена в одном из крупнейших подразделений Карагандинской областной дирекции телекоммуникаций — Темиртауском городском узле, где в последующем успешно эксплуатировалась в течение 4 лет.

В 1997 г., после слияния междугородной и городской телефонных сетей в единое предприятие, перед специалистами ИРО (информационно-расчетного отдела) была поставлена задача по решению проблемы раздельного учета для абонентов

услуг городской и междугородной сети, а также по разработке и внедрению единой автоматизированной системы расчетов с абонентами за весь спектр предоставляемых услуг. В 1998 г. появилась и была внедрена в Караганде Автоматизированная система расчетов АСР «БИТТЛ» версии 1.0. Кроме функций учета трафика и регистрации оплаты, в системе присутствовали инструменты по ведению картотеки абонентов и устройств, подсистема по расчетам с юридическими лицами, имелись функции информационно-справочного обслуживания абонентов.

В августе 1998 г. была проведена конференция руководителей подразделений информационных технологий всех филиалов и Центрального аппарата ОАО «Казахтелеком». На конференции были представлены все лучшие программные продукты, внедренные либо внедряемые в филиалах Общества на текущий момент. Перед Департаментом информационных технологий руководством ОАО «Казахтелеком» была поставлена задача по разработке и внедрению единой для всех филиалов ОАО «Казахтелеком» биллинговой системы. Из представленных на конференции решений были приняты к дальнейшему рассмотрению два варианта биллинговой системы:

- Система ПК «Абонент» — разработка Пермской компании «АСВ»
- АСР «БИТТЛ» версии 1.0 — разработка отдела ИРО (Информационно-расчетный отдел) Карагандинской ОДТ.

По результатам анализа таких показателей, как финансовые затраты на внедрение, перспективы дальнейшего развития, полная стоимость эксплуатации системы, инструмент разработки, технология внедрения, руководством ОАО «Казахтелеком» был сделан выбор в пользу варианта внедрения АСР «БИТТЛ».

Правление ОАО «Казахтелеком» 17-18 декабря 1998 г. приняло решение за №173 «О тиражировании автоматизированной системы “Биллинг и технический учет”». Правление решило: «Утвердить систему АСР “БИТТЛ” в качестве базовой для внедрения и тиражирования во всех ОДТ Общества». Данное решение стало отправным моментом для разработки и внедрения промышленной АСР. В целях разработки технического задания на биллинговую систему ОАО «Казахтелеком» в Караганде были проведены семинары и конференции с привлечением руководителей и специалистов различных филиалов. В 1999 г. был сформирован и утвержден документ «Техническое задание на разработку АСР “БИТТЛ”». Система создавалась также на основе следующих документов:

- Правила предоставления услуг местными сетями телекоммуникаций. Утверждены Приказами Министра транспорта и коммуникаций № 465 от 27 мая 1997 г. и Министра экономики и торговли № 81 от 30.05.97 г.;
- Правила предоставления услуг междугородной, международной телефонной связи. Утверждены Приказами № 264 МТиК РК от 01.11.69 г. и № 345 ГКЦАП РК от 04.11.96 г.;

- Технические условия — ТУ 658 РК 00017615-12-99 «Автоматизированные системы расчетов с пользователями за услуги телекоммуникаций»;
- Руководство по техническому учету оборудования и паспортизации сооружений ГТС. Министерство связи СССР. Главное управление городской телефонной связи. 1979 г.;
- Рекомендации ИТУ — Т международного союза электросвязи. В процессе разработки системы также были учтены требования документов, выпущенных в период разработки и тестирования программного обеспечения;
- «Инструкция о порядке устранения повреждений и учета заявлений, поступающих в бюро ремонта (ЦБР) на местных телефонных сетях», утвержденная приказом ОАО «Казахтелеком» № 86 от 17 апреля 2000 г.;
- Временная инструкция «Первичный учет трафика», утвержденная приказом ОАО «Казахтелеком» № 106 от 19 мая 2000 г.

Согласно ТЗ, была разработана и протестирована промышленная версия 1.2 АСР «БИТТЛ» и внедрена в том же году в Караганде, а также выполнено тиражирование в Павлодаре и ГЦТ «Астанателеком».

В конце 1999 г. на сети города Караганда был осуществлен запуск системы повременного учета стоимости местных соединений (СПУС). Объем трафика, который требовалось учитывать, обрабатывать и начислять абонентам, вырос с 80 тысяч соединений в день до 600-700 тысяч, т.е. фактически увеличился в 8-9 раз. При этом абонентам необходимо было предоставлять полную расшифровку всех произведенных соединений. Нагрузка на систему выросла в несколько раз, при этом ошибки, допущенные при проектировании АСР версии 1.2, стали явными «узкими местами» при эксплуатации системы в условиях работы СПУС. Стало ясно, что система в таком виде не может удовлетворить возросшие требования, поэтому остро встал вопрос о разработке новой версии АСР «БИТТЛ», способной решить задачи по обработке больших массивов информации, а также учесть ошибки в проектировании предыдущей версии системы. Задача была решена сравнительно за короткое время. За 4 месяца работы была сформулирована концепция новой системы, выполнена проработка основных бизнес-процессов, разработаны программные модули. Система была запущена в эксплуатацию в Караганде в июне 2000 г.

В течение трех лет система поэтапно внедрялась во всех структурных подразделениях Карагандинской ОДТ. Одновременно шло развитие информационной инфраструктуры данных подразделений: организация каналов передачи данных, построение локальных вычислительных сетей в узлах телекоммуникаций. Проводилось обучение персонала, экономистов, бухгалтеров, специалистов технических служб. На сегодняшний день АСР «БИТТЛ» обеспечивает гибкую бизнес-модель Карагандинской ОДТ с числом обслуживаемых абонентов порядка 250 тысяч и поддерживает различные бизнес-процессы филиала на территории населенных пунктов, районов, городов и области в целом. Объем обрабатываемого трафика

составляет в среднем от 25 до 40 миллионов записей в месяц, включая внутригородские, междугородные и международные соединения, телеграммы, трафик сети Internet, транзитный трафик и т.п. Система поддерживает круглосуточный режим работы и способна ежедневно обслуживать до 30 тысяч абонентов.

АСР «БИТТЛ» версии 1.3 зарегистрирована в Государственном реестре РК — сертификат соответствия КСС № 0443204 от 26.09.2000 г., а также в Казахском Обществе интеллектуальной собственности за № 152(а,б,в) от 25.10.02 г.

АСР представляет собой настраиваемую систему учета услуг и расчетов с абонентами для телекоммуникационного оператора.

Система позволяет: обрабатывать информацию, поступающую с различного коммуникационного оборудования; регистрировать предоставляемые услуги в соответствии с заключенными договорами; формировать счета для оплаты услуг на основании тарифов, учитывая настройки персональных тарифных планов каждого абонента; вести лицевые счета клиентов, отражающие задолженность за реально предоставленные на указанный момент времени услуги, формировать статистические отчеты. АСР «БИТТЛ» — это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для выполнения следующих функций:

1. Регистрация и учет абонентов, имеющих договоры с оператором связи в любой законной форме;
 2. Управление тарифами и Справочниками системы;
 3. Оперативное оповещение абонентов;
 4. Обработка заказов и заявок абонентов;
 5. Учет первичных данных об объеме и номенклатуре предоставленных услуг, включая основные и дополнительные услуги;
 6. Тарификация и начисление сумм различным категориям абонентов в соответствии с утвержденными тарифами, правилами и прочими регламентирующими документами;
 7. Учет начислений в разрезе общего счета и видов оказанных услуг, включая формирование подтверждающих ведомостей по всем видам начислений;
 8. Все формы платежей за услуги;
 9. Учет дебиторской и кредиторской задолженностей;
 10. Реализация информационной взаимосвязи внутренних подразделений компании в целях оперативного управления и обеспечения соответствия фактического и зарегистрированного состояния сооружений абонентской сети;
 11. Обеспечение управленческих подразделений компании оперативной информацией для принятия решений;
 12. Формирование бухгалтерской, статистической отчетности и аналитической информации по оказанным услугам.
- Система «БИТТЛ» обеспечивает также возможность адаптации и интегрирования ее с другими подсистемами технологического процесса

оказания услуг и управления предприятия. АСР «БИТТЛ» относится к универсальным системам, ориентированным на проведение расчетов по услугам в любом сочетании:

- технологическими (АТС, АМТС, Телеграф и т.п.);
- финансово-экономическими (бухгалтерия, плановый отдел и т.п.);
- банковских и финансово-экономических организаций;
- метрологических (поверка систем учета соединений и предоставления услуг).

АСР «БИТТЛ» отвечает современным требованиям к автоматизированным системам расчета, благодаря учету особенностей законодательства и технологий оказания услуг; сбору информации об объемах предоставленных услуг и состоянии их оплаты, дающей руководителю информацию о состоянии компании в режиме реального времени. Система отвечает требованиям по информационной безопасности, что подтверждается сертификатом соответствия. В системе используется графический интерфейс пользователя, применяемый в операционных системах класса Microsoft Windows. Система позволяет увеличивать число рабочих мест в пределах, необходимых для максимально эффективной, устойчивой работы с учетом предельной емкости сети. АСР «БИТТЛ» полностью соответствует требованиям к разработке систем класса «управление предприятием» по инструментам разработки, методологии разработки и последующего сопровождения, уровню документирования и требованиям стандартов управления качеством. Продукт обладает следующими основными свойствами:

1. Развитой системой информационной безопасности, позволяющей создавать, контролировать и управлять любыми процессами в системе;
2. Мультипровайдерность — возможность обслуживания многих поставщиков услуг, персонализированных тарифных планов, в рамках единого справочника абонентов. Возможность обработки любых формализуемых потоковых (трафик), периодических и разовых услуг;
3. Мультивалютность — ведение тарифных планов и выставление счетов в любой валюте, поддержка любых комбинаций валюты тарифного плана/счета/платежа, с поддержкой одной базовой (национальной) валюты;
4. Возможность обработки входных данных в режиме, приближенном к реальному времени, возможность обработки огромных объемов трафика — от 1 млн. записей в сутки для сервера рабочей группы до десятков млн. в кластерной системе;
5. Гибкие тарифные планы, различные ставки НДС, различные ставки льгот и лимитов, персональные неформализуемые скидки, скидки от объема и много другое — для каждого поставщика услуг и любого абонента;
6. Персональная настройка счетов в рамках поставщика услуг, группы абонентов, абонента, типа и позиции счета, способов выставления, сроков

оплаты, начисления пени и штрафов. Доставка счетов абоненту по телефону, факсу, электронной почте. Стандартное вычисление рейтинга платежеспособности для каждого абонента в рамках провайдера услуг. Стандартная/персональная работа с дебиторами;

7. Решения по созданию ресурсосберегающих территориальных систем расчетов с возможностью регистрации любых видов и способов оплат (наличные, безналичные, интерфейсы с банками и т.д.) с получением на любом рабочем месте полной информации о предоставленных услугах, тарифах, оплатах;

8. Историческая организация центральной Базы данных, что позволяет получить информацию о счете за любой промежуток времени с гарантированным временем отклика.

В составе АСР имеются специализированные подсистемы для телекоммуникационного бизнеса:

1. Подсистема «Технический учет» в составе модулей «Технический учет», «Кросс», «Монитор», позволяющая автоматизировать и управлять работой бюро ремонта АТС, кроссов АТС, систем отключения и подключения терминалов, учитывать линейные сооружения сетей телекоммуникаций, любые виды абонентских устройств с использованием любого вида аппаратуры уплотнения и межстанционных соединений. Согласованная картотека устройств с подсистемой «Биллинг»;

2. Подсистема «Учет трафика», позволяющая стандартно обрабатывать междугородный, международный, местный и транзитный трафик АТС и специализированных коммутаторов. Причем единицами измерения могут служить минуты, секунды, байты, единицы соединений и т.п.

Особенности аппаратно-программного обеспечения:

1. Архитектура клиент-сервер;
2. СУБД Oracle 8i. Рабочие места MS-DOS, Windows, Linux;
3. ОС Sun Solaris, Linux Red Hat, Windows 2000 Server;
4. Серверы SUN 450, DELL PowerEdge 6600, Fujitsu Siemens Primergy 200;
5. Citrix Metaframe;
6. Система оповещения на базе оборудования Dialogic.

Основная концепция АСР «БИТТЛ» заключается в создании «общей области обслуживания» процессов продаж услуг, контроля получения доходов от деятельности и динамического управления компанией. Это решается многокомпонентной структурой системы и наличием гибкого механизма настройки ее работы. Основу системы составляет подсистема «Бил-

линг», позволяющая автоматизировать основные процессы производства. Кроме основных процессов, в системе предусмотрена группа вспомогательных подсистем, которые выполняют функции информационного обеспечения исполнительного аппарата и сервисных служб, таких как справочная служба и сопряжения с бухгалтерией. Несмотря на выделение во вспомогательную группу, именно в этих модулях находятся «рычаги» управления системой в целом, изменяющие взаимодействие с внешним миром — клиентами.

По результатам внедрения АСР «БИТТЛ» в Карагандинской ОДТ можно отметить следующее:

- Централизация и автоматизация процедур по учету и обработке оказываемых услуг исключает ручной труд на данных этапах обработки информации, сводит до минимума возможные человеческие ошибки. Как результат, после внедрения АСР «БИТТЛ» начисленные доходы подразделения возрастают от 5 до 10 % только от повышения качества учета услуг;
- Просроченная дебиторская задолженность снижается до критического уровня и стабилизируется;
- Процессы формирования и выдачи отчетов переходят от системы «авралов» к планомерной работе;
- Оптимизируется структура компании — поставщика услуг;
- Унифицируются бизнес-процессы продаж услуг телекоммуникаций, что позволяет абоненту получить услуги с одинаковым уровнем сервиса на всей территории области;
- Руководство компании получает «рычаги» управления над технологическими процессами оказания и продажи услуг связи с возможностью принятия оперативных решений.

УДК 004.416.6:614.2

В.В. ЯВОРСКИЙ
Д.Т. ЖАРДЕМОВА

**Проблемы автоматизации системы
«Онкогематологический канцер-регистр»**

Онкогематологический канцер-регистр — современная и прогрессивная форма развития информационной системы онкогематологической службы. Основная задача заключается в формировании массива информации обо всех больных злокачественными новообразованиями. В базе данных регистра учитываются персональные данные больного, морфологические и клинические характеристики новообразований, сведения о проведенном лечении, примененных лекарственных препаратах. Канцер-регистр дает возможность анализировать и интерпретировать данные по различным параметрам и запросам, а также предоставлять информацию обо всех больных со злокачественными новообразованиями в соответствии с международными стандартами ВОЗ. Соблюдение международных стандартов — особенно важный момент как для международного сравнения данных, так и для внутреннего межрегионального сравнения. Проводимые по инициативе ВОЗ разработки, направленные на обеспечение сравнимости данных о заболеваемости, представлены в разработках Международной классификации болезней (МКБ) и ее специального расширения для онкологии — МКБО. Кроме автоматизированного кодирования статистического диагноза, осуществляется кодирование стадии заболевания по ее TNM-составляющим на основании «Международной классификации TNM».

Заболеваемость гемобластомами в Казахстане среди взрослого населения изучена крайне недостаточно, что можно объяснить отсутствием единого статистического наблюдения за данной группой, отсутствием официально утвержденной отчетности в разрезе отдельных форм.

Начиная с 1989 года в РК функционирует система обязательного учета и пожизненного наблюдения за онкологическими больными, принцип действия которой сохранен до настоящего времени. Формализация, регистрация и последующий анализ данных онкологических больных требуют специальной квалификации и выполняются сотрудниками отделения канцер-регистра (КР), специально созданного для этих целей.

В первые годы существования регистра (1989-1995 гг.) значительные массивы информации о больных раком обрабатывались по единой методологии вручную. Вся информация обо всех случаях злокачественных новообразованиях (ЗН) накапливалась на бумажных носителях и практически единственным источником информации об уровнях заболеваемости в стране служили таблицы государственной отчетности о заболеваемости и смертности от ЗН. При ручной подготовке подсчет показателей является очень трудоемким и рутинным. Кроме того, проверить качество данных и провести контроль дубликатов практически невозможно.

Внедрение с 1995 года средств вычислительной техники и создание автоматизированной системы «Канцер-регистр» позволило не только облегчить рутинную работу по учету больных со злокачественными новообразованиями, но и

значительно расширить возможности по оперативному анализу данных.

Первоначально система предусматривала ведение базы данных об онкологических больных, выдачу отчетной и другой статистической информации. Расчет показателей заболеваемости, смертности, выживаемости и другие показатели качества онкологической помощи рассчитываются вручную. Основным недостатком является неправильная статистическая обработка сведений об онкогематологических больных, т.к. ряд первоначальных сведений для онкологических больных существенно отличается от онкогематологических больных, используются разные методы лечения, требуется отдельный эпидемиологический надзор, ведется неправильный мониторинг, как следствие, в Минздрав поступают неверные сведения и соответственно идет финансирование, не удовлетворяющее реально существующей ситуации. Вследствие этого была поставлена задача разработать и внедрить новый усовершенствованный комплекс «Онкогематологический канцер-регистр РК».

К 2000 году первая версия системы «Канцер-регистр» морально и физически устарела и было принято решение НИИ онкологии РК о замене существующей системы новой версией, реализованной на современных программных и технических платформах. Другими важными причинами обновления системы являлись следующие:

1. Необходимость выполнения приказа Минздрава РК «О совершенствовании системы государственного ракового регистра» от 19 апреля 1999 года, предусматривающего перевод регистров онкологических больных на новые учетные формы и классификаторы.

2. «Старая» система функционировала в автономном варианте и исключала возможность оперативного обмена информацией между различными онкологическими учреждениями страны.

3. Возникла необходимость в расширении количества автоматизированных рабочих мест.

4. Эксплуатируемые программные и технические средства уже не позволяли модернизировать и развивать систему.

В силу указанных причин с 2004 года ведутся разработки новой версии системы «Онкогематологический канцер-регистр», которая, с одной стороны, заимствует все оправдавшие себя функции предшествующей версии системы, а с другой — расширит и углубит их.

Возможность длительного наблюдения пациентов в системе онкогематологического канцер-регистра после установления диагноза и лечения — надежный метод изучения продолжительности жизни и эффективности лечения от поступления больного в клинику до послелечебного мониторингования, вплоть до пожизненного наблюдения больных. Канцер-регистр является источником данных для статистических исследований, планирования и оценки эффективности мероприятий с целью улучшения профилактики, ранней диагностики и лечения злокачественных новообразований.

Детальное статистическое изучение гемобластозов в республике позволит прогнозировать изменения, разработать рекомендации по лечению отдельных форм, с учетом региональных особенностей, произвести расчет затрат на лечение больных, изучить причины роста заболеваемости в зависимости изменений во времени и обосновать объем профилактических мероприятий.

Основные этапы проектирования автоматизированной системы «Онкогематологический канцер-регистр Республики Казахстан»

С целью создания в стране единой автоматизированной системы по учету онкологических больных были сформулированы основные этапы построения информационных технологий ведения КР:

1. Изучение предметной области. Анализ существующей системы регистрации онкологической информации: анализ всех существующих источников информации, анализ существующих в этой области медицинских документов, изучение признаков, описывающих объект исследования, анализ существующих методов сбора информации, анализ существующих информационных потоков в структуре онкологической службы, анализ существующих терминологических понятий и их строгое определение, анализ и классификация прикладных задач, основанных на этих данных.

2. Выбор программно-технических средств реализации системы. Поиск и определение наилучшего способа реализации КР на основе требований, выработанных на этапе анализа. Проектирование системы — формирование структуры СУБД, определение модульного состава системы. На этом этапе модель предметной области преобразуется в схему базы данных и спецификации их хранения. Разрабатываются прикладные программные модули, работающие с данными, хранящимися в базе данных, процедуры контроля качества (однозначности и достоверности) данных, механизмы передачи данных и репликации. Проектируются пользовательские интерфейсы, разрабатываются форматы отчетных документов, определяются основные наборы «витрин» данных, используемых при OLAP-анализе. Разрабатываются механизмы интеграции данных с другими автоматизированными системами медицинского назначения.

3. Внедрение АИС онкогематологического КР. Разработка пользовательской и эксплуатационной документации. Обучение персонала. На этом этапе осуществляется импорт и формализация данных из старых систем, ввод новых данных, проведение серии тестов на правильность работы всего программного обеспечения. Проводятся испытания по репликации данных. Формируются аналитические сведения, основанные на реальных данных. Фиксируются сбои и недостатки в работе программного обеспечения, а также предложения по дальнейшему развитию технологии.

На каждом этапе проектирования дается экспертная оценка, проводится аналитическая работа, формируется внешний вид прикладных программ. Параллельно осуществляется взаимодействие с будущими пользователями системы КР для выработки информационных потребностей и задач.

Под больничным канцер-регистром подразумевается массив формализованных историй болезни онкологических больных, каждая из которых ведется от момента установления диагноза злокачественной опухоли с учетом постоянного контроля течения заболевания и результатов лечения. Такая формализованная история болезни содержит общую информацию о больном и его идентификаторы (номер учреждения и регистрационный номер), описание особенностей организма (пол, возраст), обстоятельства выявления заболевания, особенности опухоли (локализация, степень распространения процесса, форма роста, гистологическое строение, первичная множественность новообразования), описание лечебной помощи (вид лечения, его характер, причины невыполнения радикальных мероприятий), данные динамического наблюдения (дата его начала, дата текущего контакта, дата выбытия из-под наблюдения, жизненный статус, дата возникновения рецидива).

Описанный массив формализованных историй болезни онкологических больных размещается в базе данных, схема которой в форме Erwin-диаграммы приведена на рис. 1. На схеме представлены основные таблицы, входящие в базу данных системы онкогематологического КР, и связи между таблицами.

На рис. 2 приведена схема взаимодействия учреждений и структур управления, обеспечивающих работу онкогематологического канцер-регистра.

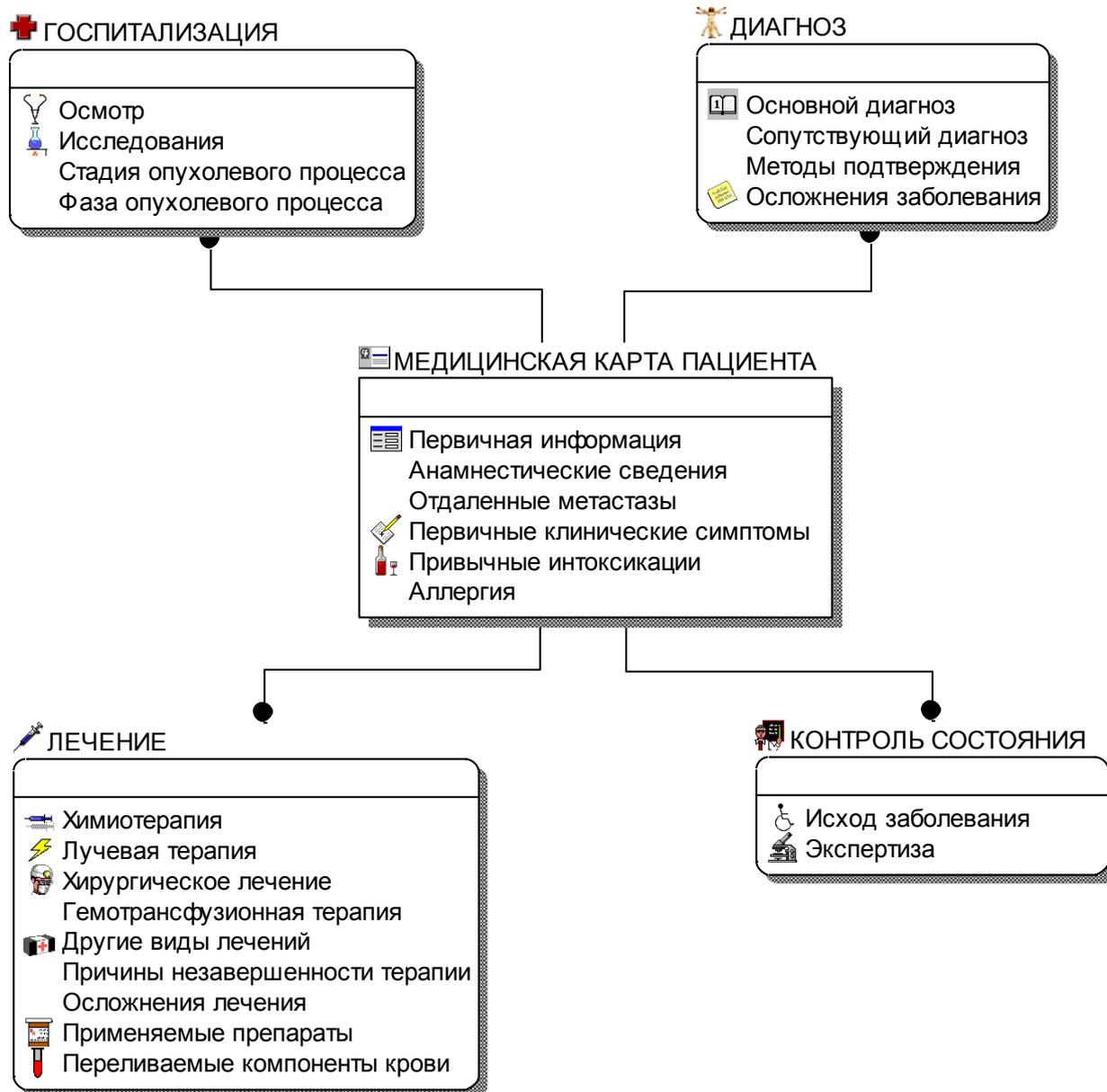


Рис. 1. Структура АИС онкогематологического канцер-регистра: схема базы данных онкогематологического канцер-регистра РК

На функциональной схеме взаимодействия (рис. 3) показаны функции системы: оперативное управление и учет осуществляет ввод данных, корректировку, хранение данных, а также сбор статданных. Функции контроля обеспечивают обновление данных онкогематологического больного при каждом обращении, а также однозначность и непротиворечивость данных. Мониторинг позволяет рассчитывать основные показатели в целом и для каждого больного в отдельности. Функция Анализа обеспечивает возможность анализировать основные показатели (смертности и выживаемости и др.). Прогнозирование позволяет наблюдать изменения заболеваемости, разработать рекомендации по лечению отдельных форм с учетом региональных особенностей, произвести расчет затрат на лечение больных, изучить причины роста заболеваемости в зависимости от изменений во времени и обосновать объем профилактических мероприятий.

На рис. 4 представлена технико-эксплуатационная схема, которая объясняет схему взаимодействия

сетевых компонентов. База данных — распределенная (районная, областная, республиканская). Необходимо предусмотреть возможность резервирования и восстановления базы данных, что тоже позволит использовать программное обеспечение, минимизировав количество обслуживающего персонала. Так как база данных будет распределенная, в программе будет предусмотрена возможность репликации данных между основным сервером и локальными его частями. Локальные точки будут находиться в региональных онкологических диспансерах, а основной сервер — в Астане. Для быстрой и гарантированной передачи данных между сервером и локальными точками предлагается использование FTP-клиента.

Используемые технологии передачи данных:

- Dial-Up + FTP-server
- VPDN
- WEB Ranger
- Выделенный канал связи
- E-mail

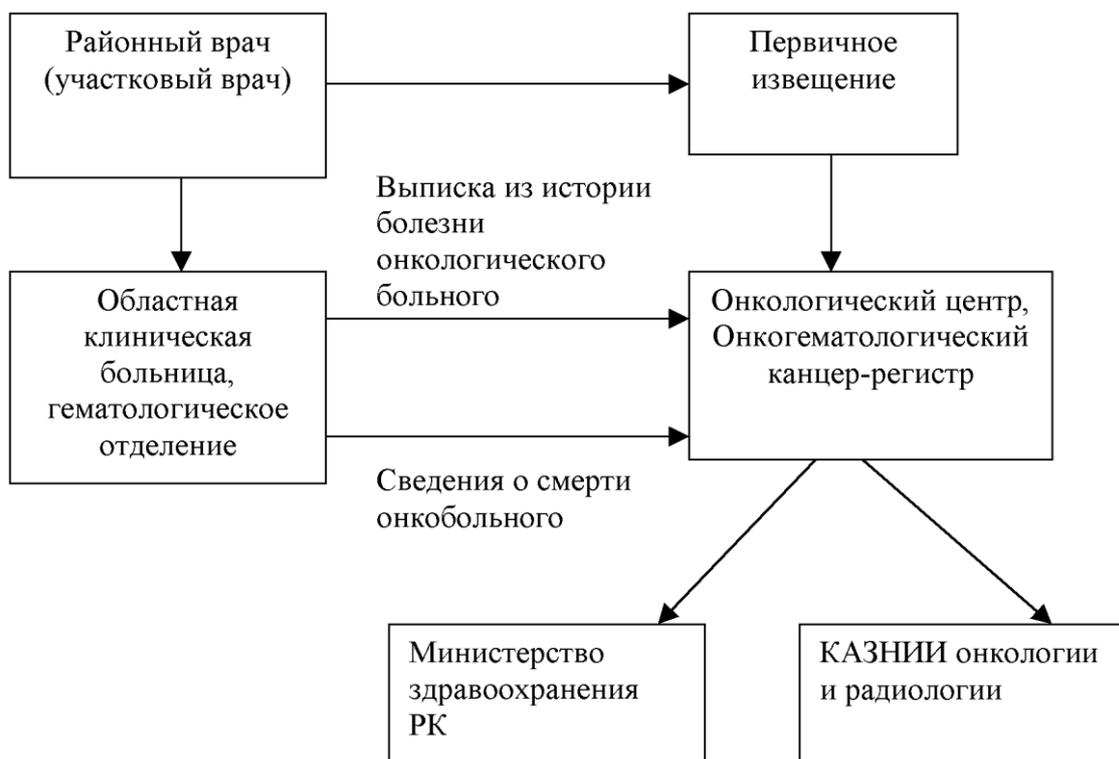


Рис. 2. Схема взаимодействия структурных подразделений

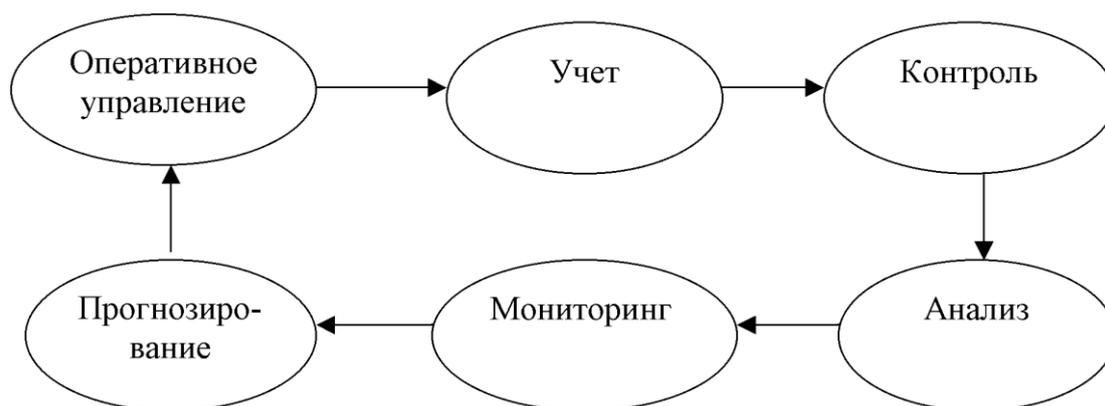


Рис. 3. Функциональная схема взаимодействия

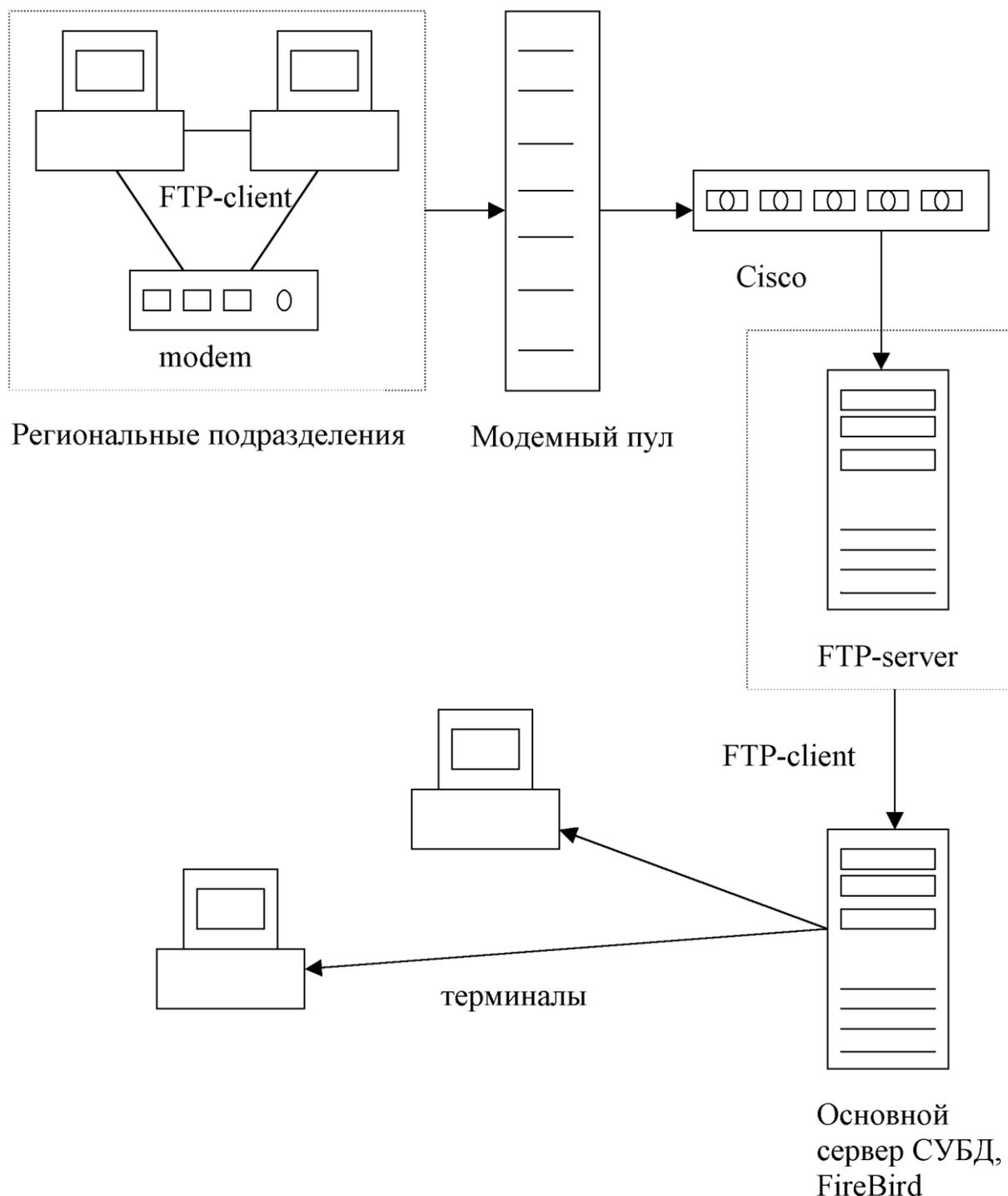


Рис. 4. Техничко-эксплуатационная схема

В качестве хранилища данных предлагается сервер Firebird, сочетающий в себе простоту в использовании и администрировании, а также способность развертывать крупные базы данных промышленных масштабов.

Использование сервера Firebird не требует постоянного присутствия высококвалифицированных высокооплачиваемых специалистов, все основные операции по администрированию и сопровождению системы пользователь сможет проводить самостоятельно с помощью интеллектуализированного интерфейса программного комплекса «Онкогематологический канцер-регистр».

Правильная настройка прав доступа к используемой информации является, с одной стороны, удобством для пользователей, так как наличие ненужной информации затрудняет работу с ней, а с другой — средством, которое позволяет минимизировать попытки несанкционированного доступа к информации. Возможность использования информации пользователем ограничивается соответствующими правами доступа.

Программное обеспечение онкогематологического канцер-регистра разрабатывается в среде программирования Delphi 7.0. В качестве сервера базы данных выбран FireBird 2.0. Для формирования и

построения базы данных предполагается использование дополнительных утилит и Case-средств: Erwin Data Modeler, Data Model Validator, IVExpert и пр. В программе необходимо предусмотреть возможность расширения запросов пользователей, т.к. возможно появление новых методов лечения и новых лекарственных препаратов, а также применения OLAP-технологии для анализа и синтеза данных.

Должно быть предусмотрено формирование необходимых бланков твердой отчетности, для чего разрабатывается универсальный дизайнер отчетов.

Очевидна значимость создания онкогематологического канцер-регистра в Казахстане, который позволит улучшить статистический учет

гемобластозов и осуществить качественный контроль за уровнем диагностики и объемом оказываемой медицинской помощи, а также позволит разработать аргументированные рекомендации, направленные на профилактику возникновения этих групп заболеваний.

Применение компьютерной техники существенно упрощает ведение канцер-регистра и расширяет возможности по анализу и синтезу содержащихся в нем данных. Автоматизация медицинских технологий предполагает коренное изменение технологии работы врача с пациентом, алгоритмов, методик сбора, обработки информации и принятия управляющих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов Л.Е., Ушакова Т. И., Володин В. Д. Возможности обработки материалов канцер-регистра на персональном компьютере (на примере рака желудка). М., 1995.
2. Емельянов А.В., Злобин Д.С., Мальков Д.И. //Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2000. №2. С. 81-84.

Раздел 8

Энергетика. Автоматика и управление

УДК 62-83:621.771.2

*И.В. БРЕЙДО
Д.А. ЛЕПЕХОВ*

Перспективы и опыт внедрения современных полупроводниковых систем электропривода в промышленности Казахстана

Рост объемов производства в сырьевых и перерабатывающих отраслях промышленности Казахстана, обусловленный увеличением инвестиций, сопровождается модернизацией действующего и внедрением нового оборудования. Оживился интерес к современным системам полупроводникового электропривода, реализованы и находятся в стадии внедрения достаточно крупные проекты, в различных отраслях внедряются электроприводы крупнейших мировых производителей, таких как Siemens, Mitsubishi, ABB, General Elektrik, Allen-Bradley, применяется оборудование производителей из стран СНГ: НТЦ «Приводная техника», НПП «ЭОС» и др.

Следует отметить тот факт, что обоснование необходимости применения регулируемых электроприводов как средства увеличения ресурса машин и оборудования, повышения эффективности производства, а также экономии энергоресурсов является, в основном, пройденным этапом, и в настоящее время актуальны вопросы конкретной реализации и преодоление возникающих при этом теоретических и практических проблем.

Основные тенденции внедрения современных систем привода в республике в целом совпадают с мировыми и сводятся к следующим:

- активное расширение областей применения регулируемых электроприводов переменного тока с асинхронными электродвигателями;
- внедрение мощных асинхронных регулируемых электроприводов;
- вытеснение электроприводов постоянного тока из традиционных сфер их применения;
- расширение возможностей систем управления электроприводами, включая реализацию функций локальной автоматики и управления технологическими процессами.

В то же время имеются и свои особенности, обусловленные экономическими и техническими причинами. В связи с высокой стоимостью комплектных электроприводов, содержащих полупроводниковые преобразователи и специализированные электродвигатели, и ограниченными финансовыми возможностями модернизация на действующих производствах обычно производится с использованием имеющихся типовых

электродвигателей. Поэтому, например, в металлургической промышленности, где на существующих прокатных станах применяются преимущественно приводы постоянного тока, модернизация идет путем замены тиристорных преобразователей на более совершенные. В горнодобывающей промышленности, на открытых горных работах основное направление совершенствования электропривода по системе Г-Д, которым оснащены наиболее распространенные экскаваторы типа ЭКГ, — это замена возбудителей на магнитных усилителях или электромашинных возбудителей на тиристорные.

Аналогичными методам ведутся работы по внедрению полупроводниковых электроприводов переменного тока как на функционирующих производствах, так и на части новых. Это стало возможным после появления высоконадежных преобразователей переменного тока на базе широтно-импульсной модуляции с частотой несущей $1 \div 20$ кГц, обеспечивающих практически неискаженную синусоидальную форму напряжения и тока, что позволило использовать при модернизации типовые асинхронные и синхронные электродвигатели. Однако при реализации таких проектов необходимо учитывать следующие факторы:

- диапазон регулирования скорости;
- наличие рабочих режимов пуска на «упор»;
- диапазон изменения нагрузок;
- тип применяемого преобразователя частоты.

При диапазоне регулирования скорости, превышающем 1:3 вниз от номинальной, и номинальном моменте нагрузки требуется применение независимых систем охлаждения электродвигателей, так как в типовых электродвигателях малой и средней мощности, как правило, такие системы отсутствуют. Для машин, где режимы работы на «упор» не являются аварийными и требуется значительный перегрузочный момент, необходимо увеличивать мощность электродвигателя и преобразователя. В первую очередь, это относится к ряду машин и механизмов горно-металлургического комплекса. Механизмы подачи угледобывающих комбайнов, выпускаемые фирмой Eickhoff, по желанию заказчика комплектуются регулирующими электроприводами постоянного тока или частотно-управляемыми электроприводами, и запас мощности при этом составляет 30-40 %.

Эта особенность не связана с характеристиками преобразователей и систем регулирования, а определяется свойствами самого асинхронного электродвигателя, который обладает меньшей перегрузочной способностью, чем электродвигатель постоянного тока.

Следует отметить, что имеются преобразователи частоты, обеспечивающие перегрузку 200 % от номинального тока в течение 60 с, и 250 % — в течение 5 с, например, фирмы Mitsubishi. Тип применяемого преобразователя имеет важное значение при использовании инверторов напряжения, в выходном напряжении которого содержатся высокочастотные импульсы высокой амплитуды, снижающие ресурс изоляции силового кабеля и

двигателя. При использовании традиционных инверторов совместно с высоковольтными двигателями большой мощности из-за наличия субгармоник, приводящих к повышенной вибрационной нагрузке и к резонансным явлениям на определенных частотах вращения, существует опасность преждевременного выхода из строя двигателей.

Следующей проблемой, ограничивающей эффективное применение управляемых приводов на базе зарубежной преобразовательной техники, является низкое качество систем электроснабжения, падение напряжения в которых достигает более 30 %, а в ряде случаев возникают значительные перенапряжения.

Определенные сложности вызывает и кадровое обеспечение. Разработка проектов реконструкции на базе современных систем привода, его наладка и ввод в действие требуют наличия высококвалифицированных специалистов в области электропривода и микропроцессорной техники, владеющих современными технологиями автоматизации. Несмотря на то, что в Казахстане инженеров по специальности «Электропривод и автоматизация технологических комплексов» выпускают более 10-ти вузов, только 3-4 из них обладают современной учебно-лабораторной базой на основе современных приводов с микропроцессорным управлением. В этой связи заслуживает внимания деятельность корпорации Siemens, которая безвозмездно передала КазНТУ и КарГТУ современные полупроводниковые преобразователи с микропроцессорным управлением и другие средства автоматизации для учебных целей. Современными частотно-управляемыми приводами оборудованы учебные лаборатории АИЭС.

Несмотря на изложенные проблемы, в Казахстане уже накоплен определенный опыт внедрения современных систем электропривода.

Украинское НПО «ЭОС» совместно со специалистами ЗАО «КазТрансОйл» разработало и внедрило впервые в СНГ на магистральном нефтепроводе на нефтеперекачивающих станциях частотно-регулируемые электроприводы мощностью от 630 до 3150 кВт [1]. Преобразовательная часть выполнена на базе инвертора тока по двухтрансформаторной схеме типа ТР-ПЧ-ТР, использованы также высоковольтные взрывозащищенные серийные асинхронные электродвигатели российского производства ОАО «Элсиб».

Опыт эксплуатации регулируемых электроприводов показал, что значительно улучшены технологические режимы работы насосов, обеспечена экономия электроэнергии от 25 % до 40 %, отсутствуют броски пусковых токов, снижены вибрационные нагрузки.

Имеется положительный опыт внедрения российских устройств безударного пуска приводов мощных компрессорных установок, приводов дымососов на предприятиях корпорации «Казахмыс». На шахтах Караганды успешно эксплуатируются высокопроизводительные угледобывающие комбайны

SL-300 фирмы Eickhoff, оснащенные тиристорными электроприводами постоянного тока для механизмов подачи, а также взрывозащищенные пусковые тиристорные устройства переменного тока для приводов конвейеров «Soft-Start» производства Чехии.

Достигнуты неплохие результаты и казахстанскими фирмами, специализирующимися в области управляемых электроприводов. Широко известной фирмой является ТОО «Енгизу», базирующееся в Караганде. Предприятие имеет достаточный опыт в выполнении проектов, поставке оборудования, монтаже и наладке современных систем полупроводникового электропривода постоянного и переменного тока [2]. К наиболее оригинальным реализованным проектам следует отнести следующие:

- создание привода передаточной рольганг-тележки с двигателями механизма перемещения тележки и привода рольганга на базе одного управляемого выпрямителя «Simoreg» при использовании второго выпрямителя в качестве резервного;

- реконструкция 12,5-тонного мостового крана на базе частотно-управляемого привода с векторным управлением.

Интересен проект реконструкции НПС «Жантубе» на базе преобразователей фирмы Allen-Bradly, обеспечивающих безопасное регулирование насосов при последовательном запуске электродвигателей и использовании последнего включенного электродвигателя для регулирования. Фирмой «Енгизу» внедрены полупроводниковые электроприводы транспортных механизмов (рольганги, тележки, тянущие ролики) в агрегатах обработки рулонного металла в черной и цветной металлургии, намоточно-размоточных устройствах в металлургической промышленности и при производстве транспортерных лент, клетей прокатных станков, дисковых ножниц, правильных машин, линии продольной резки металла, скиповых подъемников, металлорежущих станков, испытательных стендов и др.

Фирмой «Элат», созданной преподавателями кафедры автоматизации производственных процессов КарГТУ, выполнен ряд работ по созданию и внедрению полупроводниковых электроприводов.

Сотрудники фирмы разработали системы управления взаимосвязанными через рабочий орган полупроводниковыми электроприводами скребковых и ленточных конвейеров, цепных механизмов подачи угледобывающих комбайнов, напочвенных канатных дорог, лебедок. Разработки осуществлены с использованием современных методов имитационного моделирования.

Фирма «Элат» разработала, изготовила и внедрила систему натяжения взаимосвязанного электропривода линии по производству линолеума, взаимосвязанные электроприводы постоянного тока для технологической линии по производству конвейерной ленты, участвовала во внедрении и сервисном обслуживании тиристорных возбудителей синхронных двигателей экскаваторов типа ЭКГ.

В последнее время совместно с фирмой «Казпромавтоматика» осуществлена модернизация 2-х линий по производству сетки рабицы на базе преобразователя частоты FR-A540 фирмы Mitsubishi и серийного асинхронного электродвигателя мощностью 1,5 кВт, примененных для систем позиционирования ножа. Для реализации режима позиционирования использована дополнительная опция, система функционирует в режиме векторного управления, применен фотоэлектрический датчик угла поворота. В процессе внедрения достигнуто время позиционирования 0,11с. В аналогичной системе позиционирования, выполненной на базе электропривода постоянного тока мощностью 2,2 кВт, время позиционирования составляет 0,25 с. Хорошие динамические показатели частотно-управляемого электропривода, меньший момент инерции электродвигателя позволили добиться высокого быстродействия и снизить мощность электродвигателя за счет уменьшения нагрева из-за снижения динамического момента по сравнению с электроприводом постоянного тока.

Следующий проект — это модернизация электроприводов линии по продольной резке металла, содержащая механизмы разматывателя, ножниц и наматывателя. Вместо ранее применяемого для механизмов таких линий электроприводов постоянного тока внедрены частотно-управляемые преобразователи FR-A540 с серийными асинхронными электродвигателями. Реализация приводов разматывателя и ножниц достаточно традиционна для частотно-управляемых электроприводов. Однако для нормального функционирования наматывателя пришлось решать не полностью исследованную задачу стабилизации момента в широком диапазоне изменения его задания для различных типоразмеров металла и при широком диапазоне изменения скорости. Для построения системы использованы методы подчиненного регулирования аналогичного электропривода постоянного тока на базе алгоритмов прямого управления моментом с использованием в регуляторах принципов разрывного управления. В результате удалось реализовать статические и динамические характеристики, близкие к характеристикам наматывателя с электроприводом постоянного тока. Дополнительно было организовано независимое охлаждение двигателя.

С целью определения реальных характеристик частотно-управляемого электропривода в режимах работы с перегрузками выполнены экспериментальные исследования на специальном испытательном стенде. Для преобразователей, выпускаемых фирмами Siemens и Mitsubishi, установлена возможность поддержания 1,5-кратного номинального момента в диапазоне частот 2 Гц и выше в режиме векторного регулирования без использования датчиков скорости. При меньших частотах для обеспечения высокого момента требуется подключение импульсного датчика скорости.

На стенде также исследованы тепловые режимы работы двигателей. По результатам экспериментов

построена модель, определяющая зависимости температуры нагрева двигателей различных типов от таких параметров, как частота вращения ротора, величина приведенного тока статора, мощность двигателя, температура окружающей среды. Модель используется для расчета тепловых нагрузок в случае применения преобразователей частоты, выполненных по схеме широтно-импульсной модуляции, и серийных двигателей с самовентилируемой системой охлаждения.

Таким образом, в Казахстане идут процессы внедрения полупроводниковых электроприводов в различных отраслях промышленности. Однако необходимо отметить, что темпы и объемы модернизации, за исключением металлургической, полимерной и некоторых других отраслей, где практически все технологические линии снабжены регулируемыми электроприводами, существенно

отстают от мирового уровня. Практически отсутствуют проекты по внедрению современных управляемых электроприводов на предприятиях энергетики, в жилищно-коммунальном хозяйстве, на мощных вентиляторных установках и т.п., что в развитых странах обеспечило существенное снижение энергопотребления.

В обозримом будущем следует ожидать увеличение спроса на управляемые электроприводы средней и большой мощности именно в этих отраслях. Возрастет потребность в частотно-управляемых электроприводах на вновь создаваемых малых и средних предприятиях обрабатывающей и машиностроительной промышленности. К перспективным потребителям современных систем электропривода, безусловно, относится нефтегазовая промышленность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукпанов Ж.К., Бару А.Ю., Шиндлес Ю.Л. Опыт разработки и внедрения частотно-регулируемого электропривода насосных агрегатов магистральных нефтепроводов ЗАО «КазТрансОйл» // Сб. докл. международного семинара «Современный автоматизированный электропривод». 27-29.01.04. Алматы, 2004. С. 12-16.
2. Бутаков В.Н. Опыт применения регулируемых приводов постоянного и переменного тока в проектах реконструкции систем управления технологическим оборудованием // Там же. С. 24-29.

УДК 621.319.4.001.5

И.В. ЗАХАРОВ

Влияние толщины диэлектрика на электрические и массогабаритные показатели индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности

Индукторы с самокомпенсацией реактивной мощности перспективны для использования в кузнечном производстве в качестве индукторов для сквозного нагрева металлической загрузки под пластическую деформацию (штамповку, прессование, ковку и т.д.) [1,2]. При их использовании в кузнечных индукционных нагревателях серий КИН, ИНМ значительно снижается стоимость установки в целом, сокращаются производственные площади и расход электрической энергии.

Конструктивно обмотка индуктора, выполненная в виде многослойной цилиндрической дисковой катушки из двух разноименных проводниковых лент, сочетает в себе функции нагревательного и емкостного устройства. При этом в качестве элемента, создающего значительную собственную емкость индуктора, а также в качестве изоляции разноименных проводников обмотки в некоторых конструкциях используется полимерный пленочный диэлектрик как полярный, так и неполярный.

При длительном воздействии напряжения в диэлектрике происходит процесс старения. Одной из основных причин старения диэлектрика является развитие ионизации в остаточных газовых включениях, возникающей в большинстве случаев между индуктирующим проводником и диэлектриком вследствие дефекта намотки секции индуктора, воздействий перенапряжения, а также неправильной эксплуатации индуктора.

Ионизация разрушает органические диэлектрики вследствие их бомбардировки свободными ионами или электронами, возникающими в результате этого процесса. Кроме того, выделение тепловой энергии в месте развития ионизации может способствовать разрушению диэлектрика [3].

Таким образом, необходимо улучшать ионизационные свойства конструкции с диэлектриком, в частности повышать ионизирующее напряжение до уровня, превышающего рабочее напряжение. При этом следует принимать во внимание то, что ионизационные явления, связанные с пробоем воздуха в остаточных газовых включениях, не должны проявляться при напряжениях ниже минимально возможного пробивного напряжения воздуха (амплитуда — 300 В).

Одним из способов воздействия на ионизирующее напряжение в ИС следует считать изменение толщины диэлектрика в конструкции индуктора. Покажем это на примере.

Участок обмотки индуктора с диэлектриком, содержащим газовое включение, и эквивалентная схема замещения диэлектрика представлена на рис. 1.

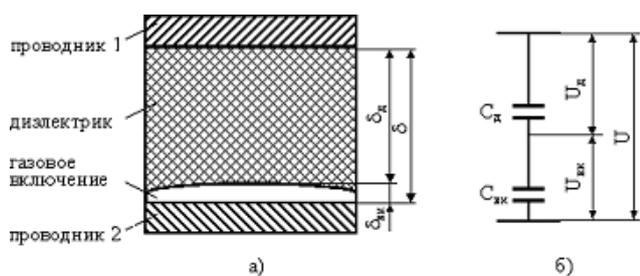


Рис. 1. а) эскиз участка обмотки индуктора с диэлектриком, содержащим газовое включение; б) схема замещения диэлектрика

В предположении того, что расстояние между разноименными проводниками 1 и 2 намного больше толщины газового включения, т.е. $\delta \gg \delta_{BK}$, и того, что включение расположено параллельно проводникам, в первом приближении поле на участке проводники-диэлектрик-газовое включение можно считать однородным.

Напряжение U между разноименными проводниками обмотки индуктора этого участка состоит из напряжения U_D на емкости C_D , соответствующей участку диэлектрика без включения, и напряжения U_{BK} на емкости C_{BK} , соответствующей участку диэлектрика с включением

$$U = U_{\bar{A}} + U_{\bar{A}\bar{E}} \quad (1)$$

Емкости C_D и C_{BK} можно представить в виде емкостей плоского конденсатора

$$\tilde{N}_{\bar{A}} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{\bar{A}} \cdot S}{\delta - \delta_{\bar{A}\bar{E}}}, \quad \tilde{N}_{\bar{A}\bar{E}} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{\bar{A}\bar{E}} \cdot S}{\delta_{\bar{A}\bar{E}}} \quad (2)$$

где $\epsilon_D, \epsilon_{BK}$ — относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика и газового включения соответственно;

ϵ_0 — электрическая постоянная, Ф/м;

S — площадь боковой поверхности разноименных проводников, м².

Отношение напряжений U_D и U_{BK} на емкостях обратно пропорционально этим емкостям

$$\frac{U_{\bar{A}}}{U_{\bar{A}\bar{E}}} = \frac{\tilde{N}_{\bar{A}\bar{E}}}{\tilde{N}_{\bar{A}}} = \frac{\epsilon_{\bar{A}\bar{E}} \cdot \delta - \delta_{\bar{A}\bar{E}}}{\epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}} \quad (3)$$

Запишем (1) с учетом (3), выразив U_D через U_{BK}

$$U = U_{\bar{A}\bar{E}} + U_{\bar{A}\bar{E}} \cdot \frac{\epsilon_{\bar{A}\bar{E}} \cdot \delta - \delta_{\bar{A}\bar{E}}}{\epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}} \quad (4)$$

Разделив каждую из составляющих (4) на δ и принимая во внимание, что относительная диэлектрическая проницаемость газового включения $\epsilon_{BK} = 1$, получим

$$E = \frac{U_{\bar{A}\bar{E}}}{\delta} \cdot \left(1 + \frac{\delta - \delta_{\bar{A}\bar{E}}}{\epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}} \right) \quad (5)$$

Умножив первую составляющую произведения (5) на величину $\frac{\delta}{\epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}}$, а вторую составляющую разделив на эту же величину, получим в итоге

$$E = \frac{U_{\bar{A}\bar{E}}}{\epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}} \cdot \left[1 + \frac{\epsilon_{\bar{A}} - 1 \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}}{\delta} \right] \quad (6)$$

Из (6) видно, что при неизменной толщине газового включения ионизирующая напряженность индуктора увеличивается с уменьшением толщины диэлектрика.

Для определения характера изменения названного влияющего фактора на ионизирующую напряженность индуктора запишем (1) с учетом (3), выразив U_{BK} через U_D

$$U = U_{\bar{A}} \cdot \left(1 + \frac{\epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}}{\delta_{\bar{A}}} \right) \quad (7)$$

Разделив обе части (7) на δ и при учете того, что $\delta = \delta_D + \delta_{BK}$, запишем

$$E = \frac{U_{\bar{A}}}{\delta_{\bar{A}} + \delta_{\bar{A}\bar{E}}} \cdot \frac{\delta_{\bar{A}} + \epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta_{\bar{A}\bar{E}}}{\delta_{\bar{A}}} \quad (8)$$

В том случае, когда газовое включение отсутствует, ионизирующая напряженность индуктора равна $E_0 = U_D / \delta$, где $\delta = \delta_D + \delta_{BK}$, при $\delta_{BK} = 0 \delta = \delta_D$.

При наличии включения размером $\delta_{BK} = 0,01 \delta = \text{Const}$ толщина диэлектрика $\delta_D = 0,99 \delta$.

Для подобного случая при $\epsilon_D = 3$ ионизирующая напряженность индуктора составит

$$E = \frac{U_{\bar{A}}}{1 \cdot \delta} \cdot \frac{0,99 \cdot \delta + 0,01 \epsilon_{\bar{A}} \cdot \delta}{0,99 \cdot \delta_{\bar{A}}} = 1,03 \cdot \frac{U_{\bar{A}}}{\delta} = 1,03 E_0 \quad (9)$$

Далее, меняя δ_D в относительных единицах, от δ получим зависимость $\hat{A}^* = \frac{A}{A_0} = f \delta_{\bar{A}}$ (рис. 2), где E^*

показывает, во сколько раз ионизационная напряженность индуктора возрастает при изменении толщины диэлектрика δ_D с газовым включением по сравнению с ионизационной напряженностью индуктора при его первоначальной толщине без газового включения.

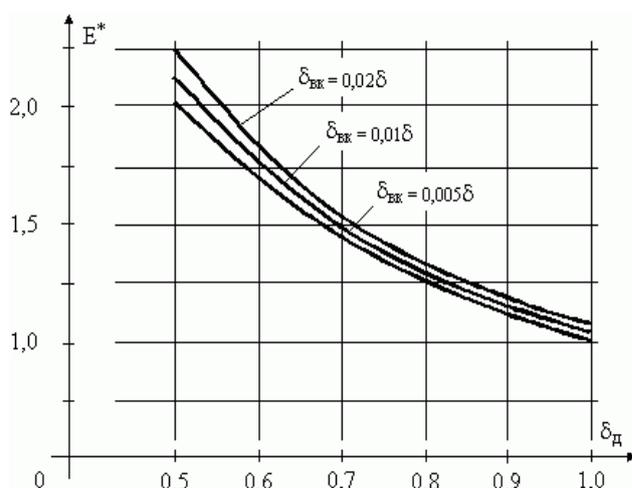


Рис. 2. Зависимость относительной ионизирующей напряженности E^* индуктора от относительной толщины диэлектрика δ_D^*

Из рис. 2 видно, что толщина газового включения мало сказывается на характере зависимости, при этом для включения большей толщины кривая $E^* = f(\delta_{гв})$ имеет больший наклон в области половинной толщины диэлектрика. Соответственно E^* индуктора имеет большие значения в этой области для включения большей толщины.

Дальнейшее уменьшение толщины диэлектрика приводит к еще более резкому возрастанию E^* и при $\delta_{гв} \rightarrow 0, E^* \rightarrow \infty$.

Однако снижение толщины диэлектрика необходимо проводить с таким расчетом, чтобы не вызвать опасного уменьшения запаса его кратковременной электрической прочности.

Полимерные пленки полиэтиленерефталатной группы (ПЭТФ), для которых и проводился расчет, относятся к полярным диэлектрикам с высокой электрической прочностью $E_{np} = 200$ МВ/м [4]. При этом максимум кривой $E_{np} = f(\delta)$ для полимерных пленок лежит в области толщин в $30 \div 40$ мкм, E_{np} которых значительно больше рабочего напряжения индуктора.

Повысить E_{np} пленки ПЭТФ в конструкции ИС позволит запекание секции индуктора после ее намотки при температуре $120 \div 140$ °С. После проведения запекания E_{np} возрастает до 250 кВ/мм. Кроме того, запекание дает стабилизацию емкости ИС за счет вытеснения воздуха из зазоров между витками обмотки, улучшает влагостойкость секции индуктора за счет спекания витков пленки на ее торцах.

Другим способом повышения E_{np} и напряжения начала ионизации является пропитка намотанной секции индуктора при достаточно глубоком вакууме, позволяющем заменить воздушные включения в зазорах между слоями диэлектрической пленки и ленточных проводников жидким диэлектриком. Однако необходимо правильно подбирать состав пропитывающей жидкости, чтобы не произошло ухудшения некоторых характеристик пленочного диэлектрика, например $\text{tg } \delta$, и не произошло растворения пленочного диэлектрика в массе пропитывающей среды. В качестве пропитывающей среды для полиэфирных пленок хорошо зарекомендовали себя полиизобутилен, полисилоксан.

При изготовлении секции ИС с использованием ПЭТФ пленки перед пропиткой эффективным является смазывание пленки мазеподобным составом, например, полисилоксановым вазелином. Этим достигается не только и не столько повышение рабочего напряжения ИС, сколько получения секции индуктора с пониженным температурным коэффициентом емкости термокомпенсированного типа. В этом случае положительный температурный коэффициент пленки в сочетании с отрицательным температурным коэффициентом полисилоксана, заполняющего зазоры между слоями пленки и ленточного проводника, позволяют получить эффект термокомпенсации и обеспечить стабильность емкости ИС при колебании температуры. При использовании названного состава термокомпенсация осуществляется в диапазоне температур от 20 °С до 80 °С.

Изменение толщины диэлектрика довольно существенно сказывается на массогабаритных показателях индуктора. Как видно из зависимостей $W = f(\delta)$ и $G = f(\delta)$ (рис. 3, расчет по разработанной программе «RESONANS1» для обмотки ИС с внутренним диаметром 150 мм, высотой проводниковой ленты 100 мм и изоляции из полимерных пленок ПЭТФ), уменьшение толщины диэлектрика от 100 мкм до 10 мкм снижает число витков обмотки ИС от 1,6 до 2,6 раза и расход цветного металла от 2,5 до 3 раз. Большие значения соответствуют более высокой частоте источника питания. При изменении δ кривые приведенных зависимостей с увеличением f имеют более пологий вид и при частотах 8000 Гц и 10 000 Гц носят характер, близкий к линейному. При снижении частоты источника питания указанные зависимости приобретают более крутой характер. Это следует объяснять увеличением в этом случае длины самокомпенсации обмотки индуктора и более существенным воздействием влияющих факторов на ее емкостное сопротивление, которое в сравнении с индуктивным сопротивлением изменяется более резко.

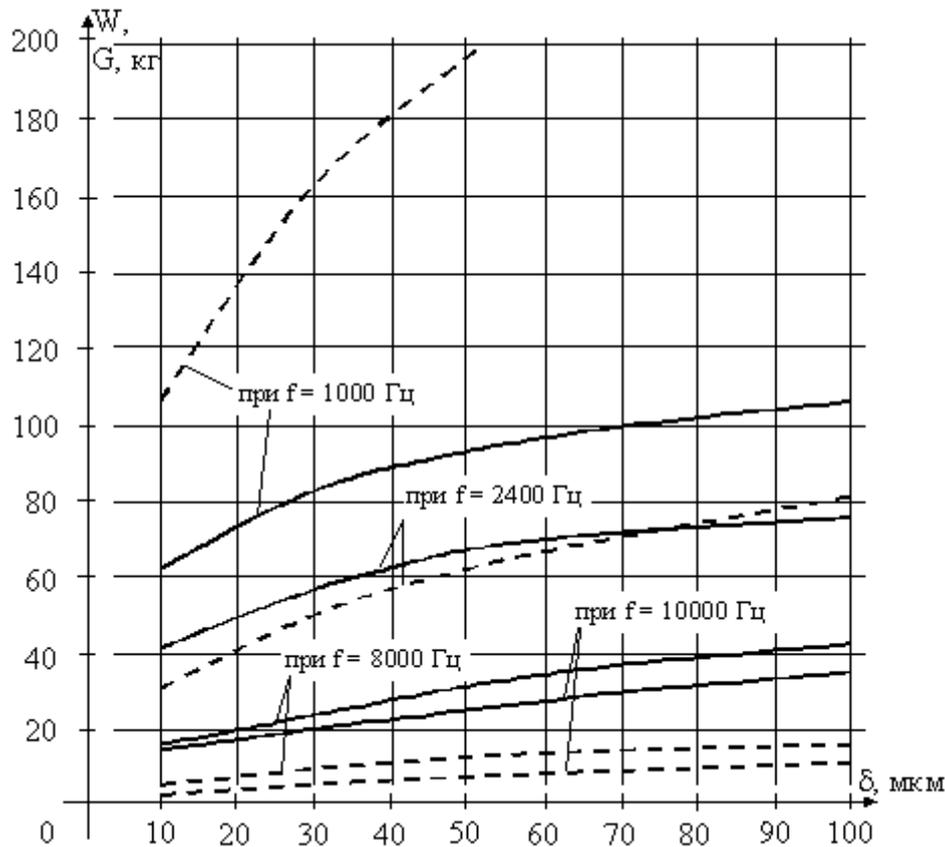


Рис. 3. Зависимость числа витков W и расхода цветного металла G индуктора от толщины диэлектрика δ при различной частоте источника питания f . — для W ; - - - - - для G

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кувалдин А.Б., Андриюшин Н.Ф., Захаров И.В. Расчет электрических и энергетических параметров многослойного индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности // Электричество. 1995. № 7.
2. Патент Республики Казахстан № 9858, Н05В 6/42. Многослойная обмотка индуктора / А.Б.Кувалдин, И.В.Захаров. 2001.
3. Сканави Г.И. Физика диэлектриков. М.: Физматгиз, 1963.
4. Справочник по электротехническим материалам. В 3 т. Т.1 / Под ред. Ю.В. Корицкого и др. М.: Энергоатомиздат, 1986.

УДК 621.313.01(075.8)

К.К. ЖУМАГУЛОВ

Исследования эффективности экранирования неферромагнитного проводящего корпуса конечной длины электрической машины

В некоторых автономных объектах возникает необходимость разработки электрических машин в маломагнитном исполнении (ЭМ ММИ) по двум причинам. Первая обусловлена тем, что современные летательные аппараты, космическая техника и другие автономные системы насыщены различными средствами автоматики, электроники, вычислительной техники, а также исполнительными механизмами — электрическими машинами (ЭМ). В таких условиях внешние магнитные поля (ВМП) рассеяния последних могут оказывать негативное воздействие на элементы электроники, вычислительной техники, нарушая их нормальное функционирование. Вторая — обусловлена задачами оборонного характера: совершенствование неконтактных типов оружия (мин), чутко реагирующих на магнитное поле корабля и его оборудование, что потребовало разработки

средств защиты.

Разработка ЭМ ММИ с уровнем внешних магнитных полей, удовлетворяющим перспективным требованиям, практически невозможна на основе упрощенных математических моделей и методик. Требование маломагнитности ЭМ означает, что помимо обычных требований к ЭМ общепромышленного назначения предъявляются еще и требования к уровню их ВМП.

Под ВМП электрической машины понимают поле, создаваемое ЭМ в окружающем ее пространстве. Условно ВМП ЭМ можно разделить на три составляющие: переменное внешнее магнитное поле, индуцированное магнитное поле и поле остаточного магнетизма. Переменное внешнее магнитное поле (ПВМП) ЭМ обусловлено полями рассеивания, создаваемыми токами, протекающими по ее

обмоткам. Напряженность ПВМП не постоянна и зависит от режима работы ЭМ. Индуцированное магнитное поле (ИМП) обусловлено полем ферромагнитных масс ЭМ, находящихся в магнитном поле земли. Поле остаточного магнетизма обусловлено явлением гистерезиса в ферромагнитных телах.

Таким образом, задача разработки ЭМ ММИ и разработка методов их математического моделирования, более точно, с меньшим числом допущений, описывающих электромагнитные процессы в машине, являются взаимосвязанными, при этом успешное решение первой задачи зависит от решения второй.

Магнитное поле во внешнем неферромагнитном пространстве является трехмерным. Использование для расчета и исследования его классических аналитических методов натолкнулось на ряд непреодолимых трудностей, связанных с неоднородностью среды существования поля, с чрезвычайно сложными граничными условиями. В связи с этим проектирование и исследование ЭМ ММИ на первых этапах своего развития базировалось на упрощенных методиках и математических моделях. Так, реальная ЭМ заменяется диполем и мультиполем. Ряд авторов вводят в предлагаемые модели реальные геометрические размеры. Однако и в них не учитывается ряд факторов, оказывающих значительное влияние на уровень ВМП (не учитываются реальные размеры корпуса, взаимное влияние торцевых зон и активной длины сердечника и т.д.). Требования же к уровню ВМП ЭМ ММИ в настоящее время ужесточились. В связи с этим проблемы повышения точности методов расчета ВМП, их математического моделирования, подробного исследования, поиска технических решений, направленных на снижение уровня ВМП, являются весьма актуальными.

Одним из методов снижения уровня ВМП является экранирование неферромагнитного проводящего корпуса электрической машины.

Рассмотрим влияние корпуса асинхронной машины (АМ), выполненного из неферромагнитного металла, на ПВМП, которое проявляется за счет

вихревых токов, наводимых в корпусе магнитным полем. Распределение вихревых токов по корпусу, их величина, а следовательно, и экранирующий эффект корпуса зависят от характера распределения поля по длине корпуса и от его геометрии. Характер же распределения магнитного поля по длине корпуса, т.е. вблизи машины, зависит от режима работы АД, геометрии сердечника, лобовых частей, электромагнитных нагрузок.

На рис. 1 для режима холостого хода (х.х.) и короткого замыкания (к.з.) приведены кривые распределения радиальной составляющей индукции ПВМП по координате z для макета АД без корпуса ($R_N = 0,18$ м, диаметр сердечника $D_d = 0,28$ м). Кривая распределения радиальной составляющей магнитной индукции в режиме холостого хода имеет практически однозначный характер, достигая своего максимального значения при $z = 0$. Следовательно, и аксиальная составляющая тока корпуса также будет однозначной, демпфируя ПВМП АМ.

В режиме короткого замыкания кривая $B_R = f(z)$ имеет сложный неоднозначный характер. При этом токи корпуса, обусловленные ПВМП, в его средней части могут иметь (в зависимости от длины корпуса) один знак, а в крайних его частях — другой. Поэтому воздействие корпуса на ПВМП является, в общем, также неоднозначным.

Такой же, как и в режиме короткого замыкания, неоднозначный характер распределения поля вблизи машины может иметь место и в режиме холостого хода, если м.д.с. на ярмо весьма мала, последнее может быть получено, например, при использовании для сердечника стали 27КХ или 49К2ФА.

Степень воздействия корпуса на магнитное поле будем определять коэффициентом экранирования, который равен отношению магнитной индукции ПВМП с корпусом в точке пространства, значительно удаленной от машины, к магнитной индукции поля без корпуса в той же точке.

На рис. 2 для режимов х.х. и к.з. приведены кривые коэффициентов экранирования корпуса в функции его длины моделей АД.

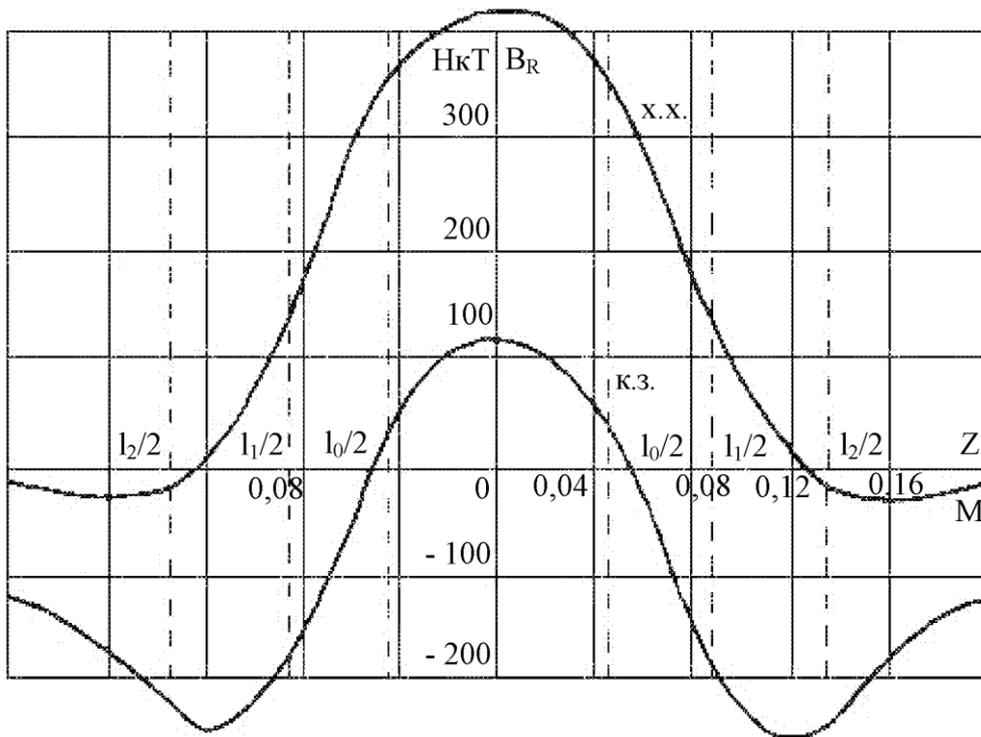


Рис. 1. Кривые изменения радиальной составляющей индукции ПВМП макета АД без корпуса в функции координаты z ($R_N = 0.185$)

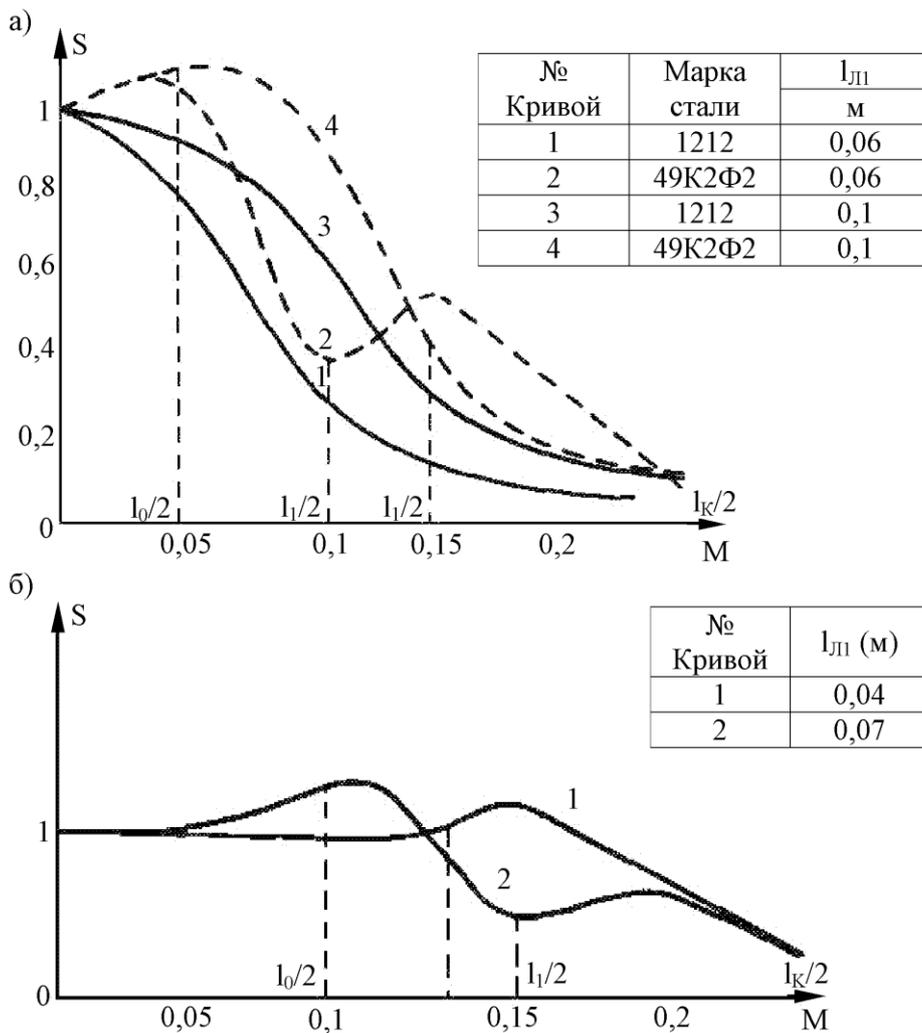


Рис. 2. Зависимость коэффициента экранирования корпуса от его длины: а) режим х.х., $\lambda = 0,3$; б) режим к.з., $\lambda = 0,9$

Полученные результаты показывают, что в режиме холостого хода корпус хорошо экранирует ПВМП, эффективность экранирования улучшается с увеличением длины корпуса и степени насыщения ярма статора и ухудшается с ухудшением вылета лобовых частей обмотки статора. В режиме короткого замыкания эффективность экранирования значительно хуже, чем в режиме холостого хода, а при определенных соотношениях геометрии лобовых частей обмотки статора и ротора корпус может быть даже усилителем поля.

Эффективность экранирования корпуса в режиме нагрузки зависит от эффективности экранирования в режимах холостого хода и короткого замыкания.

Как показывают результаты численных исследований, в общем случае эффективность экранирования корпуса является сложной функцией режима работы АМ, геометрии сердечника, корпуса, лобовых частей обмоток, насыщения участков магнитной цепи и других факторов. Уточненная количественная оценка эффективности экранирования корпуса может быть получена путем расчета конкретного асинхронного двигателя по разработанной автором программе на ЭВМ. Результаты проведенных исследований позволяют сделать и ряд общих выводов:

1. На экранирующее действие неферромагнитного проводящего корпуса большое влияние оказывает структура магнитного поля в области расположения корпуса; при однозначном (или близком к однозначному) характере распределения радиальной составляющей индукции ПВМП по образующей корпуса, эффективность экранирования удовлетворяет требованиям.

2. В режимах холостого хода и короткого замыкания — в соответствии со структурой ПВМП — эффективность экранирования магнитного поля корпусом является различной: в режиме холостого хода экранирующее действие корпуса обычно весьма эффективное; при этом эффективность экранирования увеличивается с увеличением длины корпуса; в режиме короткого замыкания экранирующее действие корпуса значительно хуже, чем в режиме х.х., а при определенном соотношении геометрических размеров корпуса, сердечника и вылета лобовых частей обмоток корпус может быть и усилителем поля.

3. Краевой эффект корпуса оказывает значительное влияние на картину распределения токов в корпусе, наведенных ПВМП, а следовательно, и на эффективность экранирующего действия корпуса. Это наглядно проявляется в сильной зависимости коэффициента экранирования от длины корпуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жумагулов К.К. Расчет внешнего магнитного поля искажения, обусловленного сердечником модели электрической машины / КарГТУ // Тр. ун-та. 2001. №1. С. 80-83.

УДК 622.416:681.518

Л.А. АВДЕЕВ
В.Н. ШАТОХИН
Д.С. ТАРАСЕНКО

Автоматический контроль состояния выработок на добычных участках с прямоточной схемой проветривания и подсыжением

Изменение (увеличение) в процессе эксплуатации аэродинамического сопротивления воздухоподающей выработки и лавы вследствие деформации крепи, поддутия почвы и других причин ведет к изменению режима проветривания участка, уменьшению количества поступающего в лаву воздуха, росту концентрации метана на исходящей струе, увеличению утечек воздуха через выработанное пространство и повышению за счет этого эндогенной пожароопасности.

В соответствии с этим ставится задача определения зависимости перепада давления ΔH_{BC} на вентиляционном сооружении (служащим для изменения — регулирования количества воздуха, подаваемого на подсыжение q_{II}) от изменения аэродинамического сопротивления лавы R_2 (см. рис. 1 а, б), а также зависимости изменения при этом расходов воздуха через лаву q_L , на подсыжение q_{II} и на участок $q_{уч}$. На основе результатов анализа искомым зависимостей существует возможность осуществления непрерывного автоматического контроля состояния воздухоподающих выработок с выводом информации на пульт диспетчера.

Для решения задачи составим расчетную схему (рис. 1 в), где с целью ее упрощения принято:

$$а) R_L = R_1 + R_2 = \text{var};$$

$$б) R_{II} = R_{BC} + R_3 = \text{const}; \text{ при этом } \Delta H_{BC} = k_1 + \Delta H_{II},$$

где $k_1 = \frac{R_{BC}}{R_I}$;

в) $R_3 = \text{const}$ — эквивалентное аэродинамическое сопротивление всех остальных ветвей вентиляционной сети шахты;

г) H — депрессия, создаваемая ВГП шахты. $H = \text{const}$, т.к. изменение аэродинамического сопротивления лавы ($R_L = \text{var}$) при наличии большого количества параллельных ветвей в шахтной вентиляционной сети практически не влияет на величину создаваемой ВГП депрессии;

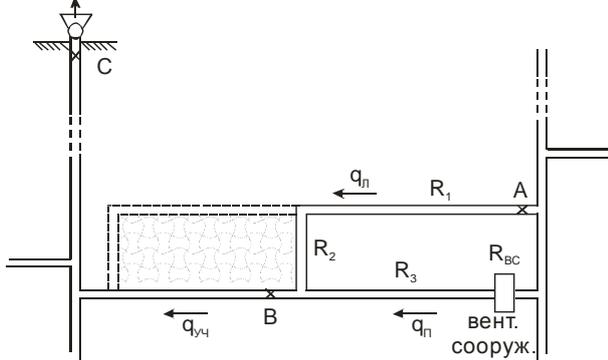
д) утечки воздуха через выработанное пространство не учитываются (на данном этапе решения задачи).

При квадратичном законе сопротивления движению воздуха [1] депрессия на участке АВ (рис. 1 в) составляет:

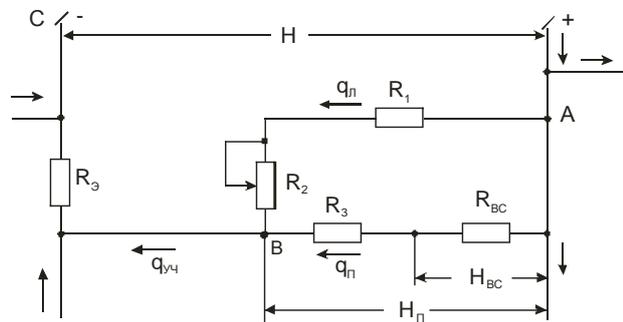
$$\Delta H_{AB} = \Delta H_I = R_I \cdot q_I^2 = R_E \cdot q_E^2 = R_0 (q_E + q_I)^2 = R_0 q_{0x}^2, \quad (1)$$

где $R_0 = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_E} + \sqrt{R_I}}\right)^2}$ — общее аэродинамическое

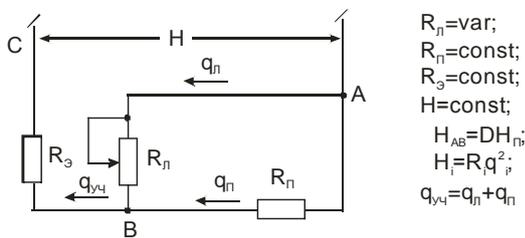
сопротивление ветви АВ.



а) технологическая схема



б) эквивалентная электрическая схема (с учетом наличия квадратичной зависимости $DH_i = R_i q_i^2$)



$R_n = \text{var};$
 $R_1 = \text{const};$
 $R_3 = \text{const};$
 $H = \text{const};$
 $H_{AB} = DH_n;$
 $H_i = R_i q_i^2;$
 $q_{vch} = q_n + q_n$

в) расчетная схема

Рис. 1

С другой стороны, депрессия на участке АВ, выраженная через создаваемую ВГП депрессию Н, определяется зависимостью:

$$\Delta H_{AB} = H - R_Y \cdot q_{Ox}^2 \quad (2)$$

Подставив в (2) значение q_{vch}^2 , полученное из (1), и учитывая, что $\Delta H_{AB} = \Delta H_{II}$, находим:

$$\Delta H_I = \frac{I}{1 + R_Y \left(\frac{1}{\sqrt{R_E}} + \frac{1}{\sqrt{R_I}} \right)^2}; \quad (3)$$

$$q_E = \sqrt{\frac{\Delta I}{R_E}}; \quad q_I = \sqrt{\frac{\Delta I}{R_I}}; \quad q_{Ox} = q_E + q_I \quad (4)$$

Из формулы (3) следует, что перепад давления ΔH_{II} зависит от многих параметров шахтной вентиляционной сети, в том числе от создаваемой ВГП депрессии Н и аэродинамических сопротивлений R_E, R_I, R_{II} . Так как для конкретных условий в установившемся режиме работы шахты ряд указанных параметров в течение длительного времени остается постоянным либо изменяется незначительно, то представляется возможным исследовать зависимость

$$\Delta H_I = f \cdot (R_E) \quad (5)$$

при $H = \text{const}, R_3 = \text{const}, R_{II} = \text{const}$.

При аналитическом исследовании зависимости (5) в соответствии с поставленной задачей целесообразно использовать не абсолютные, а относительные, нормированные значения параметров, причем за базисные значения при нормировании целесообразно принять значения параметров, соответствующие нормальному состоянию (в смысле аэродинамического сопротивления) выработок участка и обозначаемые далее индексом «Б».

Как следует из постановки задачи, аргументом исследуемой функциональной зависимости является текущее (задаваемое) значение сопротивления R_{II} . Нормированное значение аэродинамического сопротивления лавы $\bar{R}_{E\Delta}$, численно равно коэффициенту k , показывающему, во сколько раз по отношению к базисному изменяется текущее значение аэродинамического сопротивления лавы R_{II} , т.е.

$$\bar{R}_E = k = \frac{R_{E\Delta}}{R_{EA}} \quad (6)$$

Нормированное значение перепада давления $\Delta \bar{I}_I$ показывает, во сколько раз текущее значение ΔH_{II} изменяется по отношению к базисному значению $\Delta H_{IIБ}$, т.е.

$$\Delta \bar{H}_I = \frac{\Delta I}{\Delta I_{IA}} \quad (7)$$

Соответственно нормированные значения расходов воздуха через лаву \bar{q}_E , на подсвеживание \bar{q}_I и участок \bar{q}_{Ox} определяются по формулам:

$$\bar{q}_E = \frac{q_{E\Delta}}{q_{EA}}; \quad \bar{q}_I = \frac{q_{I\Delta}}{q_{IA}}; \quad \bar{q}_{Ox} = \frac{q_{Ox\Delta}}{q_{Ox\Delta}} \quad (8)$$

С учетом изложенного выше найдем расчетные формулы для определения нормированных значений параметров.

Используя (3) и (7), находим

$$\Delta \bar{H}_I = \frac{\Delta I}{\Delta I_{IA}} = \frac{1 + R_Y \left(\frac{1}{\sqrt{R_{EA}}} + \frac{1}{\sqrt{R_I}} \right)^2}{1 + R_Y \left(\frac{1}{\sqrt{R_{E\Delta}}} + \frac{1}{\sqrt{R_I}} \right)^2}$$

После несложных алгебраических преобразований получаем

$$\Delta \bar{H}_i = \frac{\frac{R_f}{R_y} + \left(1 + \sqrt{\frac{R_f}{R_{EA}}}\right)^2}{\frac{R_f}{R_y} + \left(1 + \sqrt{\frac{R_f}{R_{E\dot{o}}}}\right)^2} = \frac{\dot{A}_1 + (1 + \sqrt{A_2})^2}{\dot{A}_1 + \left(1 + \sqrt{\frac{A_2}{k}}\right)^2}, \quad (9)$$

где $A_1 = \frac{R_f}{R_y}; \quad A_2 = \frac{R_f}{R_{EA}}.$ (10)

Из (8) с учетом (4), (6), (7) и условия $R_{\Pi} = \text{Const}$ находим:

$$\bar{q}_E = \frac{q_{E\dot{o}}}{q_{EA}} = \sqrt{\frac{\Delta \dot{I}_{i\dot{o}} \cdot R_{EA}}{R_{E\dot{o}} \cdot \Delta \dot{I}_{iA}}} = \sqrt{\frac{\Delta \bar{I}_i}{k}}; \quad (11)$$

$$\bar{q}_i = \frac{q_{i\dot{o}}}{q_{iA}} = \sqrt{\frac{\Delta \dot{I}_{i\dot{o}} \cdot R_f}{R_f \cdot \Delta \dot{I}_{iA}}} = \sqrt{\Delta \bar{I}_i}. \quad (12)$$

Используя (1), (7), (8), (10), получаем формулу для определения значения расхода воздуха по участку $\bar{q}_{\dot{o}\times}$

$$\bar{q}_{\dot{o}\times} = \frac{q_{\dot{o}\times\dot{o}}}{q_{\dot{o}\times A}} = \sqrt{\frac{\Delta \dot{I}_{i\dot{o}} \cdot R_{fA}}{R_{f\dot{o}} \cdot \Delta \dot{I}_{iA}}} = \sqrt{\frac{\Delta \bar{I}_i}{k}} \cdot \frac{1 + \sqrt{\frac{k}{A_2}}}{1 + \sqrt{\frac{1}{A_2}}}. \quad (13)$$

Анализ полученных выражений (3), (9)-(13) показывает, что для аналитического исследования зависимостей

$$\Delta \bar{I}_i = f_1 \bar{R}_E, \quad \bar{q}_E = f_2 \bar{R}_E, \quad \bar{q}_i = f_3 \bar{R}_E, \quad \bar{q}_{\dot{o}\times} = f_4 \bar{R}_E$$

необходимы значения следующих условно-постоянных величин конкретного (исследуемого) участка — депрессии H , создаваемой ВГП, и аэродинамических сопротивлений $R_{\Pi}, R_{ЛБ}, R_{Э}$.

Значение депрессии H определяется непосредственно по показанию депрессиометра на ВГП, а для определения аэродинамических сопротивлений $R_{\Pi}, R_{ЛБ}, R_{Э}$ необходимо произвести измерения базисных значений:

- а) расхода воздуха через лаву — $q_{ЛБ}$;
- б) расхода воздуха на подсвежение исходящей струи — $q_{ЛБ}$;
- в) депрессии на исследуемом участке вентиляционной сети — $\Delta H_{ЛБ}$.

С использованием результатов измерений определить базисное аэродинамическое сопротивление лавы $R_{ЛБ}$, а также аэродинамические сопротивления R_{Π} и $R_{Э}$ по формулам:

$$R_{EA} = \frac{\Delta \dot{I}_{iA}}{q_{EA}^2}; \quad R_i = \frac{\Delta \dot{I}_{iA}}{q_{iA}^2}; \quad R_y = \frac{\dot{I} - \Delta \dot{I}_{iA}}{(q_{EA} + q_{iA})^2}. \quad (14)$$

Полученные формулы (9)-(14) позволяют рассчитывать нормированные значения $\Delta \bar{H}_i, \bar{q}_E, \bar{q}_i, \bar{q}_{\dot{o}\times}$ для любых задаваемых нормированных значений аэродинамического сопротивления $\bar{R}_E = k$ и проводить аналитические исследования функциональной зависимости (5).

Результаты расчета нормированных значений указанных параметров с использованием формул (9)-(14) при различных значениях $\bar{R}_E = k$ в диапазоне от 0,125 до 4,0 приведены в таблице для двух вариантов базисных значений параметров, отличающихся только расходами воздуха через лаву $q_{ЛБ}$ и на подсвежение $q_{ЛБ}$:

- а) $H = 400$ даПа; $\Delta H_{ЛБ} = 40$ даПа; $q_{ЛБ} = 10$ м³/с; $q_{ЛБ} = 15$ м³/с;
- б) $H = 400$ даПа; $\Delta H_{ЛБ} = 40$ даПа; $q_{ЛБ} = 15$ м³/с; $q_{ЛБ} = 10$ м³/с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НОРМИРОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ (ЧИСЛИТЕЛЬ — ПО ВАРИАНТУ «А», ЗНАМЕНАТЕЛЬ — ПО ВАРИАНТУ «Б» БАЗИСНЫХ ЗНАЧЕНИЙ)

$\bar{R}_E = k$	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
$\Delta \bar{H}_i$	0,357 0,246	0,536 0,416	0,756 0,665	1,0 1,0	1,248 1,405	1,386 1,663	1,479 1,847
\bar{q}_E	1,690 1,403	1,464 1,290	1,230 1,154	1,0 1,0	0,790 0,838	0,680 0,745	0,608 0,680
\bar{q}_i	0,597 0,496	0,732 0,645	0,869 0,814	1,0 1,0	1,117 1,185	1,177 1,290	1,216 1,359
$\bar{q}_{\dot{o}\times}$	1,035 1,040	1,025 1,032	1,014 1,018	1,0 1,0	0,986 0,977	0,979 0,963	0,973 0,952

На рис. 2 приведены построенные по данным таблицы графики зависимости нормированных значений перепада давления на вентиляционном сооружении $\Delta \bar{H}_i$ и расходов воздуха $\bar{q}_E, \bar{q}_i, \bar{q}_{\dot{o}\times}$ от изменения аэродинамического сопротивления лавы \bar{R}_E .

Как следует из графика, увеличение аэродинамического сопротивления лавы, при постоянстве аэродинамических параметров остальных выработок участка ведет к уменьшению количества воздуха, поступающего в лаву \bar{q}_E , и увеличению как перепада давления на вентиляционном сооружении $\Delta \bar{H}_i$, так и количества воздуха на подсвежение q_{Π} . Интенсивность и диапазон изменения указанных параметров зависит от соотношения базисных значений аэродинамических сопротивлений лавы $R_{ЛБ}$ и вентсооружения $R_{ЛБ}$ и с уменьшением отношения $R_{ЛБ} / R_{ЛБ}$ диапазон изменения параметров увеличивается. Как следует из приведенного на рис. 2 графика, при увеличении сопротивления лавы, например в 2 раза ($\bar{R}_E = 2,0$), перепад давления $\Delta \bar{H}_i$ увеличивается по сравнению с базисным значением на 24,8 % — для варианта «а», и на 40,5 % — для варианта «б» (при этом для варианта «а» отношение $R_{ЛБ} / R_{ЛБ} = 2,247$, а для варианта «б» отношение $R_{ЛБ} / R_{ЛБ} = 0,445$).

На величину изменения исследуемых показателей влияет также, как указано выше, значение депрессии, создаваемой ВГП. Как показывают результаты численного анализа, изменение депрессии H слабо влияет на изменение исследуемых параметров ($\Delta \bar{H}_i, \bar{q}_E, \bar{q}_i, \bar{q}_{\dot{o}\times}$). Так, при изменении депрессии H с 400 даПа до 300 даПа (т.е. на 25 %) согласно расчетам по формулам (9)-(14) для условий варианта «б» базисных

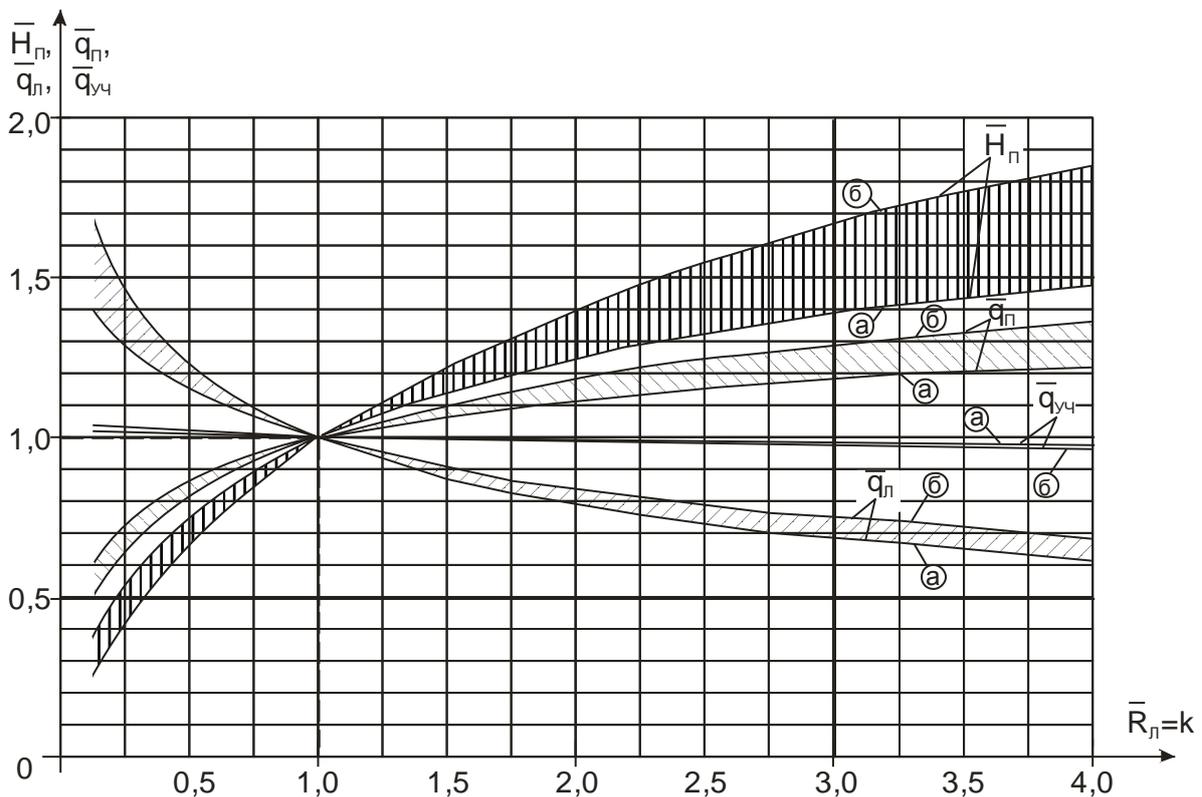
значений изменение значений исследуемых параметров при $k = 2$ составляет:

- а) значение $\overline{\Delta H}_i$ уменьшается с 1,405 до 1,385 (на 2,0 %);
- б) значение \overline{q}_E уменьшается с 0,838 до 0,832 (на 0,6 %);
- в) значение \overline{q}_I уменьшается с 1,185 до 1,177 (на 0,8 %);
- г) значение $\overline{q}_{\text{оx}}$ уменьшается с 0,977 до 0,970 (на 0,7 %).

Таким образом, результаты выполненного анализа показывают, что параметром, существенно реагирующим на изменение аэродинамического сопротивления воздухоподающей выработки и лавы, является перепад давления ΔH_{II} на вентиляционном сооружении, с помощью которого изменяют количество воздуха, подаваемого на подсвеживание исходящей струи. Значение депрессии на вентсооружении находится в прямой, но не пропорциональной зависимости от величины аэродинамического сопротивления воздухоподводящей выработки и лавы.

Для практической реализации централизованного автоматического контроля аэродинамического состояния воздухоподводящих выработок и лавы требуется минимальный комплект технических средств, включающий в свой состав преобразователь (датчик) депрессии, например преобразователь ПДС-1, и один канал передачи информации аппаратуры АПИ, функционирующей в настоящее время на всех шахтах УД в составе различных подсистем АСУ «Безопасность» шахты.

На основе получаемой информации о величине перепада давления на вентсооружении, а также данных подсистемы аэрогазового контроля о расходе воздуха и концентрации метана оперативный персонал может производить оценку состояния в аэродинамическом отношении контролируемых выработок участка. При увеличении аэродинамического сопротивления до опасной величины, задаваемой оперативным персоналом с учетом соображений эндогенной пожароопасности, системой может автоматически осуществляться аварийная сигнализация.



Базисные значения параметров для вариантов

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| а) $H = 400$ даПа; | б) $H = 400$ даПа; |
| $\Delta H_{II} = 40$ даПа; | $\Delta H_{II} = 40$ даПа; |
| $q_{II} = 10$ м ³ /с; | $q_{II} = 15$ м ³ /с; |
| $q_{I} = 15$ м ³ /с; | $q_{I} = 10$ м ³ /с. |

Рис. 2. Графики зависимости нормированных значений $\overline{\Delta H}_i$, \overline{q}_E , \overline{q}_I , $\overline{q}_{\text{оx}}$ от изменения аэродинамического сопротивления лавы \overline{R}_E

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика. М.: Недра, 1972. 274 с.

УДК 622.0025:621.314.632

Т.Б. КРИЦКАЯ
Б.Н. ФЕШИН

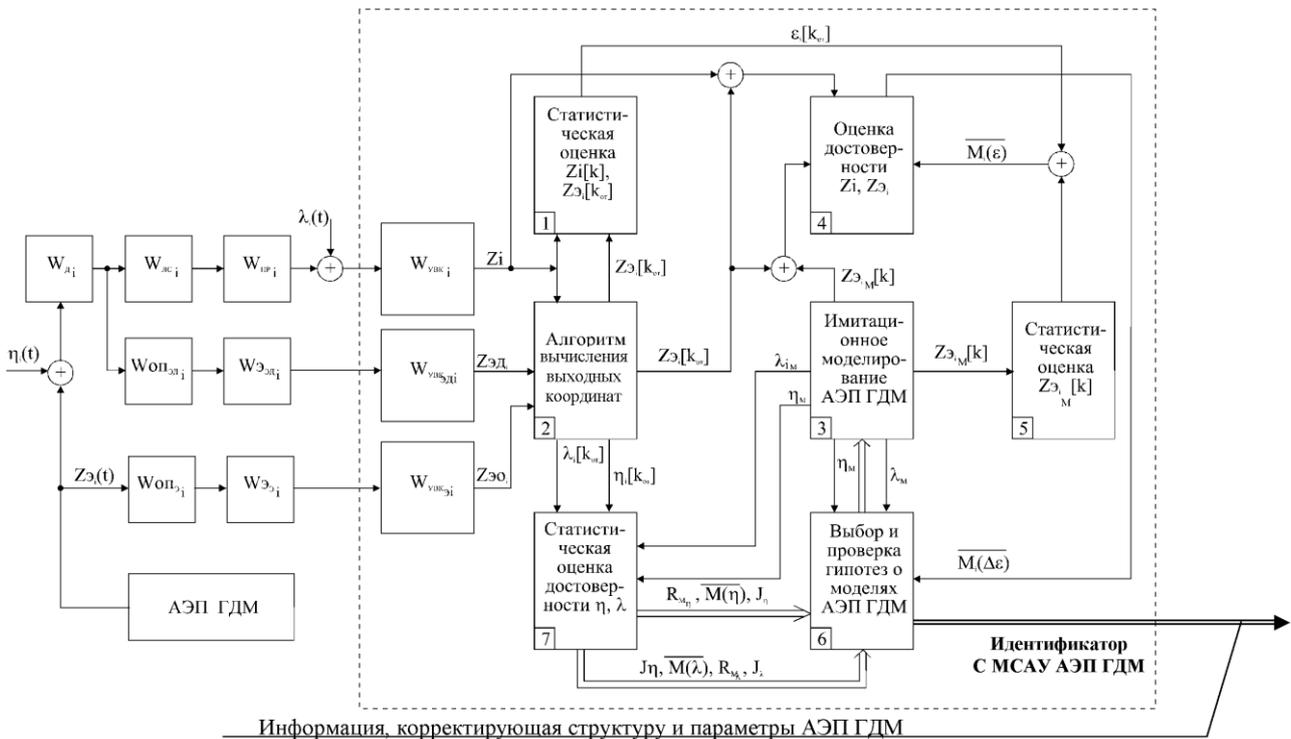
Идентификация электромагнитных и электромеханических моделей электроприводов горно-добывающих машин

Режимы работы горно-добывающих машин (ГДМ) в добычных лавах существенно зависят от состояния горно-геологических условий, которые в общем случае можно характеризовать как стохастические процессы [1].

Современные комбайны для добычи угля из пологопадающих пластов средней мощности имеют мощные управляемые электроприводы исполнительных органов резания и механизмов подачи, что позволяет с достаточно высокой вероятностью предполагать возможность работы этих машин продолжительное время в условиях, отличных от номинальных режимов нагружения электроприводов и производственных механизмов. Наличие подобных отклонений приводит к тому, что сопротивление обмоток электродвигателей, передаточные отношения, приведенные зазоры и диссипативные потери в механических передачах исполнительных органов и механизмов подачи не остаются постоянными, соответственно, меняются статические и динамические характеристики электродвигателей и электроприводов. Вопрос «На сколько готовы существующие системы управления учесть изменение свойств электроприводов исполнительных органов и механизмов подачи комбайнов?» остается открытым, так как эти системы в подавляющем числе случаев рассчитываются на номинальные режимы работы горно-добывающих машин. Возможное решение — это создание адаптивных систем управления, оснащенных идентификаторами электромагнитных и электромеханических математических моделей электроприводов горно-добывающих машин в

реальном времени. Один из вариантов идентификаторов представлен на рисунке. ГДМ (например типа К128П, Казахстан, Айкхофф SL) с приводом постоянного тока механизмов подачи и асинхронными электроприводами исполнительных органов резания является многосвязным объектом автоматического регулирования. Каждый электропривод имеет локальную систему автоматизированного электропривода — АЭП, а управление ГДМ предлагается [2] осуществлять супервизорной многосвязной системой автоматического управления (С МСАУ ГДМ). Для построения идентификатора в структуре С МСАУ ГДМ принципиально важно, чтобы существовал минимальный набор реально измеряемых сигналов, которые могут быть признаны достоверными. Для ГДМ указанного выше типа такими сигналами являются линейная скорость перемещения машины, частоты вращения валов двигателей резания и подачи, а также токи двигателей резания и подачи. Рассмотрим алгоритмы идентификации по структурной схеме, изображенной на рисунке. В месте возникновения сигналов существует возможность их регистрации и передачи по отдельно выделенным каналам связи, исключая помехи и имеющим известное запаздывание в управляющем вычислительном комплексе (УВК). В структурной схеме идентификатора обозначения имеют следующий смысл:

- $Z_{Y_i}(t)$ — i -й физический сигнал на выходе АЭП ГДМ;



Информация, корректирующая структуру и параметры АЭП ГДМ

Структурная схема идентификатора супервизорной МСАУ моделей АЭП ГДМ

- $Z_i[k]$ — ординаты i -го сигнала, записанные в базу данных (БД) супервизорной МСАУ АЭП ГДМ;
- $Z_{\hat{Y}_i}, Z_{\hat{Y}_i}$ — ординаты i -го сигнала (оцениваемые, соответственно, операторами на выходе датчика с передаточной функцией $W_{\hat{A}_i}$ и на выходе АЭП ГДМ), поступающие в УВК и базу данных С МСАУ АЭП ГДМ по отдельно выделенным линиям связи;
- $\eta_i(t), \lambda_i(t)$ — аддитивные возмущения и помехи, накладываемые на $Z_{\hat{Y}_i}$ сигнал;
- $W_{\hat{A}_i}(\delta)$ — передаточная функция датчика, измеряющего $Z_{\hat{Y}_i}$ -й сигнал;
- $W_{\hat{E}_{N_i}}$ — оператор (передаточная функция) линии связи;
- $W_{\hat{I}_{D_i}}$ — оператор (передаточная функция) устройства ввода данных (УВД) в УВК;
- $W_{\hat{I}_{\hat{Y}_i}}$ и $W_{\hat{I}_{\hat{Y}_i}}$ — передаточные функции операторов, оценивающих $Z_{\hat{Y}_i}$ -й сигнал, соответственно, на выходе датчика и ГДМ;
- $W_{\hat{Y}_{\hat{A}_i}}$ и $W_{\hat{Y}_{\hat{Y}_i}}$ — операторы (передаточные функции) отдельно выделенных линий связи;
- $W_{\hat{O}\hat{A}\hat{E}_i}, W_{\hat{O}\hat{A}\hat{E}_{\hat{Y}_i}}, W_{\hat{O}\hat{A}\hat{E}_{\hat{Y}_i}}$ — операторы (передаточные функции) УВК при размещении в базе данных, соответственно, ординат и абсцисс сигналов $Z_i, Z_{\hat{Y}_i}, Z_{\hat{Y}_i}$.

При условии, что операторы (передаточные функции) известны, а в базе данных УВК хранятся ординаты и абсциссы $Z_i, Z_{\hat{Y}_i}$ и $Z_{\hat{Y}_i}$, возможно вычисление ординат $Z_{\hat{Y}_i}, \eta_i, \lambda_i$ в отдельные моменты времени $t_{OT} = \Delta t \cdot k$, а по множеству измерений $Z_i[k], k = 1, N_{\hat{E}}$ возможно получение статистических оценок:

- математического ожидания ($M(Z_i)$);
- дисперсии (D_i);
- среднеквадратических отклонений (δ_i^2), а также допустима проверка гипотез стационарности и эргодичности процессов $Z_i[k]$ и, в случае их подтверждения, определение корреляционных (R_i), взаимокорреляционных (R_{ij}) и спектральных функций (S_i) (в блоке 1). Обозначим вектор оценок $\overline{Z_i[k]} = M Z_i, D_i, \delta_i^2, R_i, R_{ij}, S_i$.

В УВК путем имитационного моделирования (блок 3) рассчитываются модельные значения $Z_{\hat{Y}_i}[k]$, а в блоке 2 — отдельные реализации $Z_{\hat{Y}_i}[k], \eta_i[k_{OT}], \lambda_i[k_{OT}]$, являющиеся реальными амплитудами сигналов $\eta_i(t), \lambda_i(t)$ и $Z_{\hat{Y}_i}(t)$ в момент времени $t = t_{OK}$.

По $Z_{\hat{Y}_i}[k]$ рассчитываются статистические оценки $\overline{Z_{\hat{Y}_i}[k]}$ (блок 5), которые затем сравниваются с оценками, полученными по экспериментальным реализациям $Z_i[k]$; в результате формируется вектор отклонения статистических оценок:

$$\overline{M_i(\varepsilon_i)} = \varepsilon_{i_{Z_i}}, \varepsilon_{D_i}, \varepsilon_{\delta_i^2}, \varepsilon_{R_i}, \varepsilon_{R_{ij}}, \varepsilon_{S_i}.$$

Абсолютные отклонения $\varepsilon_{\hat{Y}_i}[k_j \delta] = Z_{\hat{Y}_i}[k] - Z_{\hat{Y}_i}[k_j \delta]$ используются в блоке 4 для оценки достоверности измерения $Z_i, Z_{\hat{Y}_i}$ и имитационного моделирования $Z_{\hat{Y}_i}[k]$.

Рассчитанные отдельные ординаты $\eta_i[k_{OT}], \lambda_i[k_{OT}]$ поступают в блок 7, где они накапливаются для последующей статистической оценки и принятия решения о проверке достоверности гипотезы о характере изменения η_i и λ_i в моделях АЭП ГДМ.

Сигналы $Z_i[k], k = 1, N_k$, а также их «модельные» аналоги как результат имитационного моделирования

ГДМ (в блоке 7) $Z_{\dot{y}_i}[k]$ могут быть получены на любых интервалах времени $\{0, T\}$ в виде массивов ординат через заданные Δt , где $T = \Delta t \cdot k$, $k = \overline{1, Nk}$. Алгоритмы вычисления математического ожидания, дисперсии, корреляционных и спектральных функций случайных процессов, а также оценки законов распределения $Z_i[k]$ известны [3]. Администратор супервизорной МСАУ АЭП ГДМ устанавливает тип анализируемой машины из комплекса ГДМ и условия, определяющие режим ее работы. По последним данным выбирается из БД модель машины, внешних возмущений и помех, а затем осуществляется имитационное моделирование с последующим размещением в базе данных массивов $Z_{\dot{y}_i}[k]$, $\lambda_{im}[k]$, $\eta_{im}[k]$. Имитационному моделированию предшествуют проверка устойчивости объекта, описываемого анализируемой моделью, а также оценка управляемости и наблюдаемости модели. Принципиально возможны ситуации, когда объект — элемент комплекса ГДМ и (или) модель структурно и параметрически неустойчив(а), неуправляем(а) и (или) ненаблюдаем(а). В супервизорной МСАУ АЭП ГДМ подобные факты являются не катастрофой, а условием запуска алгоритмов проверки корректности модели объекта и изменения модельной гипотезы о режиме его эксплуатации. Имитационное моделирование АЭП ГДМ заключается в проведении на УВК целенаправленных вычислительных экспериментов с математическими соотношениями, описывающими реальный объект и условия его взаимодействия с внешней средой. Результаты экспериментов в виде массивов показателей динамических и статических режимов АЭП ГДМ в функции от конструктивных параметров машины и внешних возмущений размещаются в БД, а затем обрабатываются по известным алгоритмам теории планирования экспериментов [5,6].

В блоке 3 имитируются случайные процессы $\eta(t)$, $\lambda(t)$ при условиях, задаваемых алгоритмом выбора гипотез о внешних возмущениях и типом модели ГДМ (блок 6). Массивы $\lambda_i[k_{OT}]$, $\eta_i[k_{OT}]$, $\eta_m[k]$, $\lambda_m[k]$ поступают в блок 7 для статистической оценки и проверки достоверности имитирования $\eta_m[k]$, $\lambda_m[k]$. Меру достоверности $\eta_m[k]$ и $\lambda_m[k]$ можно сформулировать на основе сравнения $\eta_m[k]$, $\lambda_m[k]$ с $\eta_m[k_{OT}]$, $\lambda_m[k_{OT}]$ в случае, если стохастические процессы $\eta_m[k]$, $\lambda_m[k]$, $\eta_m[k_{OT}]$, $\lambda_m[k_{OT}]$ относятся к классу стационарных и эргодических. Априорно утверждать об этом можно для возмущения $\eta_m[k]$, непосредственно связанного с сопротивляемостью угля резанию $A(t)$ и являющегося, как доказано в работах А.В. Докукина, Е.З. Позина, Ю.Д. Красникова, З.Я. Хургина и др., стационарным случайным эргодическим процессом с нормальным законом распределения.

Накопленные в базе данных ординаты $\eta_i[k]$, $\lambda_i[k]$, $\eta_i[k_{OT}]$, $\lambda_i[k_{OT}]$ (блок 7) используются для вычисления математических ожиданий и

корреляционных функций: $\dot{\lambda}_i \eta_i[k]$, $\dot{\lambda}_i \lambda_i[k]$, $M(\eta_i[k_{OT}])$, $M(\lambda_i[k_{OT}])$, $R_{M\eta}$, $R_{M\lambda}$, $R\eta_{OT}$, $R\lambda_{OT}$.

При проверке свойства эргодичности необходимо сравнивать математические ожидания, дисперсии и корреляционные функции (или только математические ожидания и корреляционные функции), вычисленные на достаточно продолжительном временном интервале наблюдения, с этими же характеристиками, вычисленными по множеству наблюдений.

Результатом работы идентификатора является информация на выходе блока 6, корректирующая структуру и параметры моделей локальных АЭП ГДМ.

Проведенный анализ рассмотренного варианта идентификатора позволяет сделать выводы и поставить задачи по его реализации.

1. В базе данных С МСАУ ГДМ должна быть достоверная информация по сопротивляемости угля резанию $A(t)$ разрабатываемого пласта, по статическим и динамическим свойствам каналов передачи реально измеряемых сигналов.

2. Гипотезы о предполагаемых математических моделях АЭП ГДМ должны содержать структуры электромеханических и электромагнитных моделей по всем электроприводам машины, массивы значений переменных для всех возможных режимов работы ГДМ и варианты критериев оценки достоверности информации и адекватности математических моделей (J_η и J_λ).

3. Быстродействие алгоритмов обработки информации должно быть соизмеримо с наименьшими постоянными времени электроприводов машины.

4. В структуре идентификатора должны использоваться специализированные программные средства (СПС), позволяющие осуществлять имитационное моделирование статических и динамических режимов работы локальных АЭП машины, а также параметрическую оптимизацию моделей. В супервизорных МСАУ ГДМ в качестве подобных СПС возможно использование подсистем MatLAB, MatCAD, а во встроенных МСАУ ГДМ — СПС, ориентированные на ресурсы микропроцессорных систем, на базе которых реализуются МСАУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позин Е.З. Сопротивляемость угля разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972. 239 с.
2. Фешин Б.Н. Супервизорные многосвязные системы управления автоматизированными электроприводами горно-добывающих машин: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Алматы, 2001. 36 с.
3. Чеголин П.М. Автоматизация спектрального и корреляционного анализа. М.: Энергия, 1969. 384 с.
4. Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. М.: Энергия, 1971. 319 с.
5. Копылов И.П. Применение вычислительных машин в инженерно-экономических расчетах (Электрические машины): Учебник. М.: Высшая школа, 1980. 256 с.

РЕЗЮМЕ

УДК 378.662.014.3. Г.Г. ПИВЕНЬ, Ю.Н. ПАК. **Высшая техническая школа на пути Болонских реформ: проблемы, перспективы, решения.**

Рассмотрены проблемные вопросы многоуровневого высшего технического образования в русле Болонских реформ: необходимость развития опережающего образования, разработка образовательных стандартов нового поколения на основе компетентностной модели выпускника, конкурентоспособного на рынке труда.

УДК 622.86:622.26.004.5. Т.В. ДЕМИНА. **Исследования изменения нагрузки на очистной забой от влияющих факторов.**

Исследованиями установлено, что на сменную нагрузку на очистной забой значительное влияние оказывают: длина лавы, характеристики вмещающих пород, мощность и природная метанообильность пласта в пределах изменения действующих параметров горно-геологических и горно-технических, технологических и организационных факторов; тип применяемого очистного узкозахватного комбайна и направление отработки выемочного столба относительно элементов залегания пласта.

УДК 622.284.74.600.22-419.8. А.К. АКИМБЕКОВ, Р.К. КАМАРОВ, П.П. ОЛЕНЧЕНКО. **Динамика деформирования кровли выработки при применении анкерной крепи.**

Применение анкерной крепи позволило снизить трудоемкость работ при проходке выработки и при поддержании его вслед за продвижением линии очистного забоя, снизить затраты времени работы комбайна на конечных операциях и повысить уровень безопасности труда.

УДК 004.89:622.224. В.Ф. ДЕМИН, Н.О. СМАЙЛОВ, Н.Н. ТУЛЕПОВ. **Концептуальный этап создания экспертной системы планирования горно-подготовительных работ при оптимизации технологических схем угольных шахт.**

Рассматривается метод по выбору эффективной технологической схемы для горно-подготовительных работ в угольных шахтах с использованием критерия оптимальности.

УДК 622.284.74.600.22-419.8. П.П. ОЛЕНЧЕНКО. **Исследование влияния анкерной крепи на газовыделение при высоких темпах проведения горных выработок.**

Применение анкерной крепи позволило снизить вертикальные смещения пород кровли и вытеснение газа метана с прилегающего к выработке массива, увеличить темпы проведения горных выработок в 1,5-2 раза, снизить трудоемкость работ и уменьшить материальные затраты.

УДК 621.07. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, С.С. АБАЕВА. **Определение степени деформации при перегибе листа.**

Рассмотрено технологическое испытание на перегиб листовых материалов в диапазоне толщины 0,2-9 мм на усовершенствованной установке. Рассчитана степень деформации при каждом разгибе, построен график зависимости степени деформации от радиуса валиков и количества перегибов.

УДК 669.168. Ж.У. НУРМУХАНБЕТОВ, М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ, В.А. КИМ. **Исследования**

ЭОЖ 378.662.014.3. Г.Г. ПИВЕНЬ, Ю.Н. ПАК. **Жоғары техникалық мектеп Болон реформалары жолында: проблемалары, перспективалары, шешімдері.**

Болон реформалары арнасында көп деңгейлі жоғары техникалық білім берудің проблемалық мәселелері: озық білім беруді дамыту қажеттілігі еңбек рыногында бәсекеге қабілетті түлектің құзыреттілікті моделінің негізінде жаңа ұрпақты білім стандарттарын әзірлеу қарастырылған.

ЭОЖ 622.86:622.26.004.5. Т.В. ДЕМИНА. **Тазарту забойына әсер етуші факторлардан жүктеменің өзгеруін зерттеу.**

Лава ұзындығының, жанас жыныстар сипаттамаларының, кен-геологиялық, кен-техникалық, технологиялық және ұйымдастырушы факторлардың қолданылып жүрген параметрлерінің өзгеруі шамасындағы қаттың қуаты мен табиғи метан молдығының; қолданылатын тар алымды тазарту комбайны типінің және қат жатысының элементтеріне қатысты алу діңгегін қазымдау бағытының тазарту забойына ауысымдық жүктемеге елеулі әсер ететіні зерттеулермен анықталған.

ЭОЖ 622.284.74.600.22-419.8. Ә.Қ. ӘКИМБЕКОВ, Р.К. ҚАМАРОВ, П.П. ОЛЕНЧЕНКО. **Анкерлі бекітпені қолдану кезінде қазба төбесінің деформациялану динамикасы.**

Анкерлік бекітпені қолдану қазбаны үңгілеу кезінде және тазарту забойының желісін жылжытудың артынан оны күтіп ұстау кезінде жұмыстардың еңбек сыйымдылығын төмендетуге, соңғы операцияларда комбайн жұмысының уақыт шығындарын азайтуға және еңбек қауіпсіздігі деңгейін жоғарылатуға мүмкіндік берді.

ЭОЖ 004.89:622.224. В.Ф. ДЕМИН, Н.О. СМАЙЛОВ, Н.Н. ТУЛЕПОВ. **Көмір шахталарының технологиялық сұлбаларын оңтайландыру кезінде кен-даярлау жұмыстарын жоспарлаудың сараптық жүйесін құрудың тұжырымдамалық кезеңі.**

Көмір шахталарындағы кен-даярлау жұмыстары үшін оңтайлылық критерийін пайдалану арқылы тиімді технологиялық сұлбаны таңдау бойынша әдіс қарастырылады.

ЭОЖ 622.284.74.600.22-419.8. П.П. ОЛЕНЧЕНКО. **Бекітпенің кен қазбаларын жүргізудің жоғары қарқындары кезінде газ бөлінуіне әсер етуін зерттеу.**

Анкерлі бекітпені қолдану төбе жыныстарының тік ығысуларын және метан газын қазбаға жанасатын массивтен ығыстыруды төмендетуге, тау қазбаларын жүргізу қарқындарын 1,5-2 есе ұлғайтуға, жұмыстардың еңбек сыйымдылығын төмендетуге және материалдық шығындарды азайтуға мүмкіндік берді.

ЭОЖ 621.07. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, С.С. АБАЕВА. **Қаңылтырдың иілісі кезіндегі деформация дәрежесін анықтау.**

Жетілдірілген қондырғыдағы қалыңдығы 0,2-9 мм ауқымда қаңылтыр материалдарын иіліске технологиялық сынау қарастырылған. Әрбір иілім кезіндегі деформация дәрежесі есептелген, деформация дәрежесінің біліктер радиусына және иілістер санына тәуелділігінің графигі салынған.

ЭОЖ 669.168. Ж.У. НУРМУХАНБЕТОВ, М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ, В.А. КИМ. **Кремнийлі қорыт-**

UDC 378.662.014.3. G.G. PIVEN, Yu.N. PAK. **Higher Technical School on Way of Bologna Reforms: Problems, Prospects, Solutions.**

There have been considered the problems of multi-level higher technical education in the frames of the Bologna reforms: the necessity to develop an advanced education, working out educational standards of new generation on the basis of competence model of a graduate who is competitive at the labour market.

UDC 622.86:622.26.004.5. T.V. DYEMINA. **Investigating Change of Load on Breakage Face Depending on Influencing Factors.**

It has been stated that the shift load on a breakage face is greatly influenced by: the long-wall face length, characteristics of enclosing rocks, the thickness and the natural methane abundance of a seam within the change of existing parameters of mining-and-geological and mining-and-technical, technological and organizing factors, the type of a breakage narrow coal cutter-loader used and the direction of working a getting pillar in regard to the elements of a seam occurrence.

UDC 622.284.74.600.22-419.8. A.K. AKIMBEKOV, R.K. KAMAROV, P.P. OLENCHENKO. **Dynamics of Deforming Opening Roof on Using Roof Bolting.**

Using a roof bolting has allowed to lower the labour content of operations in driving an opening and in supporting it after the breakage face advance, to reduce the time expenditure of a cutter-loader operation at ending operations and to increase the labour safety level.

UDC 004.89:622.224. V.F. DYEMIN, N.O. SMAILOV, N.N. TULEPOV. **Conceptual Stage of Creating Expert System of Planning Mining Development Operations on Optimizing Technological Schemes of Coal Mines.**

The method of selecting an efficient technological scheme for mining development operations in coal mines using optimization is considered.

UDC 622.284.74.600.22-419.8. P.P. OLENCHENKO. **Investigating Support Influence on Gas Emission at High Rate of Driving Workings.**

Using a roof bolting has allowed to lower vertical shifts of the roof rocks and the displacement of methane out of the mass adjacent to the working, to increase 1.5-2 times the rate of driving workings, to reduce the working hours and to decrease the material expenditures.

UDC 621.07. A.B. NAYZABEKOV, S.S. ABAYEVA. **Determining Degree of Strain at Dings.**

The technological bend test of sheet materials within the range of thickness of 0.2-9 mm on an improved plant has been considered. The degree of strain at each bend has been calculated, the plot of dependence of the degree of strain on the rolls radius and the number of bends has been plotted.

UDC 669.168. Zh.U. NURMUKHANBETOV, M.Zh. TOLIMBEKOV, V.A. KIM. **Investigating**

свойств спецкокса как восстановителя для выплавки кремнистых сплавов.

Исследованы свойства спецкокса как восстановителя для выплавки ферросилиция. Проведены опытные плавки ферросилиция на печи мощностью 200 кВт·А с применением в качестве восстановителя спецкокса и коксового ореска.

УДК 669.183.12. Н.И. ЗВИЖИНСКАЯ, Б.Х. ИСАНОВА, Н.Ф. ГАВВА. **Исследование процесса обесфосфоривания лисаковского концентрата.**

Рассматриваются влияние концентраций, температурного режима на процесс и возможность рециркуляции кислоты, а также аналитический контроль процесса.

УДК 541.11:669.168. И.Б. МУСИНА, Т.Д. ТАКЕНОВ, С.О. БАЙСАНОВ, М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ. **Теоретические предпосылки к использованию высокозольных углей взамен флюса и части коксика при электротермии феррохрома.**

Рассматриваются теоретические предпосылки к использованию высокозольных углей взамен флюса и части коксика при электротермии феррохрома.

УДК 533.15:339.219.1:622.26. Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ, С.К. ХАМИТОВ. **Распределение концентрации вредных примесей при проветривании горных выработок.**

Рассматривается численное решение одномерного уравнения турбулентной диффузии конечно-разностным методом при различных режимах поступления газа. Получены графики изменения концентрации газа по длине выработки и в зависимости от времени.

УДК 543.422. Т. НАЛИБАЕВ, Ю.Д. ОБУХОВ. **Природа состояния хрома в водных растворах.**

Изучены водные растворы системы: CrO_3-H_2O , $CrO_3-H_2O-NH_4Cl$, $CrO_3-H_2O-(2\%NH_4OH-3\%NH_4Cl)$, $CrO_3-H_2O-NH_4OH$ методом электронной спектроскопии в японском спектрометре EPS-31 фирмы Hitachi. Установлены зависимости концентрации ($CrO_4^{2-} \leftrightarrow Cr_2O_7^{2-}$) (от 0,25 до 100 мг/л) в пределе изменения $pH = 3,90-10,40$.

УДК 574(574.3). К.Н. ПОПОВ, К.Д. ТЕКИНИДИ, А.С. ЖАКУПОВА. **Экологическая обстановка в Центральном Казахстане, заболеваемость и воздухоохраные мероприятия.**

Рассматривается влияние крупных технологических комплексов Центрального Казахстана на загрязнение воздушного и водного бассейна, заболеваемость населения и определены мероприятия по снижению вредных выбросов в атмосферу.

УДК 622.817.47. А.К. АКИМБЕКОВ, А.В. САДЧИКОВ. **Определение объема коллектора газа в отработанном пространстве ликвидированных шахт.**

Рассмотрен метод определения объема коллектора газа, основанный на измерении давления газа до и после извлечения на поверхность определенного объема газовой смеси с использованием уравнения газового состояния.

УДК 504.3(574.42-35). М.Т. ИПАЛAKOVA, А.И. КВАСОВ. **Адаптация методики расчета концентраций вредных веществ в атмосфере к условиям г. Усть-Каменогорска.**

Анализируется численная методика расчета концентраций загрязняющих веществ от выбросов предприятий. Методами гибридного моделирования и статистического анализа скорректированы

паларды балқытуға арналған қалпына келтіргіш ретінде арнайы кокстың қасиеттерін зерттеу.

Ферросилицийді балқытуға арналған қалпына келтіргіш ретінде арнайы кокстың қасиеттері зерттелген. Арнайы коксты қалпына келтіргіш және кокстық жаңғақ ретінде қолдану арқылы қуаты 200 кВт·А пеште ферросилицийдің тәжірибелік балқымалары жүргізілген.

ӨОЖ 669.183.12. Н.И. ЗВИЖИНСКАЯ, Б.Х. ИСАНОВА, Н.Ф. ГАВВА. **Лисаковск концентратын фосфорсыздандыру процесін зерттеу.**

Шоғырланулардың, температуралық режимнің процеске және қышқылдың рециркуляциялану мүмкіндігіне әсер етуі, сондай-ақ процесі аналитикалық бақылау қарастырылады.

ӨОЖ 541.11:669.168. И.Б. МУСИНА, Т.Д. ТӘКЕНОВ, С.О. БАЙСАНОВ, М.Ж. ТОЛЫМБЕКОВ. **Феррохром электротермиясы кезінде флюстің және коксик бөлігінің орнына күлділігі жоғары көмірлерді пайдалануға теориялық алғышарттар.**

Феррохром электротермиясы кезінде флюстің және коксик бөлігінің орнына күлділігі жоғары көмірлерді пайдалануға теориялық алғышарттар қарастырылады.

ӨОЖ 533.15:339.219.1:622.26. Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ, С.К. ХАМИТОВ. **Кен қазбаларын желдету кезінде зиянды қоспалардың шоғырлануын тарату.**

Газ түсуінің әр түрлі режимдерінде турбулентті диффузияның бір өлшемді теңдеуін ақырлы-айырымдық әдіспен сандық шешу қарастырылады. Қазба ұзындығы бойынша және уақытқа байланысты газ шоғырлануының өзгеруі графиктері алынған.

ӨОЖ 543.422. Т. НӘЛИБАЕВ, Ю.Д. ОБУХОВ. **Су ерітінділеріндегі хром күйінің табиғаты.**

CrO_3-H_2O , $CrO_3-H_2O-NH_4Cl$, $CrO_3-H_2O-(2\%NH_4OH-3\%NH_4Cl)$, $CrO_3-H_2O-NH_4OH$ жүйесінің су ерітінділері Hitachi фирмасының EPS-31 жапон спектрометрінде электрондық спектроскопия әдісімен зерделенген. $pH = 3,90-10,40$ өзгеру шамасында ($CrO_4^{2-} \leftrightarrow Cr_2O_7^{2-}$) (0,25-тен 100 мг/л дейін) шоғырлану тәуелділіктері анықталған.

ӨОЖ 574(574.3). К.Н. ПОПОВ, К.Д. ТЕКИНИДИ, А.С. ЖАКУПОВА. **Орталық Қазақстандағы экологиялық жағдай, науқастық және ауа қорғау шаралары.**

Орталық Қазақстанның ірі технологиялық кешендерінің ауа және су бассейнінің ластануына, тұрғындардың науқастығына әсер етуі қарастырылады және атмосфераға зиянды лақтырыстарды азайту бойынша шаралар анықталады.

ӨОЖ 622.817.47. Ә.Қ. ӘКІМБЕКОВ, А.В. САДЧИКОВ. **Жойылған шахталардың қазымдалған кеңістігінде газ коллекторының көлемін анықтау.**

Газ күйінің теңдеуін пайдалану арқылы газ қоспасының белгілі көлемін үстіңгі бетке шығаруға дейін және кейін газ қысымын өлшеуге негізделген, газ коллекторының көлемін анықтау әдісі қарастырылған.

ӨОЖ 504.3(574.42-35). М.Т. ИПАЛAKOVA, А.И. КВАСОВ. **Атмосферада зиянды заттардың шоғырлануын есептеу әдістемесін Өскемен жағдайларына бейімдеу.**

Кәсіпорындардың лақтырыстарынан ластаушы заттардың шоғырлануын есептеудің сандық әдістемесі талданады. Әдістемені жергілікті климаттық сипаттамаларға және өндірістің технологиялық параметрлеріне бейімдеу және сонымен бірге есептеу дәлдігін жоғарылату

Special Coke Properties as Reducing Agent for Smelting Silicon Alloys.

The properties of special coke as a reducing agent for smelting ferrosilicon have been investigated. Experimental ferrosilicon smeltings have been carried out in the furnace with the capacity of 200 kVA using special coke and coke bean as a reducing agent.

UDC 669.183.12. N.I. ZVIZHINSKAYA, B.Kh. ISANOVA, N.F. GAVVA. **Investigating Process of Dephosphorization of Lisakovsk Concentrate.**

The influence of concentrations, the temperature conditions on the process and possibilities of acid recycling as well as the analytical process control has been considered.

UDC 541.11:669.168. I.B. MUSINA, T.D. TAKENOV, S.O. BAYSANOV, M.Zh. TOLIMBEKOV. **Theoretical Premises for Using High-Ash Coals instead of Flux and Part of Coke Breeze in Ferrochrome Electrothermics.**

Theoretical premises for using high-ash coals instead of flux and a part of coke breeze in ferrochrome electrothermics are considered.

UDC 533.15:339.219.1:622.26. Zh.G. LEVITSKY, S.K. KHAMITOV. **Distributing Detrimental Impurities Concentration in Ventilating Workings.**

The numerical solution of a one-dimensional equation of turbulent diffusion by the finite difference method at different gas flow conditions is considered. The plots of changing the gas concentration along the working length and depending on time have been obtained.

UDC 543.422. T. NALIBAYEV, Yu.D. OBUKHOV. **Nature of Chromium State in Aqueous Solutions.**

The aqueous solutions of the system: CrO_3-H_2O , CrO_3-NH_4Cl , $CrO_3-H_2O-(2\%NH_4OH-3\%NH_4Cl)$, $CrO_3-H_2O-NH_4OH$ have been studied by the method of electron spectroscopy in a Japanese spectrometer EPS-31 of the Hitachi company. The dependences of concentration ($CrO_4^{2-} \leftrightarrow Cr_2O_7^{2-}$) (from 0.25 to 100 mg/l) in the range of changing $pH=3.90-10.40$ have been stated.

UDC 574(574.3). K.N. POPOV, K.D. TEKINIDY, A.S. ZHAKUPOVA. **Ecological Situation in Central Kazakhstan, Sick Rate and Air Protection Measures.**

The influence of large technological complexes of Central Kazakhstan on the air and water basins pollution, the sick rate of the population and the measures on lowering harmful effluents into the atmosphere are considered.

UDC 622.817.47. A.K. AKIMBEKOV, A.V. SADCHIKOV. **Determining Gas Header Volume in Worked Out Space of Liquidated Mines.**

The method of determining the gas header volume has been considered which is based on measuring the gas pressure before extracting a certain volume of a gas mixture to the surface and after it using the equation of the gas condition.

UDC 504.3(574.42-35). M.T. IPALAKOVA, A.I. KVASOV. **Adapting Methods of Calculating Harmful Substances Concentration in Atmosphere to Conditions of City Ust-Kamenogorsk.**

The numerical methods of calculating the harmful substances concentration of enterprises effluents are analyzed. The formulae of calculating the methods coefficients have been corrected by the methods of hybrid simulation and statistic

формулы расчета коэффициентов методики, с целью адаптации ее к местным климатическим характеристикам и технологическим параметрам производства и тем самым повышения точности расчетов.

УДК 624.131.533. А.С. КАДЫРОВ, Е.С. БЕСТЕМБЕК. **Анализ свойств мерзлых и прочных грунтов и оборудования для их резания.**

Рассматриваются свойства мерзлых грунтов. Приводится обзор машин и оборудования для разрушения мерзлого грунта.

УДК 539.3:624. С.Н. БОЛОТКИН, А.Е. СУДАРИКОВ. **Расчет обшивки жестких стальных погрузочных бункеров по предельному прогибу пластин.**

Предложен метод расчета пластин, защемленных по контуру, из условия предельного растяжения при прогибе. Получены решения для прямоугольных, трапециевидных и треугольных пластин при равномерно и неравномерно распределенной нагрузке, что позволяет наиболее полно использовать несущую способность материала при проектировании стальных бункеров, настилов и тонких перегородок без использования эмпирических коэффициентов.

УДК 519.7+539.3. Н.Т. ЖАДРАСИНОВ, А.С. КАНАТОВ. **Метод криволинейных сеток на треугольных элементах.**

Для решения плоской задачи теории упругости со сложными границами предлагается новая методика, основанная на модификации метода криволинейных сеток, дискретизирующая рассматриваемую область треугольными элементами.

УДК 666.92. Д.О. БАЙДЖАНОВ, С.М. ШАРИПОВ, Ш. КАСИМ. **Комплексное использование местных отходов промышленности для производства коррозионно-стойких мелкозернистых бетонов.**

Рассматривается технология высококачественного коррозионно-стойкого мелкозернистого бетона, включающая как химическую, так и механическую активацию компонентов композиции.

УДК 624. Ж.С. НУГУШИНОВ. **К методике расчета железобетонных изгибаемых элементов с трещиной.**

Рассматривается методика расчета железобетонного изгибаемого элемента с трещиной, базирующаяся на использовании диаграммы нелинейного деформирования материала. Установлены зависимости между длиной вертикальной трещины, нижним изгибающим моментом и несущей способностью элемента.

УДК 624.074.43:539.3. С.К. ЕЛЬМУРАТОВ. **Нелинейная динамика ортотропных оболочек.**

Исследуется напряженно-деформированное состояние тонкой ортотропной оболочки при действии динамических поперечных и статических в срединной поверхности нагрузок. Получены векторные уравнения равновесия и движения, решение которых выполнено методом криволинейных сеток. Приведены численные результаты для вынужденных колебаний оболочки двоякой кривизны.

УДК 621.791.357. Г.Г. ПИВЕНЬ, Г.А. БАЙЖАБАГИНОВА. **Повышение износостойкости и долговечности деталей горно-обогатительных машин.**

Рассматриваются вопросы повышения износостойкости и долговечности деталей насосов и чаш конусов дробильного оборудования. Применение электроконтактного метода обработки дает возможность повысить износостойкость

максатымен, гибридітк модельде және статистикалық талдау әдістерімен әдістеме коэффициенттерін есептеу формулалары түзетілді.

ӨОЖ 624.131.533. А.С. КАДЫРОВ, Е.С. БЕСТЕМБЕК. **Тоң және берік грунттардың қасиеттерін және оларды кесуге арналған жабдықтарды талдау.**

Тоң грунттардың қасиеттері қарастырылады. Тоң грунтты бұзуға арналған машиналар мен жабдықтарға шолу жасалған.

ӨОЖ 539.3:624. С.Н. БОЛОТКИН, А.Е. СУДАРИКОВ. **Тілімшелердің шекті иілісі бойынша жүктеуші қатты болат шанақтарды қаптауды есептеу.**

Иіліс кезінде шекті созылу шартынан, контур бойынша қысылған тілімшелерді есептеу әдісі ұсынылған. Біркелкі және біркелкі емес үлестірілген жүктеме кезінде тікбұрышты, трапеция тәрізді және үшбұрыш тілімшелерге арналған шешімдер алынған, бұл эмпирикалық коэффициенттерді пайдаланбай, болат шанақтарды, төсемдерді және жұқа ара қабырғаларды жобалау кезінде материалдың көтергіш қабілетін аса толық пайдалануға мүмкіндік береді.

ӨОЖ 519.7+539.3. Н.Т. ЖАДРАСИНОВ, А.С. КАНАТОВ. **Үшбұрыш элементтердегі қисық сызықты торлар әдісі.**

Күрделі шекаралары бар серпімділік теориясының жазық есебін шешу үшін, қарастырылатын облысты үшбұрыш элементтермен дискреттейтін, қисық сызықты торлар әдісін жетілдіруге негізделген, жаңа әдістеме ұсынылады.

ӨОЖ 666.92. Ж.О. БАЙЖАНОВ, С.М. ШӘРИПОВ, Ш. ҚАСИМ. **Коррозияға төзімді ұсақ түйіршікті бетондарды өндіру үшін өнеркәсіптің жергілікті қалдықтарын кешенді пайдалану.**

Композиция құраушыларын химиялық та, механикалық та активтеу кіретін, жоғары сапалы коррозияға төзімді ұсақ түйіршікті бетон технологиясы қарастырылады.

ӨОЖ 624. Ж.С. НҰҒОЖИНОВ. **Жарықшағы бар иілетін темірбетон элементтерді есептеу әдістемесіне.**

Материалды сызықтық емес деформациялау диаграммасын пайдалануға негізделетін, жарықшағы бар иілетін темірбетон элементті есептеу әдістемесі қарастырылады. Элементтің тік жарықшағының ұзындығы, төменгі июші моменті және көтергіш қабілеті арасындағы тәуелділік анықталған.

ӨОЖ 624.074.43:539.3. С.К. ЕЛМҰРАТОВ. **Ортотропты қабықшалардың сызықтық емес динамикасы.**

Орталық бетте динамикалық көлденең және статикалық жүктемелер әрекет еткенде жұқа ортотропты қабықшаның кернеулі-деформацияланған күйі зерттеледі. Тепе-теңдік пен қозғалыстың векторлық теңдеулері алынған, оларды шешу қисық сызықты торлар әдісімен орындалған. Екі түрлі қисық қабықшасының мәжбүрлі тербелістеріне арналған сандық нәтижелер келтірілген.

ӨОЖ 621.791.357. Г.Г. ПИВЕНЬ, Г.А. БАЙЖАБАГИНОВА. **Кен-байыту машиналары тетіктерінің тозуға төзімділігін және ұзақ мерзімділігін арттыру.**

Ұсату жабдықтары конустарының сорғылары мен тостағандары тетіктерінің тозуға төзімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыру мәселелері қарастырылады. Өңдеудің электр-түйіспелік әдісін қолдану кен-байыту машиналары тетіктерінің тозуға төзімділігін арттыруға және олардың се-

analysis with the aim of adapting it to the local climatic characteristics and production parameters and thus to increase the accuracy of calculation.

UDC 624.131.533. A.S. KADIROV, E.S. BESTEMBEK. **Analysing Properties of Frozen and Solid Soils and Equipment to Cut them.**

The frozen soils properties are considered. The review of machines and equipment to destroy frozen soils is given.

UDC 539.3:624. S.N. BOLOTKIN, A.E. SUDARIKOV. **Calculating Rigid Steel Loading Hoppers Shell by Limit Plate Flexure.**

The method of calculating plates restrained along the contour has been suggested in the conditions of limit flexure tension. The solutions have been obtained for rectangular, trapeziform and triangular plates when the load is distributed uniformly and non-uniformly that allows to use more completely the carrying capacity of the material in designing steel hoppers, platings and thin partitions without using empirical factors.

UDC 519.7+539.3. N.T. ZHADRASINOV, A.S. KANATOV. **Method of Curved Grids on Triangular Elements.**

To solve the plane problem of the theory of elasticity having complex boundaries a new technique is suggested which is based on modifying the method of curved grids digitizing the field considered with triangular elements.

UDC 666.92. D.O. BAYDZHANOV, S.M. SHARIPOV, Sh. KASIM. **Complex Usage of Local Industrial Wastes to Produce Fine Corrosion-Proof Concretes.**

The production process of a high-quality fine corrosion-proof concrete including both chemical and mechanical activation of composition components is considered.

UDC 624. Zh.S. NUGUSHINOV. **To Technique of Calculating Reinforced Concrete Bent Elements Having Cracks.**

The technique of calculating a reinforced concrete bent element having a crack is considered which is based on using the diagram of non-linear material deformation. The relations between the vertical crack length, the low bending moment and the carrying element capacity have been stated.

UDC 624.074.43:539.3. S.K. ELMURATOV. **Non-Linear Dynamics of Orthotropic Shells.**

The stressed-and-strained state of a thin orthotropic shell is investigated under the action of dynamic lateral and static in median surface loads. Vector equations of equilibrium and motion have been obtained the solution of which was done with the method of curved grids. The numerical results for forced vibrations of the shell having a double curvature have been given.

UDC 621.791.357. G.G. PIVEN, G.A. BAYZHABAGINOVA. **Increasing Wear Resistance and Operating Period of Mining-Dressing Machine Parts.**

The problems of increasing the wear resistance and the operating period of parts of pumps and cone bowls of crushing equipment are considered. Using an electric-contact processing method gives the possibility to increase the wear resistance of mining-dressing machines

деталей горно-обогатительных машин и обеспечить их надежность.

УДК 622.67:621.547. Ю.А. НИКОЛАЕВ, Б.А. ЖАУТИКОВ, А.В. ТАРАНОВ, А.Д. МЕХТИЕВ. **Экспериментальное исследование неравномерности загрузки скипа шахтной пневмоподъемной установки.** Проведены экспериментальные исследования для определения области возможного смещения центра тяжести грузенного насыпным грузом (уголь, руда, порода) скипа шахтной пневмоподъемной установки.

УДК 622.647.24. С.К. МАЛЫБАЕВ, А.В. РОЖКОВ, О.Т. БАЛАБАЕВ. **Перспективы применения циклично-поточной и поточной технологий на открытых горных работах.** Рассмотрено использование более производительных циклично-поточных и поточных технологий, позволяющих эффективно обрабатывать глубокие горизонты карьеров.

УДК 621.395.2. Б.Р. АМАНОВ, А.Б. АЛИМБАЕВА. **Разработка и внедрение биллинговой системы в Карагандинском филиале ОАО «Казактелеком».** Рассмотрены результаты внедрения биллинговой системы на предприятиях Карагандинской ОДТ.

УДК 004.416.6:614.2. В.В. ЯВОРСКИЙ, Д.Т. ЖАРДЕМОВА. **Проблемы автоматизации системы «Онкогематологический канцер-регистр».** Рассматриваются проблемы автоматизации системы онкогематологического канцер-регистра Республики Казахстан.

УДК 62-83:621.771.2. И.В. БРЕЙДО, Д.А. ЛЕПЕХОВ. **Перспективы и опыт внедрения современных систем полупроводниковых систем электропривода в промышленности Казахстана.** Проанализированы перспективы развития полупроводниковых систем электропривода постоянного и переменного тока в различных отраслях промышленности Казахстана. Представлена информация об опыте внедрения современных электроприводов специализированными отечественными фирмами.

УДК 621.319.4.001.5. И.В. ЗАХАРОВ. **Влияние толщины диэлектрика на электрические и массогабаритные показатели индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности.** Показано влияние толщины диэлектрика на ионизирующую напряженность конструкции индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности (ИС) и его массогабаритные показатели. Определены технологические способы повышения $E_{пр}$ и напряжения начала ионизации диэлектрика ИС.

УДК 621.313.01(075.8). К.К. ЖУМАГУЛОВ. **Исследования эффективности экранирования неферромагнитного проводящего корпуса конечной длины электрической машины.** Рассмотрены возможности снижения уровня внешних магнитных полей электрической машины методом экранирования проводящего корпуса.

УДК 622.416:681.518. Л.А. АВДЕЕВ, В.Н. ШАТОХИН, Д.С. ТАРАСЕНКО. **Автоматический контроль состояния выработок на добычных участках с прямоточной схемой проветривания и подсушением.** Рассматривается возможность автоматического контроля изменения в

німділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

ӨОЖ 622.67:621.547. Ю.А. НИКОЛАЕВ, Б.А. ЖАУТИКОВ, А.В. ТАРАНОВ, А.Д. МЕХТИЕВ. **Шахталық пневмокөтергіш қондырғы скипінің біркелкі жүктелмеуін эксперименттік зерттеу.** Шахталық пневмокөтергіш қондырғының үйінді жүкпен (көмір, руда, тау жынысы) жүктелген скипінің ауырлық центрінің мүмкін болатын ығысу облысын анықтауға эксперименттік зерттеулер жүргізілген.

ӨОЖ 622.647.24. С.Қ. МАЛЫБАЕВ, А.В. РОЖКОВ, О.Т. БАЛАБАЕВ. **Ашық тау-кен жұмыстарында циклдік-ағынды және ағынды технологияны қолдану перспективалары.** Карьерлердің терең деңгейліктерін тиімді өңдеуге мүмкіндік беретін, аса өнімді циклдік-ағынды және ағынды технологияларды пайдалану қарастырылған.

ӨОЖ 621.395.2. Б.Р. АМАНОВ, А.Б. ӘЛІМБАЕВА. **«Қазақтелеком» ААҚ Қарағанды филиалында биллингтік жүйені әзірлеу және ендіру.** Қарағанды ОДТ кәсіпорындарында биллингтік жүйені ендіру нәтижелері қарастырылған.

ӨОЖ 004.416.6:614.2. В.В. ЯВОРСКИЙ, Д.Т. ЖАРДЕМОВА. **«Онкогематологиялық канцер-регистр» жүйесін автоматтандыру проблемалары.** Қазақстан Республикасының онкогематологиялық канцер-регистрі жүйесін автоматтандыру проблемалары қарастырылады.

ӨОЖ 62-83:621.771.2. И.В. БРЕЙДО, Д.А. ЛЕПЕХОВ. **Қазақстан өнеркәсібінде электр жетегінің қазіргі жартылай өткізгішті жүйелерін ендіру перспективалары мен тәжірибесі.** Қазақстан өнеркәсібінің әр түрлі салаларында тұрақты және айнымалы тоқты электр жетегінің жартылай өткізгішті жүйелерінің даму перспективалары талданған. Мамандандырылған отандық фирмалардың қазіргі электр жетегін ендіру тәжірибесі туралы ақпарат ұсынылған.

ӨОЖ 621.319.4.001.5. И.В. ЗАХАРОВ. **Диэлектрик қалыңдығының реактивті қуаты өздігінен өтелген индуктордың электр және масса-габариттік көрсеткіштерге әсер етуі.** Диэлектрик қалыңдығының реактивті қуаты өздігінен өтелген индуктор (ИС) конструкциясының иондалған кернеулігіне, оның масса-габариттік көрсеткіштеріне әсер етуі көрсетілген. Арттырудың $E_{пр}$ технологиялық кешендері және ИС диэлектригінің иондалуы басталуының кернеулері анықталған.

ӨОЖ 621.313.01(075.8). К.К. ЖҰМАҒҰЛОВ. **Электр машинаның ақырлы ұзындығының ферромагниттік емес өткізетін корпусын экрандау тиімділігін зерттеу.** Өткізетін корпусы экрандау әдісімен электр машиналарының сыртқы магниттік өрістерінің деңгейін төмендету мүмкіндіктері қарастырылған.

ӨОЖ 622.416:681.518. Л.А. АВДЕЕВ, В.Н. ШАТОХИН, Д.С. ТАРАСЕНКО. **Желдету мен салқындатудың тура тоқты сұлбасы бар өндіру учаскелерінде қазбалардың күйлерін автоматтық бақылау.** Шығатын ағынды желдету мен салқындатудың тура тоқты сұлбасы бар өндіру учаскесінде лаваның және ауа беретін қазбаланың аэро-

parts and provide their reliability.

UDC 622.67:621.547. Yu.A. NIKOLAYEV, B.A. ZHAUTIKOV, A.V. TARANOV, A.D. MEKHTIYEV. **Experimental Investigating Non-Uniformity of Loading Mine Pneumatic Hoisting Plant Skip.** Experimental investigations have been carried out to determine the range of the possible shift of the centre of gravity of a mine pneumatic hoisting plant skip loaded with a bulk cargo (coal, ore, rock).

UDC 622.647.24. S.K. MALIBAYEV, A.V. ROZH-KOV, O.T. BALABAYEV. **Prospects of Using Cyclic-Production and Production Processes in Open Mining Operations.** Using more effective cyclic-production and production processes allowing to work effectively deep levels of quarries has been considered.

UDC 621.395.2. B.R. AMANOV, A.B. ALIMBAYEVA. **Developing and Introducing Billing System at Karaganda Branch of OJSC «Kazakhtelekom».** The results of introducing a billing system at the enterprises of the Karaganda RTB have been considered.

UDC 004.416.6:614.2. V.V. YAVORSKY, D.T. ZHARDEMOVA. **Problems of Automating System «Onkogematologic Cancer Register».** The problems of automating the system of the onco-gematologic cancer register of the Republic of Kazakhstan are considered.

UDC 62-83:621.771.2. I.V. BREIDO, D.A. LEPEKHOV. **Prospects and Experience of Introducing Modern Semiconductor Systems of Electric Drive in Industry of Kazakhstan.** The prospects of developing semiconductor systems of d.c. and a.c. electric drives in various branches of the industry of Kazakhstan have been analyzed. The information of the experience of introducing modern electric drives by specialized home firms has been presented.

UDC 621.319.4.001.5. I.V. ZAKHAROV. **Influence of Dielectric Thickness on Electric and Mass Clearance Indices of Inductor Having Reactive Power Self-Compensation.** The influence of the dielectric thickness on the ionizing strength of an inductor design having a reactive power self-compensation, its mass clearance indices are shown. The process ways of increasing electric strength and the voltage of the beginning of the dielectric ionization have been determined.

UDC 621.313.01 (075.8). K.K. ZHUMAGULOV. **Investigating Efficiency of Shielding Nonferromagnetic Conducting Case of Finite Length of Electric Machines.** The possibilities of lowering the level of external magnetic fields of an electric machine by the method of shielding the conducting case have been considered.

UDC 622.416:681.518. L.A. AVDEYEV, V.N. SHATOKHIN, D.S. TARASENKO. **Automatic Gauging of Working Conditions in Mining Sections Having Parallel Flow Scheme of Ventilation and air Refreshing.** The possibility of automatic gauging of changing the aerodynamic wall face resistance and the airway in the process of operation in

процессе эксплуатации аэродинамического сопротивления лавы и воздухоподающей выработки на добычном участке с прямоточной схемой проветривания и подсыжением исходящей струи.

УДК 622.0025:621.314.632. Т.Б. КРИЦКАЯ, Б.Н. ФЕШИН. **Идентификация электромагнитных и электромеханических моделей электроприводов горно-добывающих машин.**

Рассматривается идентификатор электроприводов горно-добывающих машин.

динамикалық кедергісін пайдалану процесіндегі өзгерістерді автоматтық бақылау мүмкіндігі қарастырылады.

ӘОЖ 622.0025:621.314.632. Т.Б. КРИЦКАЯ, Б.Н. ФЕШИН. **Кен-өндіру машиналары электр жетектерінің электр-магниттік және электр-механикалық модельдерін сәйкестендіру.**

Кен-өндіру машиналарының электр жетектерін сәйкестендіргіш қарастырылады.

the mining section having a parallel scheme of ventilation and refreshing the return ventilation air is considered.

UDC 622.0025:621.314.632. T.B. KRITSKAYA, B.N. FESHIN. **Identification of Electromagnetic and Electromechanical Models of Electric Drives of Mining Machines.**

An identifier of electric drives of mining machines is considered.

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагаются дискета с файлами, направление организации. Приводится аннотация на казахском, русском и английском языках, указывается индекс УДК. Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через два интервала (между строками 6 мм) на одной стороне листа форматом 210x297 мм; **поля со всех сторон по 2 см**; страницы нумеруются. На дискете текст необходимо набирать в редакторе Word 97 либо Word 2000 (не ниже) **шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегель) — 14.**

Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в тексте.

Рекомендуется компьютерная графика. Рисунки могут иметь расширения, совместимые с Word 97, Word 2000, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP.

Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегель) 14. Рисунки должны быть хорошего качества.

Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегель) 14.

Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType или Equation.

В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты. Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов.

Публикация неверно оформленных статей задерживается.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано две статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать данными, полученными экспериментальным путем или методами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не

допускается использование в статьях фрагментов текста, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2006. №1. 97 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

Әдеби редакторлар — Литературные редакторы

Т.В. Рустимова, 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	29.03.2006	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	15,2	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	3318	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции

100027, г. Караганда, бульвар Мира, 56. Издательство КарГТУ, тел. 56-20-62

