

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

* 2 (39)
2010

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

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

МЕНШІК ИЕСІ

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

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

СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

А.М. Газалиев

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

Редакционный совет

Газалиев А.М.	<i>ректор, академик НАН РК, д-р хим. наук, проф. (председатель)</i>
Акимбеков А.К.	<i>профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, д-р техн. наук</i>
Ахметжанов Б.А.	<i>зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.</i>
Байджанов Д.О.	<i>профессор кафедры технологии строительных материалов и изделий, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Бакиров Ж.Б.	<i>зав. кафедрой механики, д-р техн. наук, проф.</i>
Брейдо И.В.	<i>зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, чл.-кор. КНАЕН, д-р техн. наук, проф.</i>
Ермолов П.В.	<i>зав. лабораторией ИПКОН, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук, проф.</i>
Жумасултанов А.Ж.	<i>профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук</i>
Исагулов А.З.	<i>первый проректор, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф. (ответственный за выпуск)</i>
Климов Ю.И.	<i>профессор кафедры систем автоматизированного проектирования, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.</i>
Колесникова Л.И.	<i>доцент кафедры экономической теории, канд. экон. наук</i>
Малыбаев С.К.	<i>зав. кафедрой промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.</i>
Низаметдинов Ф.К.	<i>зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.</i>
Нургужин М.Р.	<i>зам. председателя правления АО «Национальный научно-технологический холдинг «Самгау»», академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.</i>
Пак Ю.Н.	<i>руководитель группы ГОС, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.</i>
Пивень Г.Г.	<i>почетный ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Портнов В.С.	<i>начальник Учебно-методического управления, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Смирнов Ю.М.	<i>зав. кафедрой физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Тутанов С.К.	<i>зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Фешин Б.Н.	<i>профессор кафедры автоматизации производственных процессов, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)</i>
Швоев В.Ф.	<i>профессор кафедры технологии машиностроения, канд. техн. наук, доц.</i>

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	5
ГАЗАЛИЕВ А.М., ПАК Ю.Н. Европейские аспекты обеспечения качества высшего образования в контексте болонских реформ.....	5
УМБЕТОВ У., ДЬЯКОНОВА Е.Т. Обеспечение применимости проектируемых электронных учебников.....	13
ЭМ Г.А., ВОЙТКЕВИЧ С.В., МАКАРЕНКО Н.В. Опыт применения информационных технологий при подготовке специалистов электротехнического профиля.....	16
РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	19
МУХТАР А.А., КИМ В.А., ЭЛЖАНОВ М.К., ЖҮНІСОВА К.Э. Мұнай қалдықтарының Лисаковск КМК күйдіру процесіне әсерін зерделеу.....	19
КЛИМОВ Ю.И., САТЛЕР О.Н., БОНДАРЕНКО А.С. Выбор типажного ряда гидромолотов на основе экспертных оценок.....	21
ТУРСУНБАЕВА А.К. Перколяционное выщелачивание золота из первичных руд.....	25
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., ТАЛМАЗАН В.А., АХМЕТГАЛИНА Н.В. Регрессионные модели нагрева слэбов.....	27
ВОРОБЬЕВ А.Е., ТУРСУНБАЕВА А.К., ПОРТНОВ В.С., МАУСЫМБАЕВА А.Д., ЮРОВ В.М. Влияние гранулометрического состава на процесс кучного выщелачивания золота.....	30
КЛИМОВ Ю.И., САТЛЕР О.Н. Расчет весовых коэффициентов целевых функций при разрушении породных негабаритов.....	32
МУХТАР А.А. Исследование продуктов термokatалитической дегидратации и восстановления бурожелезнякового концентрата жидким углеводородом.....	34
ДИХАНБАЕВ Б.И. Энергохимическая аккумуляция газов – эффективный способ оптимизации технологического режима в агрегате «реактор инверсии фаз – трубчатая печь».....	36
ЖЕТЕСОВА Г.С., ИСКАКОВ Б.К. Общая характеристика метода создания нанокластерного композита.....	39
НАГУМАН П.Н. Извлечение марганца из сырья с применением комбинированного серо–графитового электрода	41
САТБАЕВ Б.Н. Изучение влияния свойств алюминиевого порошка на воспламеняемость шихты	46
РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.	49
КРУПНИК Л.А., КЛИМОВ А.Ю., КЛИМОВА Н.Ю. Определение длительности рабочих операций при передвижке крепи на основе хронометражных наблюдений	49
САБДЕНБЕКУЛЫ О., ЖУНУСОВА Г.Е., СТАРОСТИНА О.В., ОЛЕНЮК С.П. Определение границ зон деформаций породного массива.....	52
ДЕМИН В.Ф., ПОРТНОВ В.С., ДЕМИН В.В., СМАГУЛОВА А.С. Определение области первоначального расслоения приконтурных пород для прогноза устойчивости пород кровли и боков подготовительных выработок	54
БРЮХАНОВ Д.А., АВДЕЕВ Л.А. Разработка специализированного контроллера параметров дегазации на вакуум-насосной станции.....	58
ОЛЕНЮК С.П., ЖУНУСОВА Г.Е., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., СМАГУЛОВА А.С. Разработка трехмерной модели Акжальского месторождения.....	61
КЛИМОВА Н.Ю., КЛИМОВ А.Ю. Применение теории массового обслуживания для оценки эффективности модернизации механизированного угледобывающего комплекса.....	63
РАЗДЕЛ 4. ТРАНСПОРТ. СТРОИТЕЛЬСТВО. ЭКОНОМИКА	67
БАЙДЖАНОВ Д.О., КРОПАЧЕВ П.А., ТОКАНОВ Д.Т. Реологические свойства модифицированного бетона.....	67
КОЛЕСНИКОВА И.В. Применение гиперпластификаторов для повышения подвижности гипсовых растворов.....	71
МАЛЫБАЕВ С.К., ТОГИЗБАЕВА Б.Б., КЕНЕСБЕК А.Б. Влияние физико-механических свойств руды на потерю сыпучести.....	73

РАХИМОВ М.А., СЕРОВА Р.Ф., РАХИМОВА Г.М. Реологические свойства бетонов с органоинеральным модификатором типа ОМД-М.....	75
САДУАКАСОВ М., АЙТЖАНОВ М., БАЙДЖАНОВ Д. Шлакопортландцемент с высоким содержанием шлака для монолитного бетона.....	78
ТӘЖІБЕКОВА К.Б. «Жол картасы» бағдарламасының кедейлік пен жұмыссыздық проблемаларын шешудегі ролі.....	79
РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА. УПРАВЛЕНИЕ	83
ХАЦЕВСКИЙ К.В. Создание установок для электрофизической обработки жидкостей в электромагнитных полях.....	83
БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х. Высоковольтные кабели с изоляцией из полиимидных пленок.....	85
САГИТОВ П.И., САДЫКБЕК А.Т. Подтверждение соответствия качества электрической энергии и защита прав потребителей.....	88
ГЕРЦЕН Д.В., АВДЕЕВ Л.А. Исследование показателей надежности автоматизированной системы контроля рудничной атмосферы для угольных шахт	91
БРЕЙДО И.В., ТОМИЛОВА Н.И. Автоматизированная информационная система поддержки принятия решений для управления теплоснабжением мегаполиса.....	93
ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. Критерии оценки качества знаний персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий.....	95
НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ	101
МУРЗАБЕКОВА К.А. Система моделей оценки крупномасштабных транспортных проектов.....	101
АЛЕКСЕЕВ В.Г., ЖАЛКОВСКИЙ В.В., НАМАНБАЕВА Ж.А., АЛЕКСЕЕВА Т.М., ШАРИПОВА С.А. Разработка комплексного исследования опасности производственной среды и управления профессиональными рисками	103
БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х. Распределение напряженности электрического поля в высоковольтных кабелях с изоляцией из полиимидов алициклического строения	105
РУСТЕМБЕКОВ К.Т. Калориметрия нового дителлуритоцинката кальция.....	106
ХМЫРОВА Е.Н. Разработка мониторинга технического состояния сооружений на основе современных высокоточных маркшейдерско-геодезических приборов.....	108
ГАЗАЛИЕВ А.М., БАКБАРДИНА О.В., ХРУСТАЛЁВ Д.П. Влияние растворителя на таутомерное равновесие циклических тиомочевин	111
РЕЗЮМЕ	115
Правила оформления и представления статей.....	127

Раздел 1

Проблемы высшей школы

УДК 338.341
ГАЗАЛНОВ А.М.
ПАК Ю.Н.

Европейские аспекты обеспечения качества высшего образования в контексте болонских реформ

В настоящее время европейская система обеспечения качества еще формируется. Первоначально в Болонской декларации не акцентировалось внимание на обеспечении качества. Только в Берлинском коммюнике провозглашен тезис о том, что «качество высшего образования лежит в основе создания европейского пространства высшего образования». Министры образования пришли к соглашению, что в каждой из стран-участниц Болонского процесса должны быть сформулированы промежуточные приоритеты:

- возложение ответственности за обеспечение качества на вуз как основу его подотчетности перед обществом;
- создание институциональных, национальных и общеевропейских систем обеспечения качества;
- поиск общих критериев и методов;
- развитие эффективных систем обеспечения качества.

Таким образом, Болонский процесс поставил перед специалистами задачу создания системы оценки и гарантии качества высшего образования, т.е. систем

аккредитации или сопоставимых процедур, которые включают в себя: агентства или органы по аккредитации; набор стандартов для оценки качества образования; процедуры оценивания; механизмы обмена информацией и международного признания результатов национальной аккредитации.

Болонский процесс усиливает европейские аспекты контроля качества и аккредитации. Особое значение придается сближению систем обеспечения качества. Качество определено как «краеугольный камень», основополагающее условие мобильности, совместимости и привлекательности высшего образования.

Наиболее привлекательным будет формирование аккредитационных органов, которые будут независимыми от государственных и общеевропейских органов власти. Особую актуальность приобретают вопросы координации подходов к стандартам качества транснационального образования, которое стремительными темпами охватывает Европу [1].

Аккредитация – явление относительно новое в европейском образовательном пространстве. Однако отмечается достаточно высокая интенсивность формирования аккредитационных органов в Европе. Только за последние годы структуры оценивания на национальном уровне возникли в 11 странах. Важным позитивным моментом реформ по Болонскому соглашению относится создание Европейской ассоциации качества высшего образования (ENQA), от которой ждут заметного вклада в части обеспечения качества. Существует мнение о том, что в Европе не должен создаваться единый орган по контролю качества, который бы обеспечивал соблюдение совокупности критериев. При этом большинство вузов считает, что их способности к качественному саморегулированию не развиты в достаточной степени, чтобы отказаться от фактического контроля. Одной из причин подобной позиции служит высокий процент отсева в высшей школе [1]. Около 30 % студентов в странах Организации экономического сотрудничества и развития отчисляются еще до получения первой степени.

Болонский процесс ставит задачу введения конструктивных процедур обеспечения качества образования, которые, с одной стороны, выявляли бы положительные и негативные моменты с точки зрения их общественной функции, а с другой – не ущемляли творческую институциональную уникальность университетов. Существующие механизмы контроля качества европейского высшего образования стараются соблюсти определенный баланс.

Имеющиеся данные показывают, что 80 % вузов Европы в настоящее время подвергаются внешнему контролю (оценка качества или аккредитация). Вузы, специализирующиеся в области экономики, бизнеса и инженерии, более часто подвергаются внешней оценке.

Согласно данным Trends III, вузы положительно оценивают внешние процедуры контроля качества и отмечают, что они способствуют развитию собственных систем обеспечения качества. Только 1,5 % вузов считают внешний контроль бесполезным. Во всех странах, кроме Франции, Словакии и Великобритании, а также неуниверситетского сектора Италии и Чешской Республики, большинство руководителей вузов связывают внешние процедуры обеспечения качества в стимулировании институциональной культуры оценки, а не в подотчетность обществу. В этом усматривается дух автономии.

Многие вузы Великобритании выступали с критикой существующей процедуры подотчетности в вопросах качества за их несоизмеримость и неоправданно большие затраты.

По данным министерств и конференций ректоров, предметом внешней оценки качества служат уровень преподавания, эффективность научных исследований и эффективность вузов с точки зрения их миссии. Рассматривать качество преподавания и исследования в отрыве от институциональных и национальных условий неэффективно. Улучшение качества в одной области может привести к его ухудшению в другой.

Повышенное внимание к научным исследованиям ухудшает качество преподавания и консультирования.

Согласно исследованиям ENQA, методы и предметы, используемые аккредитационными агентствами, в различных странах различны. Единое мнение выработано в отношении базовых методологических составляющих обеспечения качества. Они включают независимость агентств, самооценку со стороны представителей оцениваемого вуза, внешние оценки с выездом на место и итоговый отчет.

В рекомендациях ENQA и ЮНЕСКО указываются дополнительные элементы, которые используются в практике многих аккредитационных агентств: статистические данные из национальных или международных источников; материалы вузовских систем оценивания; обследования работодателей, выпускников и студентов. Получает распространение широкая вовлеченность студентов во внешних процессах оценивания. Особенная активность обнаруживается в Швеции и Великобритании. Национальные союзы студентов Европы ESIB тесно сотрудничают с сетью ENQA. Интересы студентов становятся центральными в системах обеспечения качества.

Аккредитация отличается от других процедур оценивания тем, что суждения выносятся на основании predetermined standards, которые действуют в роли определенного «порога» для принятия решения о том, отвечает ли данная образовательная программа или вуз в целом тому уровню, который был определен как необходимый для получения статуса аккредитации. Преимущественно эти «пороги» определяются на уровне минимальных, хотя в последнее время рассматриваются стандарты, соответствующие уровню хорошей практики, как это делается в схемах аккредитации EQUIS для школ менеджмента и бизнеса.

По заявлениям представителей университетов и агентств по обеспечению качества, основная добавочная ценность аккредитации состоит в применении эталонных характеристик и в присуждении знака качества, который рассматривается как некая валюта, что делает процедуру аккредитации привлекательной для большинства стран, участвующих в Болонском процессе. Таким образом, аккредитация расширяет международное признание, прежде всего благодаря тому, что в ней в большей степени сочетаются элементы оценки качества, нацеленные на совершенствование деятельности вузов.

Исследования Trends III выявили широкую поддержку аккредитации среди европейских вузов. 81 % вузов планируют поддерживать процедуру аккредитации образовательных программ и только 4 % не видят в этом необходимости. Большинство студенческих организаций считают академическую аккредитацию вузов важной при выборе программ обучения.

Важным моментом в развитии европейского аспекта оценки качества следует считать финансируемый Евросоюзом проект Европейской

ассоциации университетов, названный «культура качества». В рамках этого проекта организованы шесть сетей вузов по всей Европе, специализирующихся по направлениям: управление научными исследованиями; преподавание и обучение; социальная поддержка студентов; реализация болонских реформ; коммуникационные потоки и структуры принятия решений; сотрудничество в области контроля качества.

Имеющиеся данные свидетельствуют, что институциональные механизмы обеспечения качества широко распространены, как и внешние. Основной акцент делается на преподавание. 82 % руководителей вузов утверждают о функционировании процедуры оценивания качества преподавания, 53 % – качества исследований.

Результаты опроса студентов показывают, что только в половине стран, участвующих в Болонском процессе, студенты вовлекаются в процедуры оценки качества. Лишь незначительная доля студентов удовлетворена своим участием в подобных оценках. Исключением может служить Великобритания, где студенты не только активно вовлекаются в большинстве вузов, но и выражают свою удовлетворенность.

Многообразие аккредитационных агентств требует выработки общих критериев в целях обеспечения взаимного признания, сопоставимости и расширения возможностей обмена «лучшей практикой». При этом следует избегать унификации национальных систем высшего образования, сохранять уникальные особенности и конкурентоспособность и создавать рынок образовательных услуг без господства монополий.

Все страны, вовлеченные в Болонский процесс, создали или намерены создать органы, ответственные за внешний контроль качества в той или иной форме. Основное предназначение таких органов – способствовать повышению качества.

Эффективность процедур оценки качества в большей мере зависит от уровня учета взаимосвязи между обучением и исследованиями, а также другими аспектами управления. Аналогичным образом эффективность также будет зависеть от взаимодействия и координации между национальной и европейской подотчетностью, национальными и европейскими процедурами обеспечения качества, а также механизма финансирования вузов. При этом основной проблемой для обеспечения общеевропейского качества остаются прозрачность, обмен передовыми технологиями и выработка общих подходов для взаимного признания процедур контроля качества при сохранении конкуренции и европейского многообразия.

В Берлинском коммюнике министры образования стран, подписавших Болонскую декларацию, призвали членов ENQA совместить с EUA, EURASHE и ESIB разработать согласованный набор стандартов, процедур и руководств к системам обеспечения качества. Ассоциация с готовностью приняла возможность внести свой вклад в развитие обеспечения качества на территории Европы, тем

самым расширив масштабы действия Болонского соглашения.

Обеспечение качества высшего образования не является только проблемой европейских стран. Интерес к качеству и системам стандартов возрастает во всем мире, что способствует развитию системы высшего образования и его финансовому обеспечению. Европа в своем стремлении достичь динамичной и основанной на знаниях экономики должна продемонстрировать, что качество образовательных программ и методы обеспечения качества находятся в соответствии с требованиями времени. Объединение всех сил в рамках Болонского процесса с целью создания такой системы обеспечения качества повышает привлекательность высшего образования в европейском пространстве.

Европейское пространство высшего образования характеризуется разнообразием политических систем, социокультурных и образовательных традиций и языков. Крайне сложный ландшафт этого многообразия предполагает отказ от применения жесткого подхода к стандартам качества. В болонских документах уделяется внимание общим подходам обеспечения качества, а не отдельным требованиям.

Обеспечение качества – это многоаспектное понятие, имеющее различные смысловые значения в контексте национальных систем высшего образования. Более того, экспертами отмечается [2], что внутри аккредитационных агентств существует различное видение на проблему внешней оценки качества и взаимоотношений с вузами.

Ряд агентств, занимающихся аккредитацией образовательных программ и вузов в целом, считают, что внешняя оценка качества в первую очередь должна выражать интересы потребителя, что предполагает сохранение определенной дистанции между аккредитационными агентствами и вузами. Другие агентства видят принципиальную роль внешней оценки в предоставлении рекомендаций вузам с целью улучшения стандартов и качества образовательных программ, что предполагает тесное взаимодействие между аккредитационным органом и вузом. Существует и третье компромиссное мнение, отражающее определенный баланс между обязательствами и стремлением к усовершенствованию.

Различные точки зрения на проблему обеспечения качества имеют непосредственно и вузы и обучающиеся студенты. Европейские аспекты данной проблемы в контексте Болонского соглашения преследуют цель – выработать общие подходы к качеству высшего образования, которое лежит в основе создания европейской зоны образования. Только наличие действенных систем обеспечения качества создает необходимое доверие к национальным образовательным документам.

Согласно рекомендациям Берлинского коммюнике министров образования, ответственность по обеспечению качества высшего образования лежит на каждом учебном заведении в отдельности, что обеспечивает базу для неподотчетности образовательной системы внутри государства. Таким

образом, стандарты и руководства учитывают баланс между внутренними культурами качества и той ролью, которую должны сыграть процедуры внешней оценки качества.

Для аккредитационных органов и вузов, работающих в европейском образовательном пространстве, разработаны стандарты и руководства по внешней и внутренней оценке качества, которые не предполагают строгое исполнение, а носят рекомендательный характер, способствующий разработке внутренних систем обеспечения качества.

Цели стандартов и руководств заключаются в улучшении образования; содействии вузам в управлении и повышении качества, формировании благоприятной среды для аккредитационных органов и обеспечении прозрачности внешней оценки качества и его доступности. Стандарты и руководства основываются на принципах внешнего и внутреннего обеспечения качества высшего образования в европейском образовательном пространстве. Они призваны помогать вузам, стремящимся достичь значительных результатов в интеллектуально-образовательной сфере, оказывать содействие в развитии собственной культуры обеспечения качества, информировать вузы и работодателей о происходящих реформах в системе высшего образования и содействовать накоплению информационно-справочной базы об обеспечении качества в европейском пространстве образования.

В европейском образовательном пространстве процедуры аккредитации находят меньшее применение, чем в США. Причина кроется в традиционном для европейского высшего образования государственном управлении и контроле. Поэтому изначально в болонских документах вопросы аккредитации напрямую не рассматривались. Переход к массовому высшему образованию, рост числа частных вузов, финансовые и ресурсные ограничения, распространение транснационального образования делают актуальной проблему создания приемлемых и согласованных процедур аккредитации.

Сторонники процедур аккредитации как сертификации соответствия установленным стандартам качества [2] полагают, что их введение ускорит создание «европейских знаков качества» в высшем образовании. Голландский исследователь и эксперт А. Вроейнстинг утверждает, что для европейской системы обеспечение качества будет всегда характерен многоуровневый подход, включающий надежно функционирующую систему внутренней гарантии качества на уровне вуза, эффективно работающую систему внешней экспертизы качества образовательных программ или оценку качества на национальном уровне и внешнюю экспертизу на европейском уровне.

Аккредитация может быть подчинена разным целям, но ее генеральное предназначение – развитие стандартов качества высшего образования, ориентированных на общество, работодателя и обучающегося. Нет единства в вопросах об объектах аккредитации: вся система высшего образования или

ее отдельные секторы? Отдельные образовательные программы или вуз в целом?

Популярность находит децентрализованный подход к гарантии качества, когда опыт одних стран будет стимулировать инновации в других. Все это будет содействовать формированию европейских механизмов обеспечения качества. Нарастающий интерес европейских вузов к проблемам аккредитации очевиден. Некоторые эксперты аккредитацию относят к равной стороне «золотого треугольника структурной реформы Болонского процесса: многоуровневая структура – ECTS – аккредитация».

Развитие транснационального образования поднимает ряд вопросов, связанных с аккредитацией, контролем качества и признанием образования, как от европейских, так и иностранных провайдеров. Европейские страны должны установить критерии признания государственных и частных провайдеров транснационального образования с тем, чтобы можно было дифференцировать качественное легитимное образование от фабрик по выдаче дипломов [3].

Общеввропейское пространство высшего образования в контексте Болонского процесса должно строиться на основе базовых академических ценностей, отвечая требованиям всех заинтересованных сторон, в особенности в части обеспечения качества. Качество является основополагающим условием доверия, релевантности, мобильности, совместимости и привлекательности высшего образования. Оно требует баланса между новаторством и традициями, академической успеваемостью и социально-экономической релевантностью, гармоничностью образовательных программ и свободой выбора студентов.

Пражское коммюнике министров образования расценивает качество как основной фактор конкурентоспособности и привлекательности европейского высшего образования. Европейская ассоциация университетов, подтверждая центральную роль качества в высшем образовании, считает, что система обеспечения качества должна:

- основываться на доверии и сотрудничестве между вузами и аккредитационными органами;
- учитывать миссию, цели и задачи учебных заведений;
- осуществлять проверку преподавания, исследовательской деятельности и управления;
- учитывать потребности студентов.

Контроль качества будет результативным только в том случае, если он является неотъемлемой частью вузовской культуры качества. Именно она создает необходимую мотивацию и обеспечивает достаточный уровень компетентности для реализации механизма контроля качества.

EUA считает важным определить общие показатели для контроля качества, охватывающие различные аспекты академической деятельности:

- академическая автономия как инструмент улучшения результатов деятельности и конкурентоспособности;
- качество образовательных программ обучения;

- качество профессорско-преподавательского состава;
- гибкость в организации учебного процесса с наличием обратной связи от студентов;
- качество образовательной инфраструктуры и наличие необходимых ресурсов;
- мотивация профессорско-преподавательского состава;
- учет потребности рынка труда;
- международная научная конкурентоспособность;
- механизмы международного контроля качества.

В ряде европейских стран разработаны системы аккредитации, которые рассматриваются как один из возможных результатов контроля качества и как формальное признание утвержденных минимальных стандартов, определяющих качество программ. При этом EUA считает необходимым процедуру аккредитации сочетать с подробным анализом состояния качества учебного заведения. Систематическая самооценка каждой образовательной программы или вуза в целом служит неперенным атрибутом в обеспечении качества. Самооценка приобретает большую весомость, если она сопровождается внешней оценкой независимыми организациями. Сейчас важно, чтобы вузы осознали значимость аккредитации как адекватного механизма обеспечения минимальных стандартов качества.

Европейская ассоциация университетов в контексте болонских реформ считает, что механизмы аккредитации должны:

- способствовать повышению качества;
- сохранять многообразие и автономию вузов;
- обеспечивать подотчетность обществу путем привлечения всех заинтересованных сторон;
- включать самооценку и внешнее оценивание;
- руководствоваться прозрачными нормами и критериями;
- иметь объективный механизм апелляции;
- подвергаться периодической оценке с точки зрения адекватности ресурсов аккредитационного органа и его воздействия на вузы.

В Бергенском коммюнике содержится призыв к вузам прилагать все усилия для улучшения качества образовательной деятельности через систематическое введение внутренних механизмов и их прямую связь с внешним обеспечением качества. «Совершенствование качества, — считает заместитель генерального секретаря EUA А. Сюрсок, — невозможно добиться одними административными мерами — необходимо обеспечить заботу обо всех аспектах культуры качества как некой ценности, разделяемой всеми представителями академического сообщества».

На настоящем этапе Болонского процесса на вузы возлагается ответственность за развитие внутренней культуры качества. Этим подчеркивается необходимость достижения приверженности вузовских коллективов идее качества как общей ценности и коллективной ответственности всех представителей вуза, включая студентов, преподавателей и административный персонал.

Исходя, как замечает А. Сюрсок, из изречения А. Эйнштейна, что «не все, что считается, можно посчитать, и не все, что можно посчитать, считается», задача формирования культуры качества становится двойной [4]. Во-первых, необходимо систематизировать стандарты и действия вуза, учитывая концентрацию профессионального опыта на нижних уровнях иерархии (кафедра, факультет). Во-вторых, следует разработать перечень стандартов, согласующихся с миссией вуза, в которых обозначены критерии и измерительные процедуры для мониторинга успехов и провалов.

Для решения этих задач первостепенную роль играет «команда ректора» и ее способность мотивировать и увлекать коллектив. Внедрение культуры качества невозможно без обстоятельного влияния, которым должны быть охвачены все действующие лица внутри и вне вуза. В ходе реализации проекта «культура качества», финансируемого программой SOCRATES предложено в вузах сформировать централизованные структуры по обеспечению и управлению качеством.

Учитывая важность проблем модернизации высшего образования в контексте Болонского соглашения в ряде стран определены вузы — координаторы Болонского процесса, а в вузах целесообразно создавать центры по изучению этого сложного европейского процесса с целью плавного вхождения в Болонский процесс с учетом национальных особенностей системы образования [5].

Процедуры аккредитации наиболее развиты в США. В случае оценки отдельных образовательных программ и деятельности вузов по подготовке специалистов определенного профиля, речь идет о специализированной или профессиональной аккредитации. Аккредитация считается институциональной, если оценивается учебное заведение в целом. Исторически специализированная аккредитация в США предшествовала появлению институциональной аккредитации. Однако в настоящее время аккредитационные агентства, как правило, требуют, чтобы вузы сначала получили институциональную аккредитацию. Важно отметить, что если при институциональной аккредитации некоторые недостатки в работе вуза могут быть компенсированы за счет других преимуществ, то при профессиональной аккредитации программа аккредитуется только в случае ее соответствия установленным критериям.

Процесс аккредитации отдельных программ сводится к следующим процедурным моментам:

- учебные заведения и образовательная программа описываются в ходе самообследования и самооценки;
- экспертная группа знакомится с вузом и программой, материалами самообследования и самооценки и формирует заключение, которое доводится до сведения агентства и вуза;
- учебное заведение предоставляет ответ на заключение экспертной группы;
- комиссия агентства на основе данных самообследования, заключения экспертов и ответа

вуза принимает решение о предоставлении (подтверждении) или отвержении (лишении) аккредитации.

Наиболее авторитетной организацией, аккредитующей образовательные программы в области техники и технологий, является Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), представляющей федерацию 28 профессиональных инженерных и технических обществ. Ею аккредитовано более 2 тысяч инженерно-технологических образовательных программ вузов США [6]. ABET оценивает соответствие образовательных программ зарубежных вузов американским аналогам. Более 70 программ вузов Германии, Голландии, Турции, Сингапура, Мексики и других стран признаны ABET.

В Европе пока отсутствует единая система институциональной оценки деятельности образовательных учреждений, аналогичная системе аккредитации в США. Однако в большинстве европейских стран существуют свои подходы к обеспечению и оценке качества высшего образования.

В Великобритании налажена многоступенчатая система аккредитации вузов и их программ при главенствующей роли правительственной организации Quality Assurance Agency (QAA).

Переход на многоуровневую систему подготовки специалистов и интернационализация высшего образования привели к созданию ряда аккредитационных органов в Германии. Активно функционирует Accreditation Agency for Study Programs in Engineering, Informatics, Natural Sciences and Mathematics (ASIIN) – агентство, специализирующееся по аккредитации программ в области техники, информатики, естественных наук и математики.

В эпоху глобализации находит применение транснациональное образование, что означает образование, получаемое студентом в университете другой страны. Причем границу пересекает не студент, а образовательные программы. Пересечение границ при транснациональном образовании осуществляется либо физически (преподаватели, учебные материалы), либо виртуально (дистанционное обучение с применением ИКТ и интернет-технологий). Для международного контроля за качеством транснационального образования создана организация Global Allians for Transnational Education (GATE), осуществляющая контроль в соответствии с принципами транснационального образования [6].

Аккредитационный центр ассоциации инженерного образования России (АИОР) осуществил в 2003 году «пилотную» общественно-профессиональную аккредитацию 12 образовательных программ подготовки бакалавров в области техники и технологии в шести ведущих университетах России с приглашением в качестве наблюдателей представителей аккредитующих организаций стран-участниц Вашингтонского соглашения – Accreditation Board for Engineering and Technology (США), The Institution of Engineers Australia (Австралия), Japa

Accreditation Board for Engineering Education (Япония), Engineering Connsil of South Africa (ЮАР), а также Министерства образования России. Зарубежные наблюдатели отметили высокий уровень разработанных АИОР критериев, а также их соответствие аналогичным критериям, принятым в странах Вашингтонского соглашения.

Динамика происходящих перемен в части сближения (гармонизации) национальных систем обеспечения качества и выработки общих согласованных подходов показала, что указанные задачи трудно реализуемы за относительно короткий период. Образовательные системы в Европе – это своеобразная мозаика по содержанию, структуре и принципам управления.

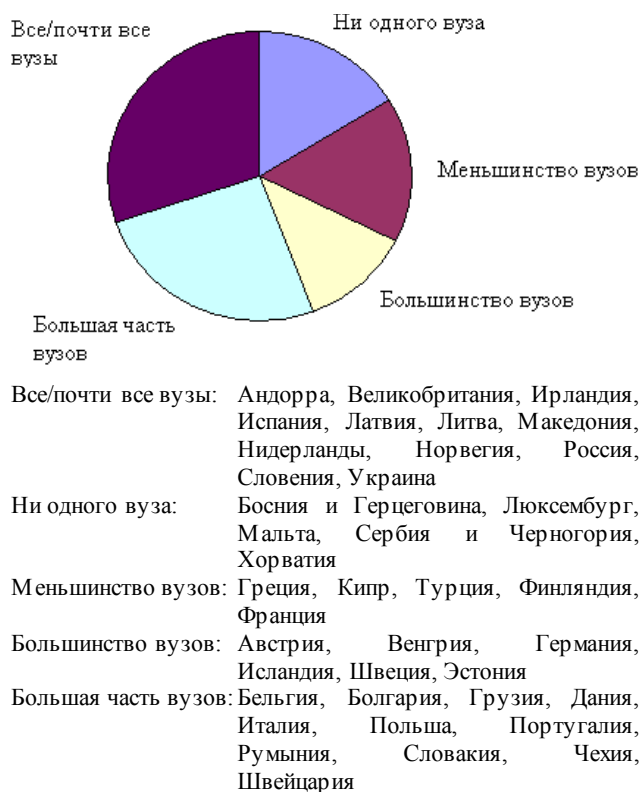
Принципиальные особенности европейских вузов позволяют выделить две группы: англосаксонскую и континентальную.

К англосаксонской группе относятся системы образования Великобритании, Ирландии и ряда скандинавских стран. Их отличает высокий уровень автономности вузов, независимость от государственных органов управления, а также существенная доля негосударственной собственности в высшем образовании.

В системах образования континентальной группы (Франция, Германия, Россия, Австрия) преобладает государственная собственность и осуществляется централизованный контроль (финансовый и академический) со стороны государства над вузами, которые имеют ограниченную автономию.

Условия, влияющие на обеспечение качества в формирующемся европейском пространстве высшего образования, динамично меняются. Проблема качества занимает центральное место во многих европейских странах. Подтверждение этому – пример Норвегии, где Болонский процесс стал частью национальной системы и ныне именуется «Реформой качества» [7]. Данные анкетного опроса «Тенденций V» свидетельствуют, что по сравнению с 2003 г. значительно большее число вузов вовлечено в разработку внутренних систем обеспечения качества. Более 95 % опрошенных вузов заявили, что они проводят внутренние оценки своих программ. Причем более 70 % вузов делают это на регулярной основе.

На рисунке представлены данные о систематической внутренней оценке качества программ в европейских странах. 12 стран отнесены к группе, в которой все/почти все вузы проводят систематическую оценку качества, а в 11 странах большинство вузов осуществляют эту работу. В ряде стран пока отсутствуют работающие системы обеспечения качества.



Внутренняя оценка качества

Сотрудничество национальных агентств по обеспечению качества и аккредитации – это не только один из приоритетов Болонского процесса, но также и основной механизм, положенный в основу Рекомендаций по дальнейшему сотрудничеству в сфере обеспечения качества, предложенных европейской комиссией.

В Бергенском коммюнике министров и в проекте этих Рекомендаций предлагается создать европейский реестр надежных агентств по обеспечению качества/аккредитации, действующих в Европе. Важным моментом является прозрачность агентств по обеспечению качества.

ENQA совместно с EUA, EURASHE и ESIB исследованы пути реализации приемлемой системы внешней экспертизы для агентств или органов обеспечения качества. Итогом работы ENQA и ее партнеров стали следующие рекомендации:

- будут разработаны европейские стандарты для институционального и внешнего обеспечения качества, а также для агентств по внешнему обеспечению. Европейские агентства регулярно, каждые 5 лет, будут проходить обследования. Будет создан Европейский реестр агентств по обеспечению качества и Европейский консультативный форум по обеспечению качества. Все это позволит вузам Европы получить надежные сведения об агентствах по обеспечению аккредитации и выбрать те из них, которые отвечают их роли и амбициям.

Основной типологии европейского высшего образования будет принцип успешного внешнего обследования одним или несколькими агентствами, внесенным в реестр. Через привязку типологии к реестру можно создать определенный механизм

прозрачности. Это позволит всем заинтересованным сторонам оценить богатое многообразие европейских вузов и на этой основе обосновывать свои решения.

В последние годы в Европе наблюдается тенденция сближения образовательных систем [8]. Вузы континентальной группы получают больше автономии, и, наоборот, в странах англосаксонской модели независимость вузов несколько ограничивается.

К настоящему времени в большинстве европейских стран сложились системы оценки качества образования. Интеграционные процессы не ставят задачу унификации таких систем. Для эффективного использования накопленного положительного опыта и имеющихся ресурсов создана структура, объединяющая на равноправных началах органы, ответственные за внешнюю оценку качества в европейских странах, – Европейская сеть обеспечения качества в высшем образовании (ENQA). В составе ENQA насчитывается более сорока агентств из различных стран и международные ассоциации EUA, EURASHE, ESIB, а также FIBAA – Организация по аккредитации международных программ бизнес-администрирования. Управление сетью осуществляется Советом, состоящим из одиннадцати членов. Полное членство в ENQA открыто лишь для ограниченного числа организаций, представляющих государства Европейского союза. По результатам исследований, европейская сеть обеспечения качества в высшем образовании рекомендовала в качестве основы национальной системы гарантии качества для стран-участниц Болонского процесса «модель четырех шагов»:

- 1) Автономия и независимость как от государства, так и от учреждений образования в определении процедур и методов оценки качества;
- 2) Самообследование учебных заведений;
- 3) Внешняя оценка экспертной комиссией с выездом на объект;
- 4) Публикация отчета.

Технология институциональной аккредитации высших учебных заведений в Республике Казахстан, начатая в 2009 г. Национальным аккредитационным центром, не противоречит общеевропейским подходам. Более того, положительными моментами аккредитации следует считать участие студентов и работодателей в составе внешних экспертов [9].

Достаточной известностью пользуется Международная сеть агентств гарантии качества высшего образования INQAAHE. Образованная в 1991 году, она насчитывает 96 действительных членов – аккредитационных агентств из 56 стран мира. Основная цель – обеспечение свободного обмена опытом на специально организованных конференциях и в сети Интернет, развитие теории и практики оценки качества образования, публикация опыта аккредитации.

Сеть аккредитационных агентств стран Центральной и Восточной Европы CEENET, созданная в 2001 году, включает 19 национальных аккредитационных агентств из 16 стран. Основная задача этой европейской сети – поддержка

взаимодействия в вопросах оценки качества и взаимопризнание деятельности агентств. Аккредитационные сети действуют в различных регионах мира: в Азии, Скандинавских странах, странах Южной Америки и Карибского бассейна. Доступ в европейский круг специалистов в области обеспечения качества ограничен. Сегодня только члены Европейского союза могут вступить в сеть ENQA. Для установления контактов с национальными аккредитационными органами и сетью ENQA в России была организована международная конференция «Содействие европейскому сотрудничеству в обеспечении качества». В работе конференции приняли участие руководители агентств и эксперты из Великобритании, Германии, Франции, Нидерландов, Финляндии, Польши, Латвии, Эстонии, России и Казахстана, а также вице-президент ENQA Питер Вильямс и генеральный секретарь Киммо Хамалайнен.

Рассматривая методологические проблемы гармонизации процедуры оценки и гарантии качества, было отмечено, что поскольку для каждой образовательной системы характерна своя специфика, требуется большая работа по созданию механизмов сопряжения систем.

В октябре 2004 года на базе Казахского национального педагогического университета им. Абая (Алматы) была проведена конференция «Гармонизация систем оценки качества высшего образования в странах СНГ и Балтии», на которой было подписано соглашение о создании Евразийской сети обеспечения качества образования и утверждено Положение о Евразийской сети обеспечения качества образования. Членами сети стали соответствующие структуры России, Казахстана, Кыргызстана, Эстонии и Латвии.

В 2008 г. состоялся международный семинар «Обеспечение и оценка качества высшего профессионального образования: Национальный контекст и международная интеграция» с участием представителей международных сетей обеспечения качества и аккредитационных агентств. Большой интерес вызвала идея, предложенная министром образования и науки РК Ж.К. Туймебаевым, о создании системы оценки и гарантии качества высшего профессионального образования стран-участниц ШОС [10].

Наряду с независимыми национальными органами и системами обеспечения качества возникают различные международные структуры. Все они строятся на признании эквивалентности аккредитационных систем. Однако предложение об учреждении единой панъевропейской аккредитационной организации не получило одобрения со стороны большинства вузов Европы [11].

Последнее десятилетие отмечено быстрым распространением процедур качества с выявлением ключевых проблем в области качества высшего образования. По мере свертывания государственного регулирования высшего образования развиваются механизмы и формы общественного управления. Чем

больше автономии у вузов, тем более интенсивным становится общественная подотчетность учебных заведений.

В исследованиях Trends III ставится вопрос: если процедуры контроля и обеспечения качества имеют ретроспективную направленность (ориентированы в прошлое), то какие новые критерии и механизмы, стимулирующие вуз к инновационному развитию, необходимы? Вполне очевидно, что различные вузы будут по-разному реагировать на этот вопрос. По мере развития внутренних процессов оценки качества будет закономерным переход от оценки соответствия к стратегии совершенствования. Появляется потенциальная возможность реализации социально важной миссии университетов с позиции их непосредственной включенности в образование в течение всей жизни. Расширятся перспективы институциональной и международной аккредитации образовательных программ, активизируется инновационная деятельность вузов в совершенствовании форм и технологий обучения: дистанционные технологии, модульное обучение [12].

Болонский процесс, как свидетельствуют многие эксперты, отдаёт проблемам обеспечения качества приоритет. Растет многообразие аккредитационных процедур, причем с такой скоростью и неупорядоченностью, что есть опасение, как бы преодолеваемый в ходе реформ хаос ступеней высшего образования не сменился хаосом аккредитаций [13].

В условиях глобализации и острой конкурентной борьбы за мировые рынки образовательных услуг остро обозначились проблемы качества высшего образования. Этому способствуют динамичный рост студенческих контингентов, рыночные подходы в образовательной политике, смена рынка и формирование частного сектора высшего образования, диверсификация целей и моделей высшего образования, расширение миграции рабочей силы, распространение транснационального образования, образование на протяжении всей жизни и др. Все обозначенные процессы при их стихийном развитии и без системного формирования и управления культурой качества могут представлять угрозу качеству высшего образования.

В общем случае качество образования является многомерным понятием, отражающим характеристику объекта исследования. Вполне очевидно, что образовательное учреждение (вуз) имеет ярко выраженную специфику по сравнению с производственной организацией. Множество разнородных процессов в университете (учебный, научно-исследовательский, воспитательный, административно-управленческий, финансово-экономический и др.) объединены основной функцией – каждый из них вносит вклад в качество образования как интегральный результат деятельности вуза.

Качество образования воспринимается в академической среде по-разному. Нет однозначного толкования. Это разнообразие нашло свое отражение в философии Болонского процесса. Проф. Юрген Колер (Германия) считает, что качество образования

определяется качеством образовательной программы, которое в свою очередь влияет на качество результатов обучения. Болонская декларация выделяет три важнейших результата: академическое качество, под которым понимается мастерство и профессионализм преподавания, вклад в развитие личности и способность выпускников найти работу на рынке труда в течение всей жизни. Рассматривая эти аспекты можно говорить о том, что качество – понятие весьма относительное. Уровень качества образования в вузе зависит от миссии вуза, и именно поэтому формулировка миссии столь важна для обсуждения проблемы обеспечения качества [14]. Такой подход отражает философию болонских реформ, которая не сужает разнообразие национальных культур оценки качества и не ослабляет усилия по обеспечению гарантии качества.

В рекомендациях Совета Европы подчеркивается, что «качество нужно гарантировать на всех уровнях и во всех секторах, различая институты только по целям, методам и образовательной потребности». Качеству образования как сложному и многофакторному понятию всегда уделялось достаточное внимание. В эпоху глобализации и масштабных изменений в рамках Болонского процесса проблема качества приобретает центральное место. Актуальными становятся вопросы формирования содержания высшего образования, необходимости и достаточности базовой естественно-научной подготовки. Целесообразно рассмотреть меру фундаментальности, уходить от ее избыточности, не разрушая принцип фундаментальности и целостности программ и учебных планов.

Нужно находить разумные пути административного (государственного) присутствия в образовательных стандартах при сохранении достаточной автономии вузов.

В последние годы Казахстан позиционировался как государство, формирующее современное конкурентоспособное образование, интегрированное в мировое образовательное пространство [15]. Наша страна одна из первых на постсоветском пространстве в 1997 году подписала и ратифицировала Лиссабонскую конвенцию по признанию квалификаций, относящихся к высшему образованию в Европейском регионе. Уже сегодня 30 университетов РК подписали Великую Хартию Университетов. Создается правовая база национальной системы обеспечения качества образования, основным инструментом которой должна стать аккредитация организаций образования. Более 20 вузов РК прошли институциональную аккредитацию. Ряд вузов Казахстана успешно выдержали процедуру международной аккредитации образовательных программ с привлечением ведущих аккредитационных агентств Европы и США. Закономерным итогом всех интеграционных инноваций явилось подписание Казахстаном в марте 2010 г. Болонской декларации. Казахстан, став полноправным членом этого общеевропейского движения, должен продемонстрировать свою роль и значимость в достижении высокого качества высшего образования, являющегося главной движущей силой Болонского процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. TRENDS III – Move TOWARDS EUROPEAN HIGHER EDUCATION AREA. Sybille Reichert and Christian Tauh.
2. Байденко В.И. Болонский процесс: Структурная реформа высшего образования Европы. 4-е изд. М., 2004.
3. Байденко В.И. Болонский процесс: на пути к Берлинской конференции. Европейский анализ. М., 2004.
4. Байденко В.И. Болонский процесс: Проблемы, опыт, решения. М., 2006.
5. Газалиев А.М., Пак Ю.Н. Модернизация высшего образования и Болонский процесс // Тр. КарГТУ. 2009. № 4.
6. Обеспечение и оценка качества высшего образования / Ю. Похолков, А. Чукалин, С. Могильницкий, О. Боев // Высшее образование в России. 2004. № 2.
7. Болонский процесс: На пути к Лондону / Под ред. В.И. Байденко. М., 2007.
8. Геворкян Е.Н., Мотова Г.Н. Болонский процесс и сотрудничество в области обеспечения качества образования: опыт Российской Федерации // Вопросы образования. 2005. № 4.
9. Стандарты и руководства к системам обеспечения качества в Европейском пространстве высшего образования / Национальный Аккредитационный центр МОН РК. Астана, 2009.
10. Шаханова Н. Расширяя границы // Высшее образование в Казахстане. 2008. № 2.
11. Себкова Х. Аккредитация и обеспечение качества высшего образования в Европе // Высшее образование в Европе. 2002. № 3.
12. Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Система зачетных кредитных единиц в контексте Болонских реформ // Тр. КарГТУ. 2010. № 1.
13. Байденко В.И. Болонский процесс. Курс лекций. М., 2004.
14. Колер Ю. Обеспечение качества, аккредитации и признание квалификаций как контрольные механизмы европейского пространства высшего образования // Высшее образование в Европе. 2003.
15. Туймебаев Ж.К. Мы открываем мир, мир открывает нас // Высшее образование в Казахстане. 2008. № 2.

УДК 37.013:001.76

УМБЕТОВ У.,
ДЬЯКОНОВА Е.Т.

Обеспечение применимости проектируемых электронных учебников

При проектировании электронного учебника (ЭУ), помимо реализации требуемых функциональных

возможностей, важным является обеспечение максимального удобства при его применении. В

терминологии дизайна это свойство интерактивных систем характеризуется термином **usability**, который используется для обобщенной характеристики эксплуатационных качеств систем и рассматривается как обязательный элемент их проектирования. Удобство применения подразумевает пригодность рассматриваемого продукта к практическому применению в соответствии с его функциональным назначением. Имеется в виду, что данный продукт реализует свои функциональные возможности наилучшим образом. Работая с продуктом, пользователь достигает своих целей с наибольшим эффектом и минимальными трудозатратами.

Удобный в применении ЭУ, подобно хорошему преподавателю, обеспечивает плодотворное и эффективное обучение пользователя. При работе с ЭУ у пользователя не должно возникать чувства дискомфорта и неуверенности в своих силах, обусловленной организацией рабочей среды. Напротив, он должен чувствовать всегда, что хорошо понимает и может пользоваться предложенным учебным материалом. Это должно способствовать укреплению собственной самооценки и стимулировать к работе с ЭУ. Опыт общения пользователя с ЭУ должен систематически повышать уровень его компетентности не только в части изучаемого материала, но и в работе с аналогичными обучающими средствами в целом. Все это указывает на чрезвычайную важность организации и дизайна ЭУ с точки зрения понятия *usability*.

Однозначного перевода термина **usability** нет. В литературе встречаются синонимы: *удобство применения, эргономика программных продуктов, эффективность использования, практичность, пригодность, применимость, используемость, эргономичность, потребительские качества продукта или просто юзабилити*. Международная организация стандартизации (ISO) дает следующее определение: *usability* – это эффективность, рентабельность и удовлетворение, с которым пользователи могут выполнить поставленную задачу в заданной среде. В дальнейшем термин **usability** будем трактовать как **практичность** рассматриваемого интерактивного продукта.

Обеспечение практичности интерактивного продукта требует ответа на вопрос, что делает его пригодным к применению вообще и удобным в применении в частности. Существует ряд показателей, позволяющих оценить практичность интерактивной системы. Применительно к ЭУ могут быть использованы следующие:

- *привлекательность;*
- *степень развития функций системы;*
- *пользовательские характеристики.*

Привлекательность ЭУ определяется степенью актуальности представленного в нем учебного материала и качеством исполнения ЭУ, в первую очередь, дизайном. Привлекательность ЭУ во многом определяет мотивацию обучаемого к его использованию.

Подбор актуального учебного материала есть непереносимое условие привлекательности ЭУ. Разработчики ЭУ должны быть нацелены на это и всячески стремиться использовать новейшие достижения теории и практики по профилю учебной дисциплины в увязке их с типовыми и рабочими программами данной дисциплины. При этом пользователь ЭУ должен быть заранее об этом оповещен, что обеспечивается посредством представления соответствующей информации в аннотации к ЭУ, содержанием и оформлением оглавления. Этому также могут способствовать рекомендации по последовательности

изучения материала ЭУ в зависимости от уровня предварительной подготовленности пользователя. Материал ЭУ должен быть структурирован таким образом, чтобы подготовленный пользователь имел возможность использовать больший объем информации, а новичок – обойтись минимумом необходимой информации.

Немаловажное значение имеет использование открытого принципа организации ЭУ. Под этим понимается возможность модернизации, развития и расширения материала ЭУ. Поскольку учебная дисциплина со временем может пополняться новыми разделами и вносимыми коррективами в содержание отдельных вопросов, ЭУ должен допускать возможность соответствующей корректировки учебного материала. При этом разработчики не должны испытывать каких-либо ограничений ни в части объемов размещаемой информации, ни в части форм и средств ее отображения и представления.

Степень развития функций системы складывается из следующих составляющих: легкость в изучении функций, легкость их использования, соответствие функций целям и задачам ЭУ. Легкость в изучении функций интерактивной системы оценивается уровнем усилий, которые должны быть предприняты пользователем для того, чтобы понять принципы функционирования системы.

Легкость использования функций системы определяется усилиями, которые должны быть предприняты пользователем для практической работы в рабочей среде системы. На практике встречаются системы, которые легко поддаются освоению, но затруднены для использования. Понятно, что мотивация к практическому применению такой интерактивной системы не будет высока.

Соответствие функций системы целям и задачам ЭУ оценивается по степени функциональности системы. Система может быть легка для освоения и удобна в применении, но не в полной мере соответствовать своему конечному назначению, т.е. эффективно решать задачу обучения пользователя по направлению учебной дисциплины.

Пользовательские характеристики представляют набор факторов, которые отражают заинтересованность пользователя в использовании ЭУ. К числу таких показателей могут быть отнесены предварительная осведомленность пользователя о содержании и значимости материала ЭУ (knowledge); побуждение (motivation) и усмотрение (discretion). Все эти показатели являются взаимосвязанными и влияют друг на друга. Предварительная осведомленность пользователя определяет наличие либо отсутствие интереса к ЭУ, т.е. степень мотивации пользователя к использованию ЭУ. При этом чем выше мотивация пользователя, тем больше усилий он будет прикладывать для освоения материала ЭУ. Фактор усмотрения определяет мотивацию пользователя к использованию именно данного ЭУ в условиях наличия выбора среди различных вариантов ЭУ.

Все приведенное выше составляет комплексную оценку практичности ЭУ и подлежит обязательному учету при его проектировании и разработке.

Необходимо отметить, что практичность ЭУ – это прежде всего *качественный признак*, который определяет, насколько пользователю легко и привлекательно работать с ЭУ. Можно выделить следующие составляющие данного показателя:

- *легкость применения* – характеристика того, насколько легко пользователь может выполнять основные операции, связанные с практическим применением ЭУ при первой встрече с ним;
- *эффективность* – показатель того, как быстро пользователь может освоить основное содержание ЭУ;

- *запоминаемость* – показатель, определяющий объем остаточных знаний по материалам ЭУ через определенный промежуток времени;
- *ошибки* – сколько ошибок делает пользователь при выполнении контрольных заданий, насколько серьезны эти ошибки, насколько легко пользователь может исправить эти ошибки;
- *субъективное удовлетворение пользователя* – характеризует, насколько пользователю приятно работать с ЭУ.

Вместе с тем практическое применение данного показателя предполагает возможность его количественной оценки, что требует использования определенных и наглядных индикаторов. Только в этом случае можно говорить о возможностях объективного измерения данного показателя.

Можно предложить множество различных методов оценки удобства применения ЭУ. Вместе с тем наиболее действенным и полезным представляется метод *тестирования* системы.

Пионером оценки удобства применения интерактивных систем является компания *IBM Corporation*, которая приступила к таким оценкам в начале 80-х годов. Эти работы были направлены на то, чтобы сделать пользователей ПК наиболее самодостаточными. В настоящее время тестирование интерактивных систем на удобство применения стали производить практически все фирмы данной отрасли. Компании, приобретающие программное обеспечение, разработанное на заказ, также проводят экспериментальные оценки на предмет удобства его применения.

Сегодня тестирование на удобство применения интерактивных систем является неотъемлемой частью общего процесса их разработки. Оно осуществляется на плановой основе в обязательном порядке. Причем тестирование на удобство применения проводится уже на начальном этапе разработки продукта с тем, чтобы понять, смогут ли потребители вообще использовать данный продукт.

Тестирование на удобство применения обычно основывается на двух типах методов оценки – количественных и качественных. Количественные методы оценки предполагают использование измеряемых показателей. Качественные методы – это субъективные методы, включающие сбор устных и письменных сообщений пользователей об их восприятии, мнениях, суждениях, предпочтениях, а также степени удовлетворенности от системы и работы с ней.

Различные типы оценок подходят для различных стадий процесса дизайна. Например, качественные данные могут потребоваться, когда дизайн необходимо усовершенствовать. Качественный метод позволяет проектировщику узнать о том, почему произошли ошибки или недоразумения, а не только их численность. На более поздних стадиях дизайна может потребоваться количественная информация, которая позволит проектировщикам оценить правильность выбранного дизайна.

В качестве измеряемых индикаторов удобства применения ЭУ могут быть использованы следующие показатели.

Одной из наиболее используемых оценок удобства применимости ЭУ является время, требуемое пользователю на выполнение определенного контрольного задания. Меры времени имеют преимущество в том, что они просты в измерении и подходят для статистического анализа. При этом

следует иметь в виду, что время, затрачиваемое на выполнение задания различными пользователями, может быть различным. Поэтому часто важны не столько абсолютные величины данного показателя, сколько их соотношение для выполнения различных заданий. Данный показатель позволяет получить оценку скорости обучения пользователя.

Другим показателем может служить количество и типы ошибок, допускаемых пользователем при выполнении контрольных заданий. Они могут показать, какие проблемы организации и дизайна учебного материала имеются в ЭУ.

Обычно различают две категории ошибок: режимные ошибки (*mode errors*) и ошибки описания (*description errors*).

Когда пользователи полагают, что они находятся в одном режиме, а в действительности они находятся в другом режиме, происходят режимные ошибки. К режимным ошибкам можно отнести опечатки, т.е. неверное исполнение предписанного действия в форме набора требуемого символа, либо группы символов. Такие ошибки являются следствием недостаточного внимания. Режимные ошибки также могут возникать вследствие неверного либо неполного считывания показаний эксплуатируемой интерактивной системы. Кроме того, к режимным ошибкам относятся моторные ошибки. Данные ошибки бывают связаны с тем, что пользователь, хотя и знает содержание предписанных действий и то, каким образом они должны быть реализованы, затрудняется выполнить эти действия правильно по независящим от него причинам, в частности, из-за нерациональной организации рабочей среды.

К существенным ошибкам следует относить неверное описание и отражение материала предметной области. Следствием таких ошибок является формирование в сознании пользователя неправильных знаний и представлений по изучаемой дисциплине. Ущерб, нанесенный этими ошибками, может быть чрезвычайно велик.

Качественные оценки практичности ЭУ могут быть произведены с использованием различных типов протоколов тестирования. Различают следующие основные типы протоколов – устные и визуальные. Устные протоколы характеризуются тем, что пользователи выполняют контрольное задание, сопровождая его размышлениями вслух. Такие протоколы позволяют разработчикам понять и проследить ход мыслей пользователей при работе с ЭУ и учесть это в процессе проектирования и реализации ЭУ. Устные протоколы могут быть *параллельными* либо *ретроспективными*. Параллельный протокол ведется по ходу выполнения пользователем контрольного задания. Ретроспективный протокол заполняется по завершении пользователем контрольного задания. Могут также использоваться оба вида протоколов одновременно.

Визуальные протоколы ведутся в форме видеозаписи действий пользователя при выполнении контрольного задания. Это позволяет эффективно выявлять элементы ЭУ, в которых пользователь испытывает затруднения. Следует иметь в виду, что и в случае устного протоколирования и при визуальном протоколировании результаты тестирования могут быть искажены вследствие того, что пользователи стеснены в своих действиях в условиях наблюдения за ними.

Качественной организации материала ЭУ могут способствовать оценка и учет *концентрации внимания на образцах визуального просмотра*. Тестирование разработки в форме наблюдения за движениями глаз пользователя могут показать, на каких образцах просмотра фокусируются его внимание, с какой частотой и какой

продолжительностью. Такие данные позволяют произвести оценку того, в каком виде и какая информация ЭУ привлекает наибольшее внимание пользователя.

Дополнительно к данной оценке может проводиться оценка *частоты обращения к объектам различного способа исполнения и дизайна*. Эта оценка позволяет определить объекты, вид и дизайн которых востребуются чаще и больше привлекают внимания.

Оценка *меры заинтересованности в применении ЭУ* может выявляться посредством анкетирования, опросов и интервью различных категорий пользователей. Оцениваемые меры могут охватывать самые различные сферы. В частности, можно проводить опросы таким способом, чтобы выявить мнения пользователей относительно легкости освоения материала, легкости в использовании ЭУ, соответствия ЭУ целям и задачам обучения. Возможны также другие вопросы для включения в анкеты и интервью, позволяющие оценить практичность и привлекательность ЭУ. К примеру, о том, удобно ли было пользователю работать с ЭУ, насколько удобна и комфортна рабочая среда ЭУ, система управления и навигации и др.

Подобные сведения являются ценным источником информации. Они позволяют установить обратную связь с пользователями ЭУ и определить степень пригодности и практичности ЭУ.

Для получения наиболее достоверной информации об эффективности и практичности ЭУ важна правильная организация тестирования исследуемого продукта. Приоритетными при этом являются следующие направления исследований.

Оценка базовых концепций ЭУ. Существо данного исследования заключается в том, что разработчики ЭУ сопоставляют собственные представления об организации и дизайне учебного материала ЭУ с мнением потенциальных пользователей. Подобные оценки целесообразны на ранних стадиях проектирования и могут проводиться посредством опросов, анкетирования и интервью. Полученные результаты исследования могут быть полезными и с точки зрения предварительной оценки потенциального спроса на ЭУ.

Подбор участников тестирования в роли пользователей ЭУ. Эффективное и качественное тестирование ЭУ предполагает правильный подбор участников тестирования в роли потенциальных пользователей. Вполне естественным представляется привлечение различных категорий пользователей. При этом потенциальных пользователей ЭУ необходимо подразделять на *дружественных* и *недружественных*.

Дружественные пользователи предрасположены к разумной и правильной работе с ЭУ. Они стремятся к

максимально точному исполнению требуемых инструкций и правил поведения в процессе работы. Их участие в тестировании обеспечивает оценку перспективности разработки ЭУ в целом.

Недружественные пользователи – устремлены на выявление недостатков испытываемой системы. Это способствует выявлению отрицательных свойств и характеристик ЭУ.

Важно, чтобы участники тестирования были *типичными представителями* пользователей исследуемого продукта. В этом случае достигается наиболее достоверная оценка степени применимости ЭУ.

Количество участников тестирования зависит от многих факторов. В частности, от выделенного времени, наличия рабочих мест, типа тестируемого ЭУ, вида статистического анализа, который планируется провести по результатам тестирования и др. Как показывает практика, достаточно 5-10 участников для оценки качества и практичности ЭУ, а также выявления основных проблем его применимости.

Перед началом разработки ЭУ целесообразно провести тестирование используемых прототипов. Это позволит выявить их достоинства и недостатки, которые могут быть учтены в разрабатываемом проекте. В этом случае конечный продукт будет в большей степени отвечать своему назначению, поставленным целям и задачам.

На завершающем этапе оценки качества и практичности ЭУ рекомендуется проводить его комплексное тестирование по определенному перечню контрольных критериев, которые охватывают все аспекты функционирования и эксплуатации ЭУ. В частности, системные и аппаратные требования, используемое программное обеспечение, режимы эксплуатации, возможности доступа для удаленного пользователя и др.

Окончательная оценка качества, эффективности и практичности ЭУ требует проведения *производственных испытаний*, т.е. тестирование его высококвалифицированным преподавателем по профилю ЭУ.

В процессе эксплуатации ЭУ может проводиться его *производственное тестирование*, чтобы оценить его преимущества, недостатки в сравнении с другими аналогами и выработать рекомендации по его доработке, совершенствованию и модернизации.

Рассмотренные методические аспекты и подходы к обеспечению качественной организации и дизайна ЭУ могут быть распространены полностью либо частично и на другие виды разрабатываемых электронных образовательных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Preece, J. Sharp, H. Rodgers, Yvonne. Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction. 2002 PaperBack.

УДК 004:378.147

ЭМ Г.А.,
ВОЙТКЕВИЧ С.В.,
МАКАРЕНКО Н.В.

Опыт применения информационных технологий при подготовке специалистов электротехнического профиля

Внедрение новых информационных технологий (ИТ) в учебный процесс связано с повышением профессиональной компетентности будущего специалиста. Наличие таких теоретических и

практических знаний у специалиста значительно повышают его востребованность на рынке труда.

Однако применение ИТ в ходе профессиональной подготовки специалистов инженерного профиля имеет свои особенности. Автоматизация учебных работ

профессионального характера создает, с одной стороны, предпосылки для более глубокого понимания свойств изучаемых объектов и процессов на математических (имитационных) моделях, проведения параметрических исследований и оптимизации. С другой стороны, осмысленное применение систем автоматизации профессиональной деятельности требует достаточно высокой квалификации, которой студенты младших курсов вузов еще не обладают. Нередко они успешно овладевают лишь аппаратными и программными компонентами автоматизированных систем, а профессиональная квалификация в предметной области, связанная с вопросами построения математических моделей и анализа результатов компьютерных расчетов, растет медленно либо вообще отсутствует. Часто студенты не подтверждают в полном объеме даже те знания, которые обеспечивали школьные программы начального компьютерного обучения. К тому же относительная легкость получения результата с применением ПЭВМ несколько снижает интерес к самому результату.

Следует также понимать, что широкое использование компьютеров в обучении не должно закрывать подготовку специалистов в реальном предметном направлении, иначе говоря, недопустима подмена физических явлений только модельным представлением их на экране компьютера, тенденция к которой наблюдается в последние годы. Так, при подготовке специалистов электротехнического профиля широкое распространение получили прикладные программы (*MULTISIM*, *Electronics WorkBench*, *MatLab-Simulink*, *MBTV* и др.), симулирующие работу электроизмерительных приборов и различных устройств автоматики – осциллографов, мультиметров, транзисторов, цифровых логических элементов и др. Безусловно, применение таких программ значительно облегчает работу преподавателя, снижает затраты на подготовку специалистов. Однако использование в учебном процессе исключительно средств, лишь моделирующих реальные объекты, может привести к абсурдной ситуации: студент, в полном объеме освоивший учебную дисциплину и свободно владеющий виртуальным комплексом соответствующего назначения, оказывается неспособным выполнить простейшие действия при работе с «живыми» приборами [1].

Двойственный характер компьютеризации профессиональной подготовки специалистов инженерного профиля вынуждает задуматься над методикой применения в учебном процессе систем автоматизации профессиональной деятельности и рациональным их сочетанием с другими средствами поддержки обучения. По мнению авторов публикации, качественная подготовка специалистов инженерного профиля возможна только при разумном совмещении современных ИТ с «железом».

В этой связи может представлять определенный интерес опыт преподавания ряда специальных дисциплин для студентов специальностей 050702 – «Автоматизация и управление» и 050718 –

«Электроэнергетика» на кафедре «Автоматизация производственных процессов» (АПП) Карагандинского государственного технического университета. Лабораторные практикумы по курсам «Метрология и измерения», «Элементы и устройства автоматики», «Автоматизация технологических комплексов» и др. включают в себя две обязательные составляющие: компьютерную, с использованием соответствующих прикладных программ *LOGO!*, *SoftComfort*, *Electronics WorkBench* и др., и аппаратную, с применением лабораторного оборудования и приборов. Таким образом, студенты в ходе выполнения лабораторных работ осваивают учебный материал с использованием современных прикладных программ, моделирующих процессы и объекты, и получают практические навыки работы на измерительных и аппаратных технических комплексах.

Рассматривая современные образовательные технологии, нельзя обойти вниманием такую динамично развивающуюся инновационную форму, как дистанционное обучение. Если ранее внедрению дистанционного обучения препятствовали низкое качество связи с сетью *Internet* и высокая стоимость программного обеспечения, то в настоящее время ситуация изменилась. Сегодня ограничения для внедрения этой инновационной технологии в любом учебном заведении практически отсутствуют. Дистанционное обучение позволяет создать комфортные условия для освоения учебных программ, не отрывая их от производства, а также значительно увеличить контингент студентов, используя минимальное количество преподавателей и не расширяя площадей учебного заведения. Последний аргумент в современных экономических условиях является немаловажным.

Опыт дистанционного обучения в КарГТУ показывает, что данная технология поднимает на новый уровень как заочную, так и очную форму обучения. Здесь следует отметить положительный опыт преподавания на кафедре АПП таких дисциплин, как «Базы данных», «Операционные системы реального времени» и др., в которых отработаны технологии смешанного электронного обучения на основе программной системы дистанционного обучения MOODLE. Данная система поддерживает учебно-методическое обеспечение по всем видам занятий и самостоятельной работы студентов, включая изучение теоретических разделов курса, выполнение лабораторных и практических работ, курсового проектирования, а также значительно облегчает промежуточный и итоговый контроль. Это позволяет эффективно обучать студентов инженерных специальностей в рамках кредитной технологии обучения, переход на которую в настоящее время осуществлен во всех вузах Казахстана [2].

Однако все преимущества как дистанционной, так и других инновационных образовательных форм с применением информационных технологий могут быть сведены к минимуму при отсутствии полноценных электронных обучающих средств (ЭОС).

Следует отметить, что кафедра АПП прочно удерживает передовые позиции в университете в области разработки и использования компьютерных технологий для обучения студентов и магистрантов. На кафедре разработано и внедрено 11 виртуальных и программно-аппаратных лабораторно-практических комплексов, активно используется в процессе обучения современное оборудование известных компаний *Siemens, Mitsubishi, FESTO-Didaktik* и др. В соответствии с планом разработки ЭОС и в инициативном порядке на кафедре АПП только в 2008-2009 уч. году было разработано и сертифицировано в ЦЭТО КарГТУ 20 мультимедийных ЭОС (в том числе, 14 базовых версий и 6 интернет-версий), 17 слайд-лекций, 5 мультимедийных презентаций и 5 видеолекций, а общее количество ЭОС кафедры АПП по состоянию на 25.12.2009 г. достигло 118 единиц. В настоящее время из общего количества преподавателей кафедры более 90 % применяют информационные технологии на занятиях, а лабораторные и практические занятия по дисциплинам специальностей 050702 и 050718 полностью охвачены современными средствами технической поддержки.

Вопрос повышения качества преподавания специальных дисциплин неразрывно связан не только с внедрением в учебный процесс информационных

технологий и современного учебного лабораторного оборудования, но и с уровнем компетентности и квалификации профессорско-преподавательского состава. Этому направлению руководство кафедры АПП также уделяет большое внимание. Ежегодные планы повышения квалификации профессорско-преподавательского состава кафедры систематически перевыполняются. Так, только в 2008-2009 уч. году в КарГТУ и сторонних организациях и предприятиях квалификацию повышали 24 преподавателя кафедры (более 60 % от общего состава ППС кафедры).

Таким образом, использование новых информационных технологий в процессе преподавания специальных дисциплин при подготовке специалистов инженерного профиля не только улучшает качество образования, активизируя процесс преподавания, повышая интерес обучающихся к изучаемой дисциплине и эффективность учебного процесса, но и предъявляет более высокие требования к уровню подготовки преподавателя и его квалификации. Преподаватель специальных дисциплин технического вуза в этих условиях должен владеть как традиционными методиками обучения, так и навыками разработки и применения различных форм электронных обучающих средств, рационально совмещая их с «классическими» средствами поддержки обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эм Г.А., Макаренко Н.В. К вопросу о применении информационных технологий в учебном процессе // Тр. Междунар. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (24-25 июня 2008 г.) / Министерство образования и науки РК, Карагандинский государственный технический университет. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. Вып. 1. С. 257-259.
2. Брейдо И.В., Паршина Г.И. Внедрение e-learning для технических специальностей при кредитной системе обучения // Тр. XXI Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях» ММТТ-21 (27-31 мая 2008 г.) / Саратовский гос. техн. ун-т. Саратов, 2008. С. 56-58.

Раздел 2

Машиностроение. Металлургия

ӘОЖ 669.779.052:553.322

МҰХТАР А.А.,
КИМ В.А.,
ӘЛЖАНОВ М.Қ.,
ЖҮНІСОВА Қ.Ә.

**Лисаков гравитациялық магниттік концентратын
күйдіру үрдісіне сұйық мұнай қалдығының
ықпалын зерттеу**

Бурыл темір кендері жер қыртысында барланған темір кендерінің аса ірі үлесін құрайды. Аталған кендерде темір, алюминий, кремний элементтері гидроксидтер түрінде ұсақ сфероидтық агрегациялар оолиттер атты түзілімдерде басым шоғырланған [1]. Кенді гравитациялық және магниттік тәсілдермен байыту барысында құрамы 49-51% темірден тұратын гидрогетитті (оолитті) концентрат алынатыны мәлім [2]. Концентрат құрамындағы темір үлесін арттыру жолдарының бірі оның құрамына кіретін кристалдық судан (12 %) арылу болып табылады. Ол үшін оолитті концентратты жоғары температурада (800 °C) қыздырады, кристалдық судың ажырауы әсерінен концентрат құрамында темір үлесі 54-56 %-ға жоғарылап, гематитті Fe₂O₃ концентрат алынатындығы [3] дәлелденген. Оолиттік, немесе гравитациялық – магниттік концентрат құрамындағы темір үлесін өсіру мақсатында ұсынылған әдістердің келесі түрі аталған концентратты 700-800 °C-де бір кондырғыда сусыздандыру және тотықсыздандыру (газды немесе катты күйдегі тотықсыздандырғыштармен) үрдісі өткізіледі, соңында алынған күйдірінді магниттік сепарация тәсілімен байытылып, темірі 68-69 %-ға жуық магнетитті Fe₃O₄; концентрат алынатыны белгілі [4]. Оолитті концентратты сусыздандыру мен тотықсыздандыру-

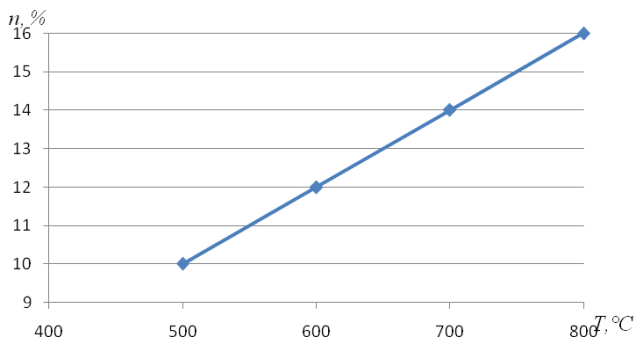
дың барынша қолайлы тәсілі – аталған үрдістерді сұйық көмірсутегінің қатысуымен іске асыру [4].

Жұмыстың мақсаты – оолитті бурыл темір кенін термиялық өңдеу үрдісінде сұйық көмірсутегінің әсерін салыстырмалы зерттеу. Зерттеуге арналған оолитті үлгілер Лисаков гравитациялық-магниттік концентратынан арнайы іріктеліп алынды. Химиялық құрамы (орта есеппен): Fe жалпы – 50,4; Al₂O₃ – 3,84; SiO₂ – 0,98; CaO – 0,14 т.о. Мұнай-химия өндірісінің қалдығы – гудрон зерттеулер барысында сұйық көмірсутегі ретінде қолданылды. Химиялық құрамы, %: C – 85,65; H – 10,85; O – 1,0; S – 3,5; N – 2,5.

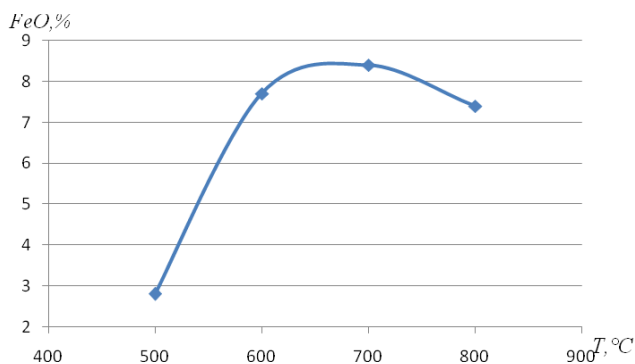
Тәжірибелік үлгілер төмендегідей ретпен дайындалды. Қолданылмақ болған гудрон бөлме температурасында тұтқыр болғандықтан, оның белгілі мөлшері бензолда ерітіліп, осы ерітіндімен оолитті концентрат үлгілері шайылып, сүзілгеннен кейін бөлме температурасында кептірілді. Осылай алынған тәжірибелік үлгілер алдын ала өлшеніп, алунд тигельдерінде муфельді пеште, сыртқы ауаның шектеулі қатынасында, 500, 600, 700, 800 °C температурада, 15-60 мин аралығында күйдірілді. Тәжірибелердің нәтижелерін салыстыру мақсатында оолитті концентраттың көмірсутегінде өңделмеген үлгілері де қатар күйдірілді. Тәжірибелер нәтижесінде алынған күйдірінділер салқындатылғаннан кейін әр

үлгінің сусыздану дәрежесі (n) олардың салмақтарын өлшеу арқылы анықталды. Күйдірілділердің ферромагниттік қасиеттері (σ) Фарадей әдісімен арнайы магниттік таразыда зерттелді. Фазалық-химиялық талдаулардың көмегімен күйдірілділер құрамындағы вюститтің (FeO) пайыздық мөлшерін анықтау арқылы олардың қаншалықты тотықсызданғаны есептелді.

Күйдіру үрдісі салдарынан оолиттердегі судың ажырауы және тотықсыздану реакциясының әсері 1-суреттегі тәуелділікте айқын байқалады. Үлгілер салмағының тұрақты түрде 12 %-ға азаюы оолит құрамындағы судан толық ажырағанын білдіреді, салмақсызданудың 16%-ға дейін өсуі оолитпен тікелей қауышқан (белсенді тотықсыздандырғыш) көмірсутегінің тікелей әрекеттесуі нәтижесінде тотықсыздану үрдісінің жүзеге асқанын дәлелдейді.



1-сурет – Сұйық көмірсутекті ортада оолитті концентраттың сусыздану және тотықсыздану барысындағы салмағы өзгеруінің температураға тәуелділігі

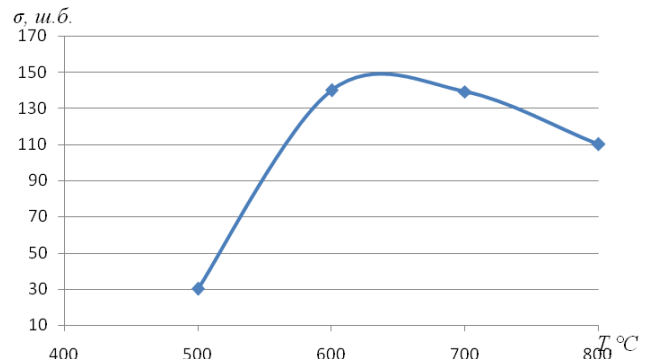


2-сурет – Күйдірілді құрамындағы вюстит үлесінің температураға тәуелділігі

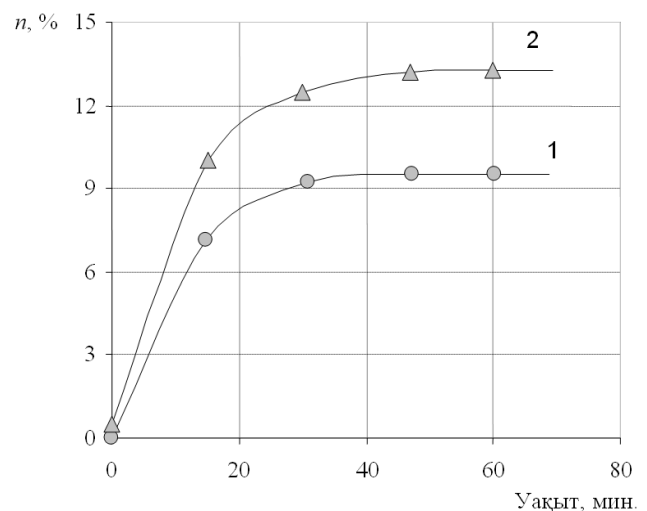
Күйдіру температурасы өскен сайын алынған оолит күйдірілділерінің магниттелу (σ) қасиеттерінің мәні жоғарылай түседі де (3-сур.) 650-750 °C аралығында ең жоғарғы мәніне жететеді. 800 °C-де күйдірілген оолит үлгілерінің магниттік қасиеттерінің күрт төмендеу құбылысы белсенді көмірсутегінің тотықсыздандыру нәтижесінде түзілген магнетиттің сыртқы әсерден тотыға бастағанын дәлелдейді.

Тәжірибелерде алынған мәліметтер мен тәуелділіктерді талдау негізінде сұйық көмірсутегімен өңделген оолитті концентратты ұтымды күйдіру температурасы 650 °C болып табылады. Күйдіру үрдісінде көмірсутегінің ықпалын анықтауды көздеп осы температурада 15-60 мин аралығында салыстырмалы тәжіри-

белер іске асырылды. 4-суреттегі графикте 1 – қысық өңделген оолиттердің, ал 2-ші қысық өңделмеген оолиттердің 650 °C температурада судан ажырауының уақытқа тәуелділігін көрсетеді.



3-сурет – Күйдірілді үлгілерінің магниттік қасиеттерінің температураға тәуелділігі



4-сурет – Сұйық көмірсутегімен өңделген (1) және өңделмеген (2) оолитті концентраттардың 650 °C-де салмақтарының өзгеру тәуелділіктері

Судың ажырау үрдісі көмірсутегі қатысты ортада пәрменді жүретіндігі алғашқы 15 минутта айқын байқалады. 60 минутта сусыздану толығымен өтеді, ал осы уақытта небары 9 %-ға жуық сусызданған, өңделмеген оолиттер үлгілерінің толық күйуіне анағұрлым жоғары температура қажет болады.

ЛГМК күйдірілділерін магниттік байыту барысында алынған салыстырма мәліметтер кестеде келтірілген. Кестеде сұйық көмірсутегі қалдығымен (гудронмен) алдын ала өңделіп күйдірілген концентраттан байытылып алынған шикізаттың құрамындағы темір мөлшері, 950 °C-та алынып байытылған темір шикізаты құрамына жуықтайды.

Сонымен, бурыл темір концентратын күйдіру үрдісіне сұйық көмірсутегі – гудронның ықпалын зерттеу нәтижелері төмендегідей қорытындыларды жасауға негіз болды:

- бурыл темір концентратын сусыздандыру мен тотықсыздандыру мақсатында сұйық көмірсутегін – гудронды қолдану аталған үрдістер температурасын 650-700 °C-қа дейін төмендетуге мүмкүндік береді;

- күйдірінділерді магниттік байыту барысында құ- шикізат алынады.
рамында 61,16 %-ға дейін темірі бар металлургиялық
Кесте – ЛГМК күйдірінділерін магниттік байыту нәтижелері

Фракция	Тотықсыздандырылған 950 °С					Сұйық көмірсутегі қалдығымен күйдірілген 650 °С				
	Шығыны, %	Fe _{жал.} %		SiO ₂ %		Шығыны, %	Fe _{обш.} %		SiO ₂ %	
		Мөлшер	Шығыны	Мөлшер	Шығыны		Мөлшер	Шығыны	Мөлшер	Шығыны
Әуелгі концентрат		45,36	-	28,85	-		44,51	-	29,59	-
Ұнтақталмаған										
Магниттік фракция	84,66	51,78	96,64	18,41	54,04	84,26	51,35	97,22	18,62	53,1
Магниттік емес фракция	15,34	9,94	3,36	86,43	45,96	15,74	7,87	2,78	88,30	46,9
Барлығы	100,0	45,36	100,0	28,85	100,0	100,0	44,51	100,0	29,59	100,0
Ұнтақталған										
Магниттік	51,72	60,58	69,08	5,06	9,08	58,90	61,16	80,93	5,12	10,20
Магниттік емес фракция	48,28	29,05	30,92	54,33	90,92	41,10	20,65	19,07	64,66	89,80
Барлығы	100	45,36	100,0	28,85	100,0	100,0	44,51	100,0	29,59	100,0

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кантемиров М.Д., Бобир Б.Л., Левинтов С.К., Намазбаев С.К. Изучение механизма активации фосфора в оолитовых минералах в циклическом процессе «обжиг-выщелачивание» при различных температурах // Комплексное использование минерального сырья. 2007. № 5. С. 72-79.
2. Кантемиров М.Д., Левинтов С.К., Намазбаев С.К., Бургарт С.А. Анализ состояния и перспективы развития технологии обогащения и обесфосфоривания бурожелезняковых концентратов Казахстана // Тр. Междунар. конф. «Металлургия XXI века. Состояние и стратегия развития». Алматы, 3-5 октября 2006. С. 134-137.
3. Мухтар А.А., Кочегина Е.В., Байкенов М.И. Исследование жидкого углеводорода при термической подготовке бурожелезнякового сырья к магнитному обогащению // Новости Науки Казахстана: Науч.-техн. сб. / КазНИИТИ. Алматы, 2006. № 4. С. 56-59.
4. Предпат. № 16681 С 22В1/02 от 15.12.2005 г. Способ подготовки бурожелезняковых руд и концентратов к магнитной сепарации.

УДК 622.232-8

**КЛИНОВ Ю.М.,
САТЛЕР О.М.,
БОНДАРЕНКО А.С.**

Выбор типажного ряда гидромолотов на основе экспертных оценок

При добыче полезных ископаемых возникает задача дробления негабаритов горных пород. В последнее время все чаще для этих целей стали использовать гидромолоты, которые навешивают в качестве сменного оборудования на экскаватор вместо ковша. Выбор гидромолота является первостепенной задачей, которую необходимо решать для налаживания процесса разрушения негабаритов горных пород.

Дело в том, что один и тот же породный негабарит можно разрушить гидромолотом с различной энергией удара, но при этом качественные показатели процесса разрушения, такие как количество ударов, требуемое для разрушения, КПД передачи энергии при ударе в негабарит, а также удельные энергозатраты на разрушение, будут различными.

Рисунок 1 иллюстрирует процесс разрушения породного негабарита путем многократного приложения к хвостовику клина ударных нагрузок с различной энергией единичного удара.

После первого удара (рисунок 1,а, I) эквивалентное напряжение в негабарите достигает величины 2,3

МПа, а при последующих ударах оно не поднимается выше 3,9 МПа, что недостаточно для образования трещины и последующего разрушения негабарита. При первом ударе (рисунок 1,а, II) происходит погружение клина на 35 мм, при втором – на 3 мм, а при последующих ударах перемещение клина отсутствует, что свидетельствует о недостатке энергии удара. Отскок бойка после удара о клин происходит с различной скоростью (рисунок 1,а, III). После первого и второго ударов скорость отскока ниже (угол наклона кривой на рисунке меньше), чем при последующих, поскольку жесткость преграды в первых двух случаях при перемещении клина меньше, чем когда клин неподвижен.

Аналогичные зависимости получены при других значениях энергии удара. Так, на рисунке 1,б показаны напряжения в негабарите, перемещение клина и отскок бойка при энергии единичного удара, равной 250 Дж. В этом случае разрушение негабарита произошло после 4 ударов (рисунок 1,б, II) при достижении эквивалентным напряжением критической величины, равной 6 МПа (рисунок 1,б, I).

Скорость отскока (рисунок 1,б,III), как и в предыдущем случае, была неодинаковой. После первого удара при большом перемещении клина (37

мм) она была меньше, чем при последующих, когда перемещение клина было незначительным (до 3 мм).

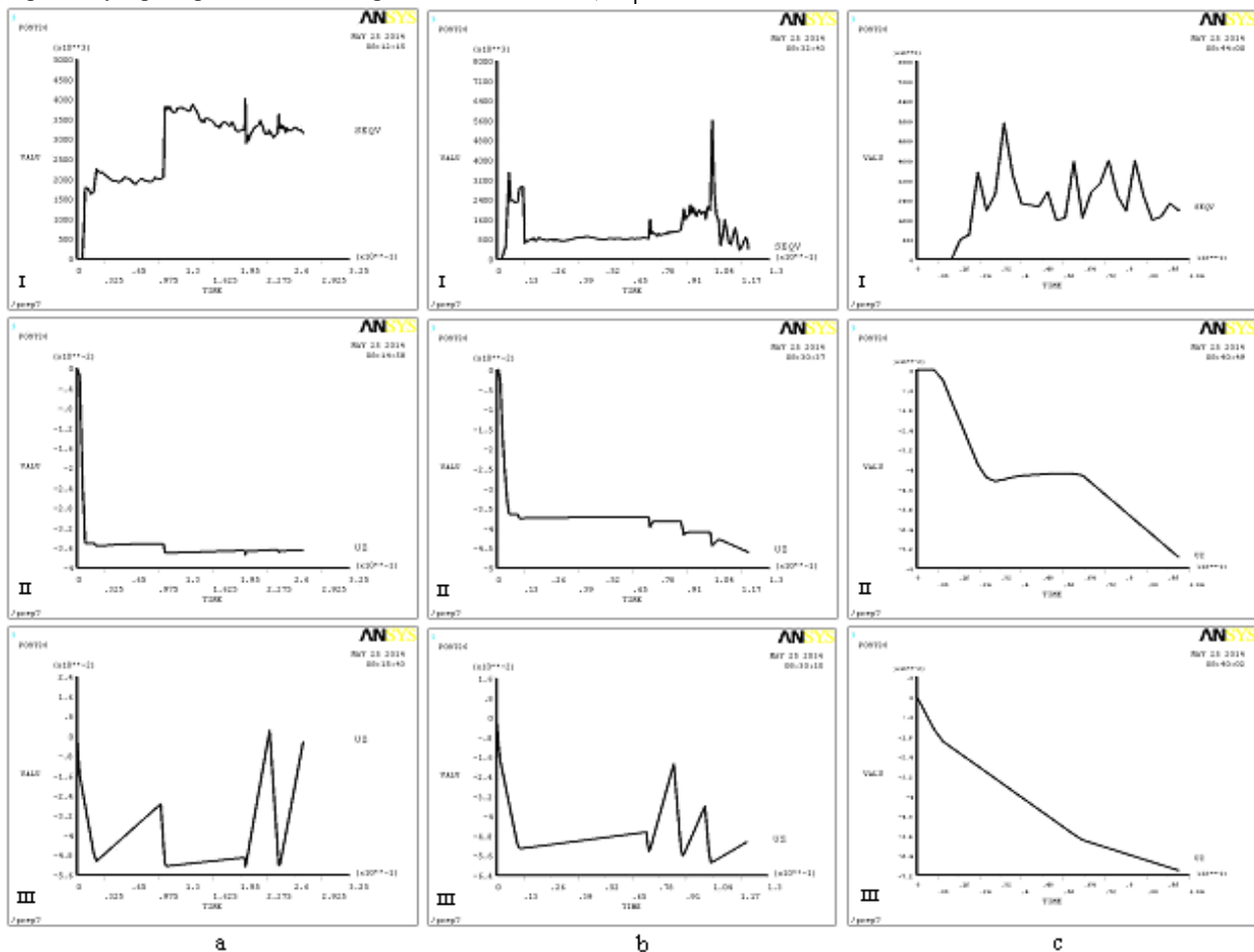


Рисунок 1 – Зависимости эквивалентных напряжений (I), погружения клина (II) и скорости отскока бойка (III) от величины энергии единичного удара: а – 62,5 Дж; б – 250 Дж; в – 1000 Дж

Дальнейшее увеличение энергии удара до 1000 Дж привело к разрушению негабарита за один удар (рисунок 1,в), так как при первом же ударе эквивалентное напряжение в конечном элементе, находящемся в зоне растяжения, достигло критической величины (рисунок 1,в,I). При этом произошел «прострел» клина (рисунок 1,в,II) без отскока бойка (рисунок 1,в,III).

Скорость отскока бойка ударника позволяет определить энергию отскока и энергию, переданную в негабарит, тем самым оценить величину КПД и энергозатраты на разрушение породы.

Задача настоящих исследований состоит в разработке методики определения типажного ряда гидромолотов.

Не все предприятия могут позволить себе несколько гидромолотов для производственного процесса. Чтобы сбалансировать затраты предприятия, необходимо определить типажный ряд гидромолотов, учитывая множество параметров как самого гидромолота, так и свойств породы, вспомогательных инструментов и прочих параметров.

Для выбора типажного ряда гидромолотов была разработана программа, которая способна принимать

решения на основе имеющихся экспертных знаний – экспертная система.

Разработанное нами программное обеспечение представляет собой программный продукт, предназначенный для создания новой или редактирования существующей базы знаний, а также для организации консультации при помощи базы знаний в интерактивном режиме.

Для удобства работы программа разбита на два автономных модуля. Общей точкой их соприкосновения является база правил, таблица входных параметров, база выходных рекомендуемых параметров, представляющие собой текстовые файлы с данными. Каждый модуль имеет свой собственный интерфейс.

Интерфейс модуля «Expert» предназначен для инженера по знаниям (рисунок 2). С помощью указанного интерфейса инженер по знаниям имеет возможность создавать и модифицировать базы правил, таблицы входных параметров, базы выходных рекомендуемых параметров.

Разработанная оболочка экспертной системы дает возможность быстро создать экспертную систему, способную оказать содействие при принятии решений

в сложных ситуациях, например, при определении типажного ряда гидроударников для разрушения негабарита.

Интерфейс модуля «Client» предназначен для пользователя, который будет использовать экспертную систему в качестве консультанта по интересующему его вопросу (рисунок 3).

Экспертная система

Файл Настройки Операции Справка

Файл базы данных: HydroHammer.esb

	Диаметр(1)	Порода(2)	Длина плаш	Д шпура(4)	Энергия(5)	N(6)	КПД(7)	UdES(8)
1	0,6	6000000	0,35	0,06	112,5	4	0,99	71,95
2	1	10000000	0,45	0,08	337,5	9	0,96	377,74
3	0,8	8000000	0,40	0,07	225	6	0,94	1308,69
4	1,4	14000000	0,55	0,1	562,5	42	0,92	3846,26
5	1,2	12000000	0,50	0,09	450	14	0,85	18287,22
6	0,6	10000000	0,40	0,1	450	1	0,98	66,38
7	1	8000000	0,55	0,09	112,5	11	0,99	555,85
8	0,8	14000000	0,50	0,06	337,5	6	0,90	539,71
9	1,2	6000000	0,45	0,07	562,5	6	0,94	2145,38
10	0,6	8000000	0,50	0,08	562,5	2	0,77	135,65
11	1	14000000	0,35	0,07	450	16	0,87	2917,63
12	0,8	12000000	0,45	0,1	112,5	10	0,99	311,97
13	1,4	6000000	0,40	0,09	337,5	14	0,93	4019,71
14	0,6	14000000	0,45	0,09	225	14	0,92	441,71
15	1	12000000	0,40	0,06	562,5	12	0,86	2742,75
16	0,8	6000000	0,55	0,08	450	2	0,83	214,65
17	1,2	8000000	0,35	0,1	337,5	24	0,88	4677,90
18	0,6	12000000	0,55	0,07	337,5	2	0,85	90,72
19	1	6000000	0,50	0,1	225	15	0,91	1380,71
20	0,8	10000000	0,35	0,09	562,5	16	0,83	2112,02
21	1,4	8000000	0,45	0,06	450	39	0,81	13308,75

Добавить правило...

$0,16*[6]+0,71*[7]+0,13*[8]$
 $0,23*[6]+0,51*[7]+0,26*[8]$

Рисунок 2 – Интерфейс модуля «Expert»

Клиентская система - Рабочая таблица

Файл Операции Справка

Файл базы данных: HydroHammer.esb

	Диаметр(1)	Порода(2)	Длина плаш	Д шпура(4)	Энергия(5)	N(6)	КПД(7)	UdES(8)
1	0,6	6000000	0,35	0,06	112,5	4	0,99	71,95
2	1	10000000	0,45	0,08	337,5	9	0,96	377,74
3	0,8	8000000	0,40	0,07	225	6	0,94	1308,69
4	1,4	14000000	0,55	0,1	562,5	42	0,92	3846,26
5	1,2	12000000	0,50	0,09	450	14	0,85	18287,22
6	0,6	10000000	0,40	0,1	450	1	0,98	66,38
7	1	8000000	0,55	0,09	112,5	11	0,99	555,85
8	0,8	14000000	0,50	0,06	337,5	6	0,90	539,71
9	1,2	6000000	0,45	0,07	562,5	6	0,94	2145,38
10	0,6	8000000	0,50	0,08	562,5	2	0,77	135,65
11	1	14000000	0,35	0,07	450	16	0,87	2917,63

История фильтров:

Выберите правило оценки. По умолчанию выбрано 1-ое

$0,16*[6]+0,71*[7]+0,13*[8]$
 $0,23*[6]+0,51*[7]+0,26*[8]$

Фильтр Оценить Типажный ряд

Рисунок 3 – Интерфейс модуля «Client»

В качестве входных данных используются значения, полученные в результате проведения многофакторного эксперимента: диаметр негабарита, сопротивляемость породы растяжению, диаметр шпура, длина плашки, энергия единичного удара [1].

Оценка производится по трем параметрам (целевым функциям): количество ударов, необходимых для разрушения негабарита, КПД передачи энергии удара в негабарит через клиновое устройство и удельные энергозатраты разрушения.

Все значения параметров приводятся к безразмерным величинам.

База выходных параметров представляет собой текстовый файл, в котором хранятся информация о гидромолотах, сведения о производителях, модель, масса, энергия удара, частота ударов, диаметр рабочего инструмента, расход масла, рабочее давление.

Значения весовых коэффициентов целевых функций были рассчитаны с использованием метода ранжирования [2]. Их значения оказались соответственно равными: $g_{N_{уд}} = 0,19$; $g_{\eta} = 0,58$; $g_{H_w} = 0,23$.

С использованием программы экспертной оценки было проведено несколько вариантов выборки:

1 вариант: если предприятие имеет возможность приобрести два и более гидромолотов, то возможно следующее сочетание:

а) для негабаритов диаметром 0,6-0,8 м и сопротивлением породы растяжению 6-8 МПа – подходят ударники с энергией удара 225 Дж. Программа произвела выборку и предложила несколько моделей гидромолотов (рисунок 4) разных производителей с энергией удара более 225 Дж, имеющих меньшую массу и большую экономичность;

б) более крупные негабариты диаметром 1-1,4 м и сопротивлением породы растяжению 10-14 МПа можно разрушить гидромолотами с энергией удара 562,5 Дж (рисунок 5).

2 вариант: когда предприятие не может позволить себе приобрести несколько гидромолотов для разрушения негабаритов разного диаметра и разной прочности, т.е.

- диаметр негабарита: 0,6-1,4 м;
- сопротивляемость породы растяжению: 6-14 МПа, , рекомендуется использовать гидромолоты с энергией удара не менее 562,5 Дж.

В зависимости от того, на каких карьерах и при каких условиях происходит разрушение породных негабаритов, можно использовать различные гидромолоты.

Наиболее простой способ организации работ по разрушению негабаритов – использование одного, самого мощного гидромолота для всех типов негабаритов, но при использовании мощных гидромолотов возникает ряд трудностей. Во-первых, при увеличении энергии удара увеличивается масса гидромолота, что сказывается на работе рабочего оборудования и на воздействии на машиниста, во-вторых, требуются более мощные экскаваторы или погрузчики для навешивания такого оборудования, что не всегда удобно при использовании в труднодоступных местах, и, что самое важное, стоимость оборудования при этом резко возрастает.

Все эти трудности показывают необходимость подбирать гидромолоты для конкретных условий разрушения.

	Фирма(1)	Модель гидромолота	Масса гидромолота, кг	***Энергия удара	Частота ударов, уд./мин	Диаметр рабочего инструмента, мм	Расход масла, л/мин
1(4)	MSB	SAGA20	90	286	700-1000	44,5	15-30
2(5)	Rotair (Италия)	Rotair OLS 95	100	150-230	800-1200	48	23-32
3(6)	Rotair (Италия)	Rotair OLS 160	180	240-360	800-1200	54	30-50

Рисунок 4 – Выбор гидромолотов с энергией удара 225 Дж

	Фирма(1)	Модель гидромолота	Масса гидромолота, кг	***Энергия удара	Частота ударов, уд./мин	Диаметр рабочего инструмента, мм	Расход масла, л/мин
1(6)	MEGATON	MEGATON MGB-30	125	700	600-1000	50	28-40
2(10)	MSB	SAGA50	240	680	500-700	70	35-50
3(14)	Indeco (Италия)	Indeco HP-750	322	750	660-1370	69	53-83
4(18)	Rotair (Италия)	Rotair OLS 260	260	450-600	650-950	68	40-60
5(19)	Rotair (Италия)	Rotair OLS 330	369	600-820	600-900	78	55-80
6(20)	Rotair (Италия)	Rotair OLS 550	568	680-1060	480-720	82	80-110
7(24)	Daemo (Корея)	Daemo DMB40	210	670	400-1000	62	30-50

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сатлер О.Н., Климов Ю.И. Многофакторный эксперимент при моделировании процесса разрушения породного негабарита // Науч. тр. межд. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана» (Сагиновские чтения № 1). Ч.1. 23-24 декабря 2009 г. Караганда: КарГТУ, 2009. С. 287-289.
2. Климов Ю.И., Сатлер О.Н. Расчет весовых коэффициентов целевых функций при разрушении породных негабаритов / Статья в настоящем сборнике.

УДК 622.342

ТУРСУНБАЕВА А.К.

Перколяционное выщелачивание золота из первичных руд

Одной из важнейших проблем геотехнологии благородных металлов является извлечение ценных компонентов из забалансовых и труднообогатимых руд [1], к которым относятся первичные (сульфидные), окисленные и смешанные типы руд Васильковского золоторудного месторождения. Окисленные и смешанные руды перерабатываются методом кучного выщелачивания, а из первичных руд с большим содержанием золота целевой металл извлекают флотацией. В последние годы растет добыча первичных руд с низким содержанием золота (до 4 г/т), извлечение металла из которых флотационным обогащением технологически малоэффективно. Для анализа возможности кучного выщелачивания золота из первичных руд были отобраны пробы различной крупности. Минеральный состав проб представлен преимущественно силикатными минералами: альбитом, микроклином, кварцем, каолинитом, биотитом, роговой обманкой, а также рудными минералами: арсенопирит, пирит, марказит, халькопирит, гаметит висмутин.

Материал проб усредняли по стандартной методике с отбором проб для пробирного, химического, спектрального и ситового анализов (таблица 1).

Рациональным анализом установлено, что 53,85 % золота находится в виде свободного, 28,2 % в виде сростков, 7,69 % – с кислоторастворимым покрытием, а 7,7-10,2 % – ассоциировано с сульфидами (рисунок 1).

Таблица 1 – Химический состав проб первичных руд

№ п/п	Анализируемый компонент	Содержание, % проба № 1	проба № 2	проба № 3
1	Двуокись кремния	67,38	67,50	59,56
2	Окись алюминия	12,76	12,54	10,04
3	Сера	0,62	0,65	0,63
4	Мышьяк	1,33	1,36	1,34
5	Железо	2,12	1,76	2,8
6	Цинк	0,0012	0,0009	0,0010
7	Кобальт	0,0016	0,00395	0,0036
8	Никель	0,0015	0,0017	0,0030
9	Медь	0,0064	0,01	0,0077
10	Золото	2,48	2,90	3,90

Гранулометрический анализ усредненных проб проводили методом рассеивания на классы с помощью сит с различной величиной отверстий, который показал неравномерность распределения золота по классам крупности, также выявили, что

мелкий класс в пробах наиболее обогащен: в пробе № 1 – 0,063 мм, № 2 – 1,0 мм, № 3 – 5,0 мм (таблица 2).

Пробирный анализ золота проб проводили по методике, достоинством которой является возможность определения содержания благородных металлов из больших навесок с чувствительностью 0,1 г/тонну руды [2].

Кучное выщелачивание в лабораторных условиях моделировали в перколяторах, которые представляют собой цилиндр диаметром 250 мм и высотой 1500 мм, с коническим перфорированным днищем, переходящим в патрубок с краном, со слоем легкопроницаемой для раствора тканью. Для повышения эффективности процесса перколяционного выщелачивания вначале производили влагонасыщение руды в течение 4 суток [2]. Оптимальные параметры выщелачивания, такие как концентрация растворителя, плотность орошения и пауза между орошениями для первичных руд, были установлены экспериментально. В качестве выщелачивающего реагента в перколятор сверху подавали щелочной раствор цианида натрия (NaCN) в капельном режиме. Растворитель, проходя через массу руды, собирался в специальный сборник для продукционного раствора. Поскольку NaCN в кислой среде быстро разлагается, выделяя синильную кислоту и превращаясь в карбонаты, то pH исходного раствора поддерживался в пределах 10-11, а корректировку его значений осуществляли с помощью pH-метра. В перколяторах происходят эффекты, суть которых состоит в том, что среду, где просачивается раствор, рассматривают как перколяционный кластер, т.е. систему узлов (поры) и связей между ними. Свойства узлов и связей тесно связаны с фрактальной размерностью, характеризующей «сложность» исследуемой среды, причем распределение пор и связей подчиняется степенному закону с дробным показателем и обладает самоподобной структурой [3].

В водных растворах цианидов щелочных металлов имеет место реакция гидролиза с образованием токсичной летучей цианистоводородной кислоты. При высокой щелочности среды pH > 10 равновесие этой реакции практически нацело смещается в сторону образования NaCN, что обеспечивает минимальное загрязнение окружающей среды синильной кислотой и предотвращает образование комплексных солей железа. В качестве защитной щелочи использовали раствор гидроксида натрия (NaOH), содержание которого в цианистых растворах определяли титрованием 0,1 н

раствором соляной кислоты в присутствии индикатора 0,5 % раствора фенолфталеина, только после того как в исходной пробе был определен свободный цианид. После каждого орошения образующийся золотосодержащий продукционный раствор анализировали на содержание золота, остаточного цианида и значения pH среды. Определение содержания металлов в растворах проводили методом атомной абсорбции, который обеспечивал чувствительность металла до 0,01 мг/дм.

Перколяционное выщелачивание проводили в течение 60 суток до снижения концентрации золота в продукционных растворах менее 0,1 мг/дм³. В заметных количествах золото обнаруживается в растворах выщелачивания через 4 суток, так как в начальный период происходит смачивание минералов золота и образование комплексных цианидов. Наибольшее извлечение металла в раствор достигается из проб с максимальной крупностью –10,0 + 5,0 мм на 30 сутки, затем прирост золота незначителен (рисунок 2).

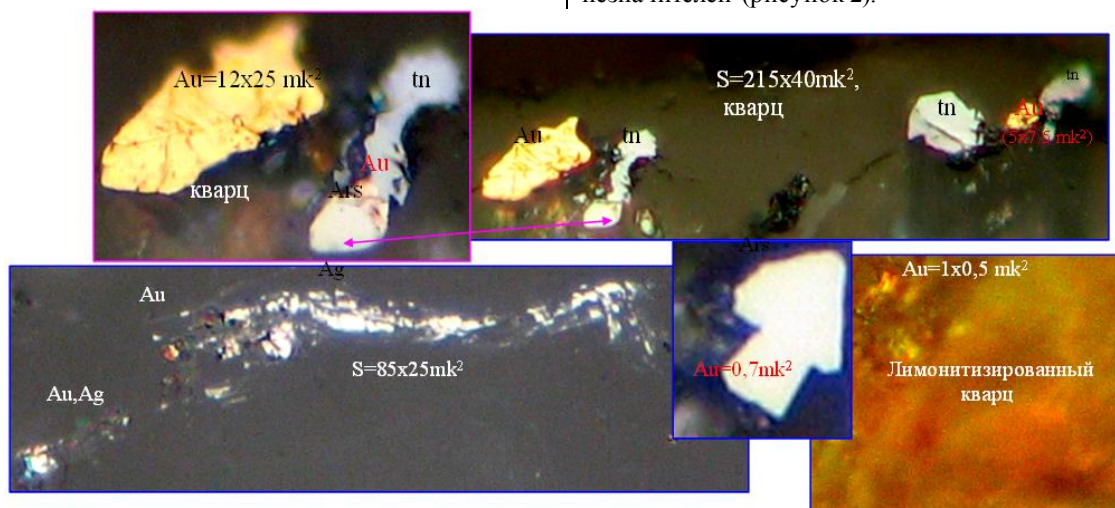


Рисунок 1 – Минералогия первичных руд

Таблица 2 – Распределение золота по классам крупности исходной руды

№ пробы	Классы, мм	Вес, г	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
1	-10,0 + 5,0	3070	29,15	2,4	28,20
	-5,0 + 1,0	4400	41,79	1,8	30,33
	-1,0 + 0,063	2541	24,13	3,2	31,13
	-0,063	519	4,93	5,2	10,34
	-20,0 + 10,0	17648	67,77	2,8	65,32
2	-10,0 + 5,0	6137	23,57	3,0	24,34
	-5,0 + 1,0	1670	6,41	3,0	6,62
	-1,0	585	2,25	4,8	3,72
	-20,0 + 10,0	19410	74,41	2,7	71,40
3	-10,0 + 5,0	7112	17,43	3,4	22,70
	-5,0 + 0	4280	8,16	3,9	5,90

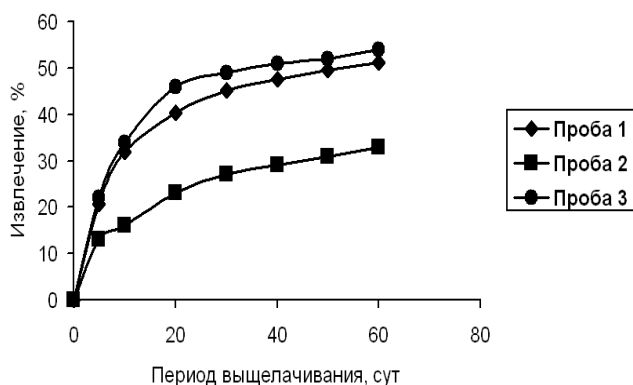


Рисунок 2 – Кинетика перколяционного выщелачивания

Следует отметить, что полученные экспериментальные данные целиком согласуются с расчетами, проведенными с использованием

методики, изложенной в работе [4]. Максимальная концентрация золота в растворах при выщелачивании наблюдается в течение 12 суток, после чего его концентрация снижается, что связано с кинетическими трудностями процесса (рисунок 3).

Результаты ситового анализа кеков цианирования показывают, что наибольшее количество неизвлеченного металла наблюдается в крупных классах руды, в которых сосредоточено тонкодисперсное золото, вкрапленное в сульфидные минералы, или находящиеся в виде сростков (таблица 3).

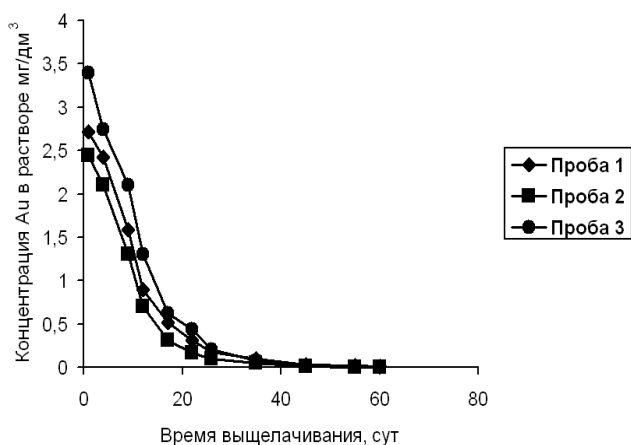


Рисунок 3 – Зависимость концентрации золота в растворах от времени выщелачивания

Таблица 3 – Распределение золота по классам крупности в кеках

№ пробы	Классы кека, мм	Вес, г	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
1	- 10,0 + 5,0	2438	29,31	1,53	37,02
	- 5,0 + 1,0	3351	40,28	0,93	30,93
	- 1,0 + 0,063	2122	25,51	1,33	28,01
	- 0,063	408	4,90	1,0	4,04
2	- 20,0 + 10,0	9060	69,27	2,0	71,31
	- 10,0 + 5,0	2865	21,90	1,8	20,29
	- 5,0 + 1,0	880	6,73	1,8	6,24
	- 1,0	275	2,10	2,0	2,16
3	- 20,0 + 10,0	8010	67,53	2,1	69,74
	- 10,0 + 5,0	2371	23,17	2,0	21,15
	- 5,0 + 0	2144	9,3	2,4	9,11

Таблица 4 – Результаты перколяционного выщелачивания первичной руды

№ пробы	Исходная руда			Кек цианирования			Извл. Au в раствор, %	Расход NaCN, кг/т	Расход NaOH, кг/т
	вес, кг	содер. Au, г/т	m_{Au} , мг	вес, кг	содер. Au, г/т	m_{Au} , мг			
1	125	2,48	310,0	125	1,21	151,25	51,21	0,78	0,35
2	112	2,90	324,8	112	1,94	217,3	33,1	0,75	0,33
3	150	3,90	585	150	2,13	319,5	45,4	0,71	0,32

Таким образом, кучное выщелачивание первичных руд с низким содержанием золота рекомендуется проводить в многосекционных штабелях высотой не более 10 м, сложенных из материала, крупность которого не должна превышать – 10 мм, что позволяет извлекать до 51 % целевого металла. В массиве кучи необходимо формировать два и более слоев мелкозернистой руды крупностью – 2,0 и +0,5 мм, высотой 50-120 мм, которые обеспечивают распределение гидродинамического потока по всему сечению штабеля. Цианирование золота в штабелях

необходимо осуществлять с паузой в орошении 1 сутки [5]:

- на 1 этапе до достижения 20 % извлечения золота концентрацию NaCN в растворе поддерживать до 0,6 г/дм³ при плотности орошения 25 дм³/т руды;

- на 2 этапе до достижения 40 % извлечения золота – концентрацию NaCN 0,4 г/дм³ при плотности орошения 15 дм³/т руды;

- на 3 этапе, чтобы достичь более 40 % извлечение золота, – концентрацию NaCN 0,2 мг/дм³, плотность орошения 15 дм³/т руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология: Монография. М.: Изд-во МГГУ, 2001. 656 с.
2. Потапов А.А. Фракталы в радиифизике и радиолокации. Топология выборки. М.: Университетская книга, 2005. 848 с.
3. Воробьев А.Е., Каргинов К.Г., Козырев Е.Н., Ашихмин А.А. Физико-химическая геотехнология золота. Владикавказ: Ремарко, 2001. 568 с.
4. Рогов Е.И., Язиков В.Г., Рогов А.Е. Математическое моделирование в горном деле. Алматы: Lem, 2004. С. 242
5. Турсунбаева А.К. Кучное выщелачивание золота в штабелях // Тр. ун-та / КарГТУ. Караганда. 2010. № 1. С. 21-23.

УДК 621.771.23.68

НАЙЗАБЕКОВ А.Б.,
ТАЛМАЗАН В.А.,

Регрессионные модели нагрева слябов

Математическое моделирование процессов нагрева слывов в методических толкательных печах, по-прежнему широко эксплуатируемых в листопрокатных цехах металлургических заводов, – эффективный путь оптимизации режимов работы печей по различным критериям.

Цель настоящей работы – получение математической модели процесса нагрева слывов в методической толкательной печи в виде уравнений регрессии, связывающих температуру в характерных сечениях слывов с температурой в зонах печи и временем нагрева.

Модель разрабатывали применительно к нагреву литых слывов толщиной 220 мм из низкоуглеродистых марок стали в методических толкательных печах НШПС-1700 ЛПЦ-1 АО «АрселорМиттал Темиртау». Использовали метод планируемого эксперимента и численный метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе Deform 3D, разработанном компанией Scientific Forming Technology Corporation (SFTC, США).

Рабочий профиль печи показан на рис. 1. Печь – четырёхзонная с методической, двумя сварочными и томильной зонами.

Печи отапливаются смесью коксового и доменного газов. В методической и сварочных зонах нагреваемые слывы проталкиваются по шести водоохлаждаемым теплоизолированным продольным трубам диаметром 168 мм. Во второй сварочной зоне подовые трубы снабжены рейтерами из жаропрочной высокохромистой стали высотой 170 мм. Под в томильной зоне выполнен сплошной. В печи нагревают литые слывы толщиной 180÷220 мм, шириной 800÷1530 мм из кипящих, полуспокойных, спокойных и легированных марок стали. Средняя температура нагрева составляет 1220 °С.

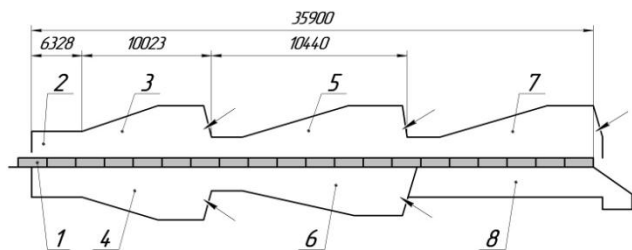


Рисунок 1 – Профиль методической печи НШПС-1700:

1 – нагреваемый металл; 2 – методическая зона; 3 – первая верхняя сварочная зона; 4 – первая нижняя сварочная зона; 5 – вторая верхняя сварочная зона; 6 – вторая нижняя сварочная зона; 7 – томильная зона; 8 – под печи

Основными факторами, влияющими на формирование температурного поля слыва в процессе нагрева, являются температура печи и время нагрева. Поэтому за независимые переменные приняли:

$X_1 = t_1$ – температуру в методической зоне, °С;

$X_2 = t_2$ – температуру в первой верхней сварочной зоне, °С;

$X_3 = t_3$ – температуру в первой нижней сварочной зоне, °С;

$X_4 = t_4$ – температуру во второй верхней сварочной зоне, °С;

$X_5 = t_5$ – температуру во второй нижней сварочной зоне, °С;

$X_6 = t_6$ – температуру в томильной зоне, °С;

$X_7 = \tau$ – общую продолжительность нагрева слывов, мин.

В качестве функций отклика использовали:

$Y_1 = t_{m.cp}$ – среднюю температуру слыва в сечении над подовой трубой, °С;

$Y_2 = \Delta t_1 = t_{m.в} - t_{m.н}$ – градиент температур между верхней и нижней гранями слыва в сечении над подовыми трубами, °С;

$Y_3 = t_{cp}$ – среднюю температуру слыва в сечении между подовыми трубами, °С;

$Y_4 = \Delta t_2 = t_в - t_н$ – градиент температур между верхней и нижней гранями слыва в сечении между подовыми трубами, °С.

Ориентируясь на построение зависимостей вида:

$$Y = B_0 + \sum_j B_j X_j + \sum_{j,l} B_{jl} X_j X_l,$$

выбрали план дробного факторного эксперимента типа 2^{7-3} [1].

Условия планирования эксперимента (табл. 1) определили на основе режимов работы печи, регламентированных цеховой технологической инструкцией, а также экспериментальных данных по температуре в зонах печи.

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Условия планирования эксперимента

Параметр	Фактор						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
Основной уровень	0	0	0	0	0	0	0
	1000	1210	1100	1315	1210	1265	231
Интервал варьирования	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{35}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{20}$
Нижний уровень	$\frac{-1}{950}$	$\frac{-1}{1150}$	$\frac{-1}{1050}$	$\frac{-1}{1280}$	$\frac{-1}{1150}$	$\frac{-1}{1250}$	$\frac{-1}{211}$
Верхний уровень	$\frac{+1}{1050}$	$\frac{+1}{1270}$	$\frac{+1}{1150}$	$\frac{+1}{1350}$	$\frac{+1}{1270}$	$\frac{+1}{1280}$	$\frac{+1}{251}$

Таблица 2 – Матрица плана ДФЭ 2^{7-3}

№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{+}{251}$
2	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{-}{211}$
3	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{+}{251}$

4	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{-}{211}$
5	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{-}{211}$
6	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{+}{251}$
7	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{-}{211}$
8	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{+}{1350}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{+}{251}$
9	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{-}{211}$
10	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{+}{251}$
11	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{-}{211}$
12	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1150}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{+}{251}$
13	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{+}{251}$
14	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{+}{1280}$	$\frac{-}{211}$
15	+	$\frac{+}{1050}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{+}{251}$
16	+	$\frac{-}{950}$	$\frac{-}{1150}$	$\frac{-}{1050}$	$\frac{-}{1280}$	$\frac{+}{1270}$	$\frac{-}{1250}$	$\frac{-}{211}$

Примечание: в числителе – значения факторов в кодированном виде; в знаменателе – в натуральном.

В процессе моделирования в программе Deform создавали трехмерную геометрическую и конечно-элементную модели сляба, трубы и рейтера, задавали граничные условия теплообмена. С целью сокращения машинного времени расчета и с учетом симметрии ограничились участком сляба с размерами, указанными на рисунке 2. Считали, что теплообмен происходит на верхней и нижней гранях сляба.

Полагали, что для каждой зоны печи характерен линейный температурный профиль, температура по высоте и ширине зон не изменяется, величина тепловых потоков на поверхность сляба определяется изменением температуры печи в каждой зоне и временем нагрева с учётом равномерного темпа выдачи слябов из печи. Учитывали теплообмен конвекцией.

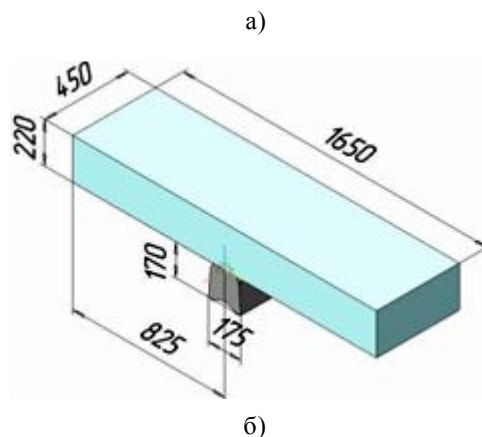
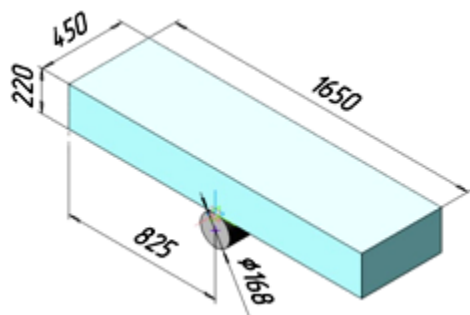


Рисунок 2 – Геометрические модели:
а – расчетная геометрическая модель сляба на подовых трубах; б – расчетная геометрическая модель сляба на рейтерах

Начальную температуру металла принимали 20 °С (холодный посад) [2]. Материал слябов – сталь AISI 1015 (содержание углерода 0,15 %, марганца менее 1 %) – выбран из базы данных программы Deform.

Теплофизические характеристики: модуль Юнга $E = 210$ ГПа; число Пуассона $\nu = 0,3$; коэффициент линейного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; коэффициенты теплопроводности и теплоемкости заданы как функции от температуры; степень черноты металла $\varepsilon_m = 0,7$.

Предварительно оценили достоверность результатов моделирования нагрева слябов в программе Deform, сравнивая расчётные данные с данным измерений температуры печи зонными термопарами и температуры поверхности слябов оптическим пирометром, при нагреве слябов толщиной 180 мм из низкоуглеродистых марок стали. Измерения температуры поверхности слябов производили в начале и конце каждой зоны. Максимальное отклонение расчётной температуры сляба от экспериментальной составило ± 20 °С, что вполне приемлемо [3].

Полученные в результате численного эксперимента значения функций отклика приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты численного эксперимента, °С

№ опыта	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	1226	69	1234	63
2	1199	90	1209	82
3	1191	68	1199	62
4	1185	72	1197	64
5	1180	76	1191	69
6	1202	60	1210	54
7	1198	91	1210	82
8	1199	90	1207	84
9	1180	76	1190	69
10	1201	61	1209	55
11	1199	90	1210	81
12	1198	90	1206	84
13	1215	78	1223	72
14	1182	102	1193	94
15	1178	77	1187	71

16	1167	85	1180	76
----	------	----	------	----

После расчёта коэффициентов получили следующие уравнения в кодированных переменных:

$$Y_1 = 1193,75 + 2,125X_1 + 4,375X_2 + 3,625X_3 + 3,75X_4 + 5,375X_5 + 8,25X_6 + 7,5X_7; \quad (1)$$

$$Y_2 = 79,688 - 1,563X_1 - 3,188X_2 - 2,688X_3 - 2,688X_4 - 3,938X_5 + 7,813X_6 - 5,563X_7; \quad (2)$$

$$Y_3 = 1203,438 + 2,063X_1 + 3,938X_2 + 3,313X_3 + 3,688X_4 + 8,063X_5 + 8,25X_6 + 5,938X_7; \quad (3)$$

$$Y_4 = 72,625 - 1,5X_1 - 2,875X_2 - 2,625X_3 - 2,625X_4 - 4,250X_5 + 7,625X_6 - 4,5X_7. \quad (4)$$

Статистический анализ уравнений выполнен с использованием программы Microsoft Excel [4]. При уровне значимости $\alpha = 0,95$ по критерию t -Стьюдента подтверждена статистическая значимость всех коэффициентов регрессии, а по критерию F -Фишера – адекватность уравнений.

Рассчитаны коэффициенты множественной корреляции R и детерминации R^2 . Их значения находятся в диапазоне $0,991 \div 0,998$, что свидетельствует о высокой точности аппроксимации экспериментальных данных уравнениями регрессии.

Уравнение (1) показывает, что на $Y_1 = t_{cp}$ – среднюю температуру в сечении – над подовыми трубами в ослабевающем порядке оказывают влияние факторы: $X_6 = t_6$ – температура в топочной зоне; $X_7 = \tau$ – продолжительность нагрева слябов; $X_5 = t_5$ – температура во второй нижней сварочной зоне; $X_2 = t_2$ – температура в первой верхней сварочной зоне; $X_2 = t_2$ – температура в первой верхней сварочной зоне; $X_4 = t_4$ – температура во второй верхней сварочной зоне; $X_3 = t_3$ – температура в первой нижней сварочной зоне; $X_1 = t_1$ – температура в методической зоне. При этом для увеличения средней температуры в сечении сляба над подовой трубой необходимо увеличивать все вышеперечисленные факторы.

Из уравнений (2) и (4) следует, что по ослабевающему влиянию на $Y_2 = \Delta t_1$ и $Y_4 = \Delta t_2$ –

градиенты температур в сечениях сляба над подовыми трубами и между ними соответственно – факторы можно разместить в следующий ряд: $X_6 = t_6$, $X_7 = \tau$, $X_5 = t_5$, $X_2 = t_2$, $X_3 = t_3$, $X_4 = t_4$, $X_1 = t_1$ (отметим, что факторы $X_3 = t_3$ и $X_4 = t_4$ в одинаковой мере влияют на градиенты $Y_2 = \Delta t_1$ и $Y_4 = \Delta t_2$). При этом для уменьшения градиентов температур $Y_2 = \Delta t_1$ и $Y_4 = \Delta t_2$ необходимо уменьшать $X_6 = t_6$ – температуру в топочной зоне и увеличивать все остальные факторы.

Из уравнения (3) следует, что по ослабевающему влиянию на $Y_3 = t_{cp}$ – температуру в сечении между подовыми трубами – факторы можно разместить в следующий ряд: $X_6 = t_6$, $X_5 = t_5$, $X_7 = \tau$, $X_2 = t_2$, $X_3 = t_3$, $X_4 = t_4$, $X_1 = t_1$. Для увеличения средней температуры в сечении сляба между подовыми трубами необходимо увеличивать все вышеперечисленные факторы.

После перехода от кодированных к натуральным переменным уравнения (1)–(4) преобразовали к виду:

$$Y_1 = -48,393 + 0,0425t_1 + 0,0729t_2 + 0,0725t_3 + 0,1072t_4 + 0,0896t_5 + 0,55t_6 + 0,375\tau; \quad (5)$$

$$Y_2 = -179,884 - 0,03125t_1 - 0,053t_2 - 0,0537t_3 - 0,07679t_4 - 0,0656t_5 + 0,521t_6 - 0,278\tau; \quad (6)$$

$$Y_3 = 8,148 + 0,0413t_1 + 0,0656t_2 + 0,0663t_3 + 0,1054t_4 + 0,0948t_5 + 0,5375t_6 + 0,2969\tau; \quad (7)$$

$$Y_4 = -188,379 - 0,03t_1 - 0,0479t_2 - 0,0525t_3 - 0,075t_4 - 0,0708t_5 + 0,5083t_6 - 0,225\tau; \quad (8)$$

Таким образом, в результате реализации на ЭВМ, с использованием программы Deform 3D, численного планируемого эксперимента типа 2^{7-3} получили адекватные линейные уравнения регрессии, описывающие тепловое состояние слябов в характерных сечениях слябов. Уравнения (5)–(8) можно использовать для прогнозирования теплового состояния слябов на выходе из методической печи при нагреве по заданному режиму и оптимизации режимов нагрева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.
2. Расчет нагревательных и термических печей: Справ. изд. / Под. ред. В.М. Тымчака и В.Л. Гусовского. М.: Металлургия, 1983.
3. Найзабеков А.Б., Талмазан В.А., Ахметгалина Н.В. Моделирование нагрева слябов в методической печи различной конструкции // Технология производства металлов и вторичных материалов / Темиртауский КГИУ. 2009. № 1.
4. Решение математических задач средствами Excel: Практикум / В.Я. Гельман. СПб.: Питер, 2003.

УДК 669.213.66.094.6
ВОРОБЬЕВ А.Е., ТУРСУНБАЕВА
А.Н., ПОРТНОВ В.С.,
НАУСЫМБАЕВА А.Д., ЮРОВ
В.М.

Влияние гранулометрического состава на процесс кучного выщелачивания золота

Кучное выщелачивание (КВ), позволившее вовлекать в отработку крупные месторождения с бедными (1-1,5 г/т) рудами, а также вскрышные породы, техногенное золотосодержащее сырье и небольшие по запасам месторождения, стало главным фактором развития золотодобычи в США, Австралии, Канаде, Мексике, Бразилии, Чили и других странах и дало им возможность за двадцать лет в 2-3 раза увеличить добычу золота. В настоящее время примерно половина мировой добычи золота приходится на технологию КВ [1].

На территории Казахстана методом КВ отрабатываются следующие месторождения: Васильковское, Пустынное, Жанан, Центральное Мукурское, Большевик, Мизек, Миялы, Суздальское, Карьерное (рудные отвалы) и готовятся к отработке месторождения окисленных руд (кор выветривания) Комаровское, Элеваторное и Центральный Карамурын. Первая установка КВ была запущена в Казахстане на Васильковском ГОКе в 1991 году.

В качестве растворителей при КВ нашли применение цианиды натрия [2]. Главными типами руд, пригодных для цианидного КВ, являются [1]: окисленные вкрапленные руды; сульфидные руды, в которых благородные металлы не являются тесно ассоциированными с сульфидными минералами; руды коренных месторождений и россыпи, содержащие тонкое золото или частицы с высоким отношением площади поверхности к весу.

Ниже приводятся детальные характеристики свойств благородных металлов и руд с точки зрения их пригодности для КВ цианидными растворами [2]: нахождение золота в форме очень тонких или уплощенных частиц; высокая пористость и проницаемость пород, заключающих оруденение; отсутствие в руде углистого материала и других сорбентов, вызывающих преждевременную адсорбцию либо осаждение золота из раствора; низкое содержание в руде цианидов, металлоцианидных комплексов, оттягивающих на себя цианиды и нарушающих ход реакции растворения; низкое содержание в руде глинистого компонента и других тонких фракций, препятствующих равномерной циркуляции выщелачивающего раствора; отсутствие в руде кислотообразующих ингредиентов, обуславливающих повышенное потребление цианида и материалов подстилки.

Следовательно, КВ подвергают легкообогатимые руды, в которых золото и серебро находятся преимущественно в цианируемой форме, т.е. свободное или в сростках в основной своей массе. К такому виду сырья можно отнести окисленные руды или коры выветривания коренных месторождений, а также смешанные руды без четкого разграничения между окисленными и первичными их разновидностями, забалансовые рудные отвалы, техногенное сырье и хвосты переработки руд.

В литературе приведено значительное количество данных, показывающих влияние гранулометрического состава руды на выход золота в процессе КВ. Общей закономерностью является увеличение извлечения золота с уменьшением крупности рудной массы и

увеличением продолжительности выщелачивания [1, 3]. Полученные результаты обусловили необходимость в проведении оценки рациональной степени дробления руды в зависимости от содержания золота в ней. Такой подход объясняется тем, что наступает момент, когда увеличение выхода золота не компенсирует затрат на дополнительное измельчение руды. Анализ взаимосвязи рациональной степени дробления от содержания золота в руде (рисунок 1) показывает, что для интервала содержания область целесообразной степени дробления сужается до класса от -10,0 + 5,0 мм.

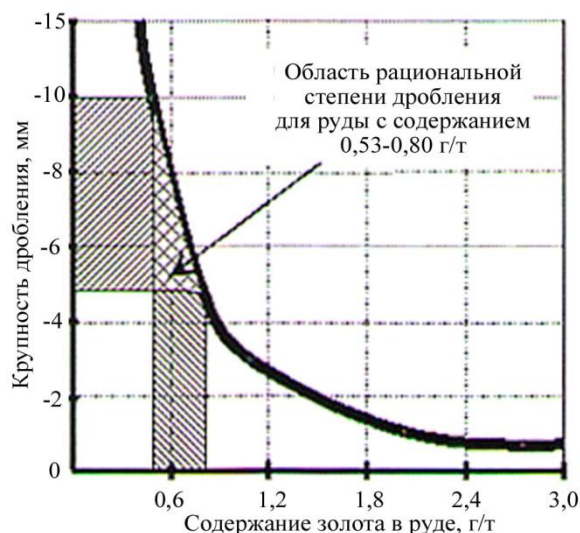


Рисунок 1 – Зависимость рациональной степени дробления от содержания золота в руде [3]

В настоящей работе мы воспользуемся термодинамическим подходом к анализу влияния гранулометрического состава руды на извлечение золота [4]. Если в качестве функции отклика Φ системы мы возьмем эффективность извлечения золота из руды σ (в граммах, в % и т.д.), то на основе модифицированных нами формул получим выражение:

$$\sigma = \frac{\tilde{N}}{G^0}, \quad (1)$$

где $C = \text{const}$, G^0 – свободная энергия Гиббса руды.

Изменение радиуса зерна минерала руды приводит к изменению давления P на межфазной границе, описываемое уравнением Кельвина [5]:

$$\frac{P}{P_0} = \exp\left(\frac{2\alpha\vartheta}{rRT}\right), \quad (2)$$

где r – радиус зерна;

α – межфазное поверхностное натяжение;

ϑ – молярный объем зерна;

P_0 – давление над плоской поверхностью;

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура. Поскольку

$$G^0 = H - TS + \vartheta P, \quad (3)$$

то (1), с учетом (2) и (3):

$$\sigma = \frac{\tilde{N}}{9P_0} \cdot \exp\left(-\frac{2\alpha\vartheta}{rRT}\right). \quad (4)$$

Обозначая $\sigma_0 = C/vP_0$ – предельное значение извлекаемости золота, а $r_0 = \frac{2\alpha\vartheta}{RT}$ – «критический радиус» зерна минерала, при котором эффективность извлечения золота обращается в ноль и, разлагая (4) в ряд, ограничиваясь первыми двумя членами, получим:

$$\sigma = \sigma_0 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right). \quad (5)$$

Из уравнения (5) следует, что эффективность извлечения золота равна нулю, когда выполняется равенство: $\sigma = \sigma_0$, а при $\sigma \gg \sigma_0$, извлечение золота равно его предельному значению $\sigma = \sigma_0$.

$$r = R_0 = \frac{2\alpha\vartheta}{RT}. \quad (6)$$

Следует отметить, что r_0 – «критический радиус», определяется поверхностным натяжением α или поверхностной энергией ω минерала. Зависимость эффективности извлечения золота из руды σ от поверхностной энергии зерна минерала описывается уравнением Шаттльворта и Херинга с учетом Ω – площади поверхности зерна [5]:

$$\sigma = \omega + \Omega \left(\partial\omega / \partial\Omega \right)_T. \quad (7)$$

Экспериментальное определение поверхностного натяжения твердых тел (в том числе и минералов) затруднено тем, что их молекулы (атомы) лишены возможности свободно перемещаться. Исключение составляет пластическое течение металлов при температурах, близких к точке плавления [5]. Нами предложены методы определения поверхностного натяжения твердых тел [6, 7], идеологией которых мы воспользуемся в настоящей работе. Японские физики, исследуя зависимость температуры плавления наночастиц золота, получили кривую, изображенную на рисунке 2.

Если воспользоваться аналогией скалярных полей, то мы получаем для температуры плавления малых частиц уравнение, аналогичное (5):

$$\dot{O}_{T\dot{\varepsilon}} = \dot{O}_0 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right), \quad (8)$$

где T_0 – температура плавления массивного образца.

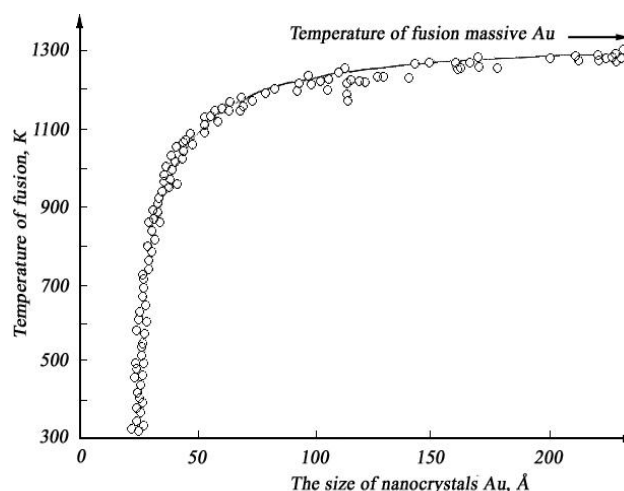


Рисунок 2 – Температура плавления нанокристаллов золота как функция их размера [8]

Используя экспериментальные результаты рисунка 2, можно определить поверхностное натяжение малых частиц золота, оно оказалось равным $\alpha = 366$ эрг/см². Зная молярный объем золота $v = 10,2$ см³/моль, нетрудно вычислить оптимальное значение $r_0 = 5,1$ нм при заданной температуре T (например, $T = 300$ К) процесса выщелачивания в том случае, если речь идет о крупнице чистого золота. В случае окисленных или сульфидных руд качественный анализ эффективности извлечения золота можно проводить

на основе соотношения (1). Из которого следует, что чем больше по абсолютной величине энергия Гиббса, тем меньше эффективность извлечения золота. Отметим также, формулой (6) определяется зависимость оптимального размера частиц минерала от температуры – чем меньше температура, тем больше размер зерна минерала и тем меньше трудозатрат на его измельчение. Эмпирически этот эффект был обнаружен во многих работах и послужил основой выщелачивания золота из крепких золотосодержащих руд за счет использования криодезинтеграции (циклического промерзания-оттаивания руды) [9]. Его применение повышает кинетику растворения золота при кучном выщелачивании руд.

Отметим, что в Казахстане 65 % золотосодержащих руд относятся к категории

упорных, и месторождения таких руд в нашей стране практически не обрабатываются.

Увеличить поверхностное натяжение минерала (см. формулу (6)) можно за счет роста дефектности его поверхности, например, воздействуя мощными электромагнитными импульсами, потоками электронов и др. В число наиболее перспективных технических решений по использованию искусственных энергетических воздействий на руды входят методы: СВЧ-нагрева, действия энергией ускоренных электронов и электрохимические методы. Однако по своей природе эти высокотехнологичные методы энергоемки и малопроизводительны, поэтому их использование до сих пор ограничивается применением при рудоподготовительных операциях на обогатительных фабриках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучное выщелачивание золота. Зарубежный опыт и перспективы развития: Справочник / Под ред. В.В. Караганова, Б.С. Уженова. М.: Алматы, 2002. 260 с.
2. Минеев Г.Г., Минеева Т.С. Кучное выщелачивание золота из руд различного состава // Цветные металлы. 2005. № 4. С. 28-31.
3. Рогов Е.И., Язиков В.Г., Рогов А.Е. Математическое моделирование в горном деле. Алматы: Lem., 2004. 242 с.
4. Яворский В.В., Юров В.М. Прикладные задачи термодинамического анализа неравновесных систем. М.: Энергоатомиздат, 2008. 336 с.
5. Гошштейн А. Я. Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция. – М.: Наука, 1976. 256 с.
6. Пат. 58155 Республики Казахстан. Способ измерения поверхностного натяжения и плотности поверхностных состояний диэлектриков / Юров В.М., Портнов В.С., Пузеева М.П.; Оpubл. 15.12.2008, Бюл. № 12.
7. Пат. 58158 Республики Казахстан. Способ измерения поверхностного натяжения магнитных материалов / Юров В.М., Портнов В.С., Пузеева М.П.; Оpubл. 15.12.2008, Бюл. № 12.
8. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А. и др. Введение в физику поверхности. М.: Наука, 2006. 490 с.
9. Черный К.Н. Кучное выщелачивание золота в круглогодичном режиме // Горный журнал. 2006. № 1. С. 19-20.

УДК 622.236:004.42

КЛИМОВ Ю.И.,
САТЛЕР О.Н.

Расчет весовых коэффициентов целевых функций при разрушении породных негабаритов

Динамика разрушения породных негабаритов клиновыми устройствами, расположенных в предварительно пробуренном шпуре, при многократном приложении ударной нагрузки к хвостовику клина зависит от многих факторов, из которых нами были выделены пять наиболее существенных.

С использованием программы ANETR [1] проведено многофакторное планирование и в каждом опыте установлены сочетания значений следующих факторов: диаметр негабарита; сопротивление породы

растяжению; диаметр шпура; длина плашки клинового устройства и энергия единичного удара. С использованием программного комплекса ANSYS LS-DYNA [2] для каждого сочетания получены значения целевых функций: количество ударов, необходимых для разрушения негабарита ($N_{уд}$, шт); КПД передачи энергии удара в негабарит через клиновое устройство (η); удельные энергозатраты разрушения (H_w , Дж/м²) (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты моделирования в среде ANSYS LS-DYNA

№ эксперимента	Диаметр негабарита D, м	Сопротивление породы растяжению σ_p , МПа	Длина плашки $L_{пл}$, м	Диаметр шпура D, м	Энергия удара E, Дж	Количество ударов $N_{уд}$, шт	КПД η	Удельные энергозатраты разрушения H_w , Дж/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,6	6	0,35	0,06	112,5	4	0,99	71,95
2	1	10	0,45	0,08	337,5	9	0,96	377,74
3	0,8	8	0,4	0,07	225	6	0,94	1308,69
4	1,4	14	0,55	0,1	562,5	42	0,92	3846,26
5	1,2	12	0,5	0,09	450	14	0,85	18287,22
6	0,6	10	0,4	0,1	450	1	0,98	66,38

7	1	8	0,55	0,09	112,5	11	0,99	555,85
8	0,8	14	0,5	0,06	337,5	6	0,90	539,71
9	1,4	12	0,35	0,08	225	95	0,39	102237,24
10	1,2	6	0,45	0,07	562,5	6	0,94	2145,38
11	0,6	8	0,5	0,08	562,5	2	0,77	135,65
12	1	14	0,35	0,07	450	16	0,87	2917,63
13	0,8	12	0,45	0,1	112,5	10	0,99	311,97
14	1,4	6	0,4	0,09	337,5	14	0,93	4019,71
15	1,2	10	0,55	0,06	225	105	0,04	152132,73
16	0,6	14	0,45	0,09	225	14	0,92	441,71
17	1	12	0,4	0,06	562,5	12	0,86	2742,75
18	0,8	6	0,55	0,08	450	2	0,83	214,65
19	1,4	10	0,5	0,07	112,5	243	0,35	156158,21
20	1,2	8	0,35	0,1	337,5	24	0,88	4677,90
21	0,6	12	0,55	0,07	337,5	2	0,85	90,72
22	1	6	0,5	0,1	225	15	0,91	1380,71
23	0,8	10	0,35	0,09	562,5	16	0,83	2112,02
24	1,4	8	0,45	0,06	450	39	0,81	13308,75
25	1,2	14	0,4	0,08	112,5	190	0,32	177261,53

При выборе характеристики ударного устройства, используемого для разрушения негабаритов, необходимо учитывать значения всех трех целевых функций. Степень важности каждой функции можно определить с помощью весовых коэффициентов.

Для расчета значений весовых коэффициентов воспользуемся методом ранжирования [3].

Порядок действий при использовании этого метода следующий.

1. Объекты экспертизы располагаются в порядке их предпочтения (ранжирования). Место, занятое при такой расстановке в ранжированном ряду, называется рангом.

2. Наиболее важному, по мнению эксперта, объекту экспертизы приписывается наибольший балл, всем остальным – в порядке уменьшения их относительной значимости, при этом для каждого объекта баллы назначаются в пределах 1.

3. Полученные результаты измерений нормируют, т.е. делят на общую сумму баллов. Определенные таким образом весовые коэффициенты принимают значения от 0 до 1, а их сумма становится равной 1.

В нашем случае проводится ранжирование 25 экспертами (по числу проведенных экспериментов) 3-х объектов экспертизы (по количеству целевых функций).

Все значения объектов экспертизы приводятся к безразмерным величинам путем деления значений функций на максимальное из них в каждом столбце (таблица 2).

Таблица 2 – Безразмерные значения объектов экспертизы

	№ эксперимента	Объекты экспертизы		
		$N_{уд}$, шт	η	H_w , Дж/м ²
эксперты	1	0,02	1,00	0,0004
	2	0,05	0,97	0,0021
	3	0,03	0,95	0,0074
	4	0,24	0,93	0,0217
	5	0,08	0,86	0,1033
	6	0,01	0,99	0,0004
	7	0,06	1,00	0,0031

8	0,03	0,91	0,0030
9	0,48	0,39	0,5763
10	0,03	0,95	0,0121
11	0,01	0,78	0,0008
12	0,09	0,88	0,0165
13	0,06	1,00	0,0018
14	0,08	0,94	0,0227
15	0,90	0,40	0,8588
16	0,08	0,93	0,0025
17	0,07	0,87	0,0155
18	0,01	0,84	0,0012
19	0,81	0,35	0,8814
20	0,14	0,88	0,0264
21	0,01	0,85	0,0005
22	0,08	0,92	0,0078
23	0,09	0,83	0,0119
24	0,22	0,82	0,0752
25	1,00	0,32	1,0000

При обработке результатов экспертизы выполняем следующие операции:

- определяем сумму рангов, проставленных всеми экспертами объекту экспертизы,

$$\text{сумма ранга } G_j = \sum_{i=1}^n G_{ij};$$

$$G_{N_{уд}} = 4,69; G_{\eta} = 20,56; G_{H_w} = 3,65;$$

- определяем сумму рангов всех объектов экспертизы, проставленных всеми экспертами,

$$\text{сумма 3-х рангов } \sum_{i=1}^{n,m} G_{i,j} = 28,91;$$

- определяем весомость или весовой коэффициент каждого объекта экспертизы. Значения весовых коэффициентов рассчитываем по формуле:

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n,m} G_{i,j}},$$

где n – количество экспертов;

m – число «взвешиваемых» показателей;

G_{ij} – коэффициент весомости j -го показателя, данный i -м экспертом.

$$g_{N_{y\partial}} = 0,16; g_{\eta} = 0,71; g_{H_w} = 0,13.$$

Причем должно обязательно выполняться условие

$$\sum_{i=1}^3 g_i = 1.$$

При оценке тех или иных объектов экспертиз возникает необходимость в количественной оценке и анализе степени согласия экспертов.

Мерой согласованности суждения группы экспертов является величина коэффициента конкордации (W).

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2 \cdot (m^3 - m)},$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;
 n – число экспертов;
 m – число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне $0 < W < 1$, где 0 – полная несогласованность между экспертами; 1 – полная согласованность.

В нашем случае при $S = 179,69$; $n = 25$ и $m = 3$ коэффициент конкордации $W = 0,14$.

Для уточнения (улучшения) весовых коэффициентов иногда применяется подход, при котором отбрасываются наиболее высокие и низкие оценки.

Согласно таблице 1, наибольшему разбросу значений подвержена целевая функция «удельные энергозатраты на разрушение». При удалении наибольших (эксперименты 5, 9, 15, 19, 24, 25) и наименьших (эксперименты 1, 6) значений целевой функции получим новые величины весовых коэффициентов:

$$g_{N_{y\partial}} = 0,19; g_{\eta} = 0,58; g_{H_w} = 0,23,$$

которые в большей степени соответствуют значимости каждой из целевых функций для процесса разрушения породных негабаритов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермеков М.А., Махов А.А. Статистико-детерминированный метод построения многомерных моделей с использованием ЭВМ: Учеб. пособие. Караганда: КарПТИ, 1988. 70 с.
2. Сатлер О.Н., Климов Ю.И. Многофакторный эксперимент при моделировании процесса разрушения породного негабарита // Науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». (Караганда, 23–24 дек. 2009 г.) / КарГТУ. С. 287–289.
3. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.

УДК 669.779.052:553.322

МУХТАР А.А.

Исследование продуктов термодегидратации и восстановления буроугольного концентрата жидким углеводородом

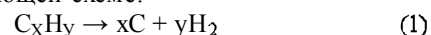
Схема термохимической подготовки Лисаковского буроугольного гравитационно-магнитного концентрата (ГМК) к обесфосфориванию включает процесс его прокалки с целью удаления гидратной влаги в окислительной среде при температуре 950–1050 °С. Полученный при этом гематитовый огарок подвергается выщелачиванию 5 % раствором серной кислоты для удаления фосфора. Кек после выщелачивания с содержанием 0,24 % фосфора и до 60 % железа используется как кондиционный концентрат для последующей выплавки чугуна [1, 2].

Для значительного снижения температуры прокалки ГМК предложен способ термодегидратации и восстановления (ТКДВ) оолитов, предварительно обработанных жидким углеводородным материалом [3, 4].

Установлено, что при ТКДВ полное удаление влаги из ГМК осуществляется при температуре 600–650 °С в течение 45–90 минут.

Значительное снижение температуры процесса прокалки ГМК при ТКДВ вероятно протекает по следующей схеме: адсорбированная органическая масса жидкого углеводорода на оолитах в результате

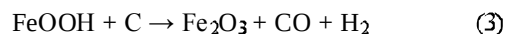
термической обработки подвергается каталитической деструкции, при которой образуется углерод и водород по следующей схеме:



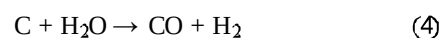
Молекулярный водород диссоциирует на поверхности $FeOOH$, Al_2O_3 и SiO_2 с образованием двух радикалов:



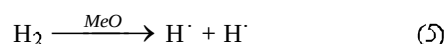
Активный углерод при высокой температуре вступает в реакцию с гидроксидом железа с образованием CO , H_2 и Fe_2O_3 .



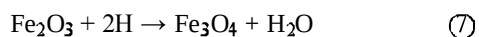
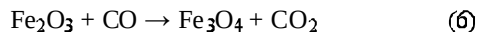
Также активный углерод при высокой температуре вступает в реакцию с гидратной водой с образованием CO и H_2 .



Далее молекулярный водород диссоциирует на поверхности оксида железа.



Радикалы водорода и оксид углерода восстанавливают часть Fe_2O_3 до Fe_3O_4 .



Целью исследования было изучение поведения фосфора при сернокислотном выщелачивании продуктов ТКВД бурожелезнякового концентрата.

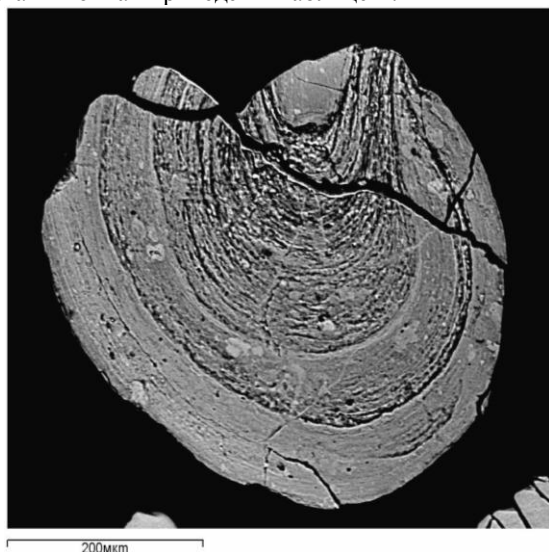
Для исследования проведена серия экспериментов, условия и результаты которых приведены в таблице 1. В качестве углеводородного восстановителя взята нефть месторождения Каражанбас. Намагниченность огарков измеряли методом Гуи. Фазовый состав продуктов обжига идентифицирован методом рентгенофазового анализа. Локальные содержания фосфора и других основных элементов в оолитах огарка и кека выщелачивания изучены методом рентгеноспектрального микроанализа на спектрометре Joel 733.

Согласно данным таблицы 1, основное изменение массы ГМК происходит до 650°C в результате ТКДВ по реакциям (1)–(7). Рентгенофазовый анализ показал, что в пробах в качестве основной фазы присутствуют Fe_3O_4 и Fe_2O_3 , огарки обладают сильномагнитными свойствами. Сравнительный анализ данных таблицы 1 показывает, что процесс удаления кристаллической влаги в необработанных образцах ГМК в изученном интервале температур полностью не завершается, что подтверждается потерями массы и фазовым составом огарков.

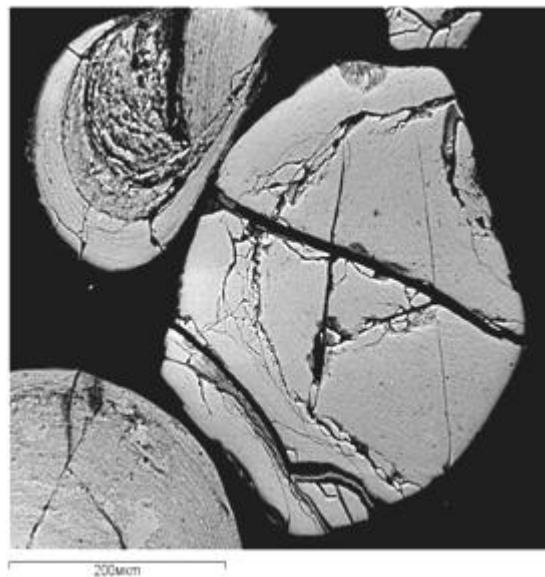
Полученный при оптимальной температуре 650°C огарок подвергали выщелачиванию 5 % серной кислотой при соотношении Т:Ж = 1:10, температуре 20°C , в течение одного часа, затем пульпу отфильтровывали, кек промывали дистиллированной водой, сушили.

На рисунке представлены микрофотографии срезов оолитов исходного ЛГМК, огарка и кека выщелачивания.

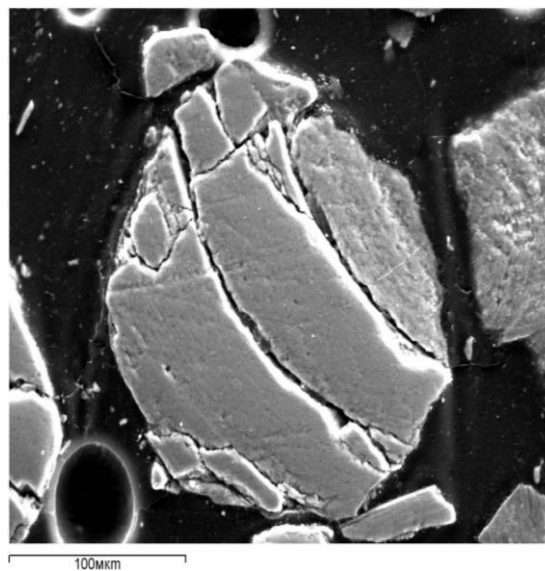
Для исследования распределения фосфора в оолитах выбраны 5 равно удаленных точек вдоль условного радиуса среза. Локальный химический состав в точках приведен в таблице 2.



а



б



в

Микрофотографии оолитов:
а) – исходного ЛГМК; б) – огарка; в) – кека

Таблица 1 – Влияние температуры и обработки жидким углеводородом на изменение массы, магнитные свойства и фазовый состав продукта ТКВД ГМК

№	T, °C	Концентрация углеводорода, %	τ, мин	Потеря массы, %	Намагниченность,* д.е	Фазовый состав
1	500	0,75	45	13,7	0,14	Fe ₂ O ₃ , гидрогетит
2	600	0,75	45	14,6	0,61	Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄
3	650	0,75	45	14,5	0,81	Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄
4	700	0,75	45	14,7	0,84	Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄
5	600	без обработки	45	2,0	0	Fe ₂ O ₃ , гидрогетит
6	650	без обработки	45	6,54	0	Fe ₂ O ₃ , гидрогетит
7	700	без обработки	45	8,3	0	Fe ₂ O ₃ , гидрогетит

*Относительно чистого магнетита

Таблица 2 – Элементный состав оолитов исходного ЛГМК, огарка и кека

Элементный состав исходного оолита, %								
Точки	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Итого
1 (центр.)	39,87	2,54	1,23	0,78	0,24	0,16	55,19	100,00
2	40,19	3,11	1,13	0,97	0,15	0,19	54,26	100,00
3	40,05	3,16	0,90	0,76	0,18	0,12	54,82	100,00
4	40,88	2,75	1,28	0,94	0,23	0,17	53,75	100,00
5 (крайн.)	42,12	2,22	1,34	0,88	0,25	0,27	52,91	100,00
Среднее	40,62	2,75	1,18	0,87	0,21	0,18	54,19	100,00
Огарок, %								
Точки	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Итого
1 (центр.)	29,98	3,05	1,65	0,92	0,40	0,28	63,00	100,00
2	31,15	3,02	1,69	0,92	0,31	0,26	62,09	100,00
3	31,18	3,09	1,70	0,87	0,31	0,24	62,08	100,00
4	30,24	3,41	1,68	0,96	0,31	0,26	62,50	100,00
5 (крайн.)	29,17	3,22	1,66	0,88	0,35	0,20	63,92	100,00
Среднее	30,34	3,16	1,68	0,91	0,33	0,25	62,72	100,00
Кек, %								
Точки	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Итого
1 (центр)	28,16	2,62	1,79	0,23	0,15	0,21	66,43	100,00
2	28,91	2,35	1,82	0,29	0,21	0,14	65,92	100,00
3	29,04	2,55	1,67	0,33	0,21	0,14	65,44	100,00
4	30,66	3,64	1,92	0,24	0,18	0,18	62,47	100,00
5 (крайн.)	33,39	3,19	2,04	0,30	0,21	0,10	60,24	100,00
Среднее	30,03	2,87	1,85	0,28	0,19	0,16	64,10	100,00

Из рисунка 1,6 видно, что оолит огарка имеет овальную, обломочную структуру, наблюдаются

микротрещины на всей поверхности рассматриваемого фрагмента. Как показал анализ, фосфор распределен равномерно по всей поверхности среза, а его среднее содержание соответствует 0,91 %.

На микрофотографии среза оолита кека выщелачивания (рисунок 1, в) наблюдаются изменения поверхности образца, которая приобрела матовый оттенок, из трещин высвечивается кварц. Оолит кека в отличие от огарка имеет пористую, искаженную поверхность, за счет миграции частиц металла. В центре оолита обнаружено незначительное количество гематита. Среднее содержание фосфора в срезе оолитика согласно анализу составляет 0,28 %. Распределение фосфора по точкам также имеет равномерный характер.

Таким образом, методом рентгеноспектрального микроанализа изучен локальный химический состав оолитов исходного ЛГМК, огарка термокаталитической дегидратации и восстановления концентрата и кека его выщелачивания сернокислотным раствором. Установлено, что в результате выщелачивания огарок дефосфорируется на 70 %, остаточное содержание фосфора в кеке составило 0,28 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кантемиров М.Д., Бобир Б.Л., Левинтов С.К., Намазбаев С.К. Изучение механизма активации фосфора в оолитовых минералах в циклическом процессе «обжиг-выщелачивание» при различных температурах // Комплексное использование минерального сырья. 2007. № 5. С. 72-79.
2. Кантемиров М.Д., Левинтов С.К., Намазбаев С.К., Бургарт С.А. Анализ состояния и перспективы развития технологии обогащения и обесфосфоривания бурожелезняковых концентратов Казахстана // Тр. Междунар. конф. «Металлургия XXI века. Состояние и стратегия развития». Алматы, 3-5 октября 2006 г. С. 134-137.
3. Мухтар А.А., Кочегина Е.В., Байкенов М.И. Исследование жидкого углеводорода при термической подготовке бурожелезнякового сырья к магнитному обогащению // Новости Науки Казахстана. Научно-техн. сб. / Каз НИИТИ. Алматы, 2006. № 4. С. 56-59
4. Предпат. 16 681 С 22В1/02 от 15.12.2005 г. Способ подготовки бурожелезняковых руд и концентратов к магнитной сепарации.

УДК 669.4.04.003.1(047)

ДИХАНБАЕВ Б.И.

Энергохимическая аккумуляция газов – эффективный способ оптимизации технологического режима в агрегате «реактор инверсии фаз – трубчатая печь»

В отвалах предприятий Республики Казахстан накопились десятки миллионов тонн «бедных» по цинку ($Zn \leq 5\%$) шлаков [1, 2].

Для их эффективной переработки на основе принципиально нового плавно-восстановительного агрегата «реактор инверсий фаз – трубчатая печь»

(РИФ-ТП) [3] в г. Шымкент была построена пилотная установка производительностью по шлаку 2 т/ч (рисунок 1). Научной базой для создания такого агрегата служит комбинация двух новых, интенсивных способов – «пересыпающийся слой материалов в закрученном потоке газов – слой расплава с инверсией фаз» [4].

В процессе испытаний были выявлены следующие недостатки в работе установки.

1. Переокисление, перегрев и частичное расплавление шлака в трубчатой печи из-за подсоса воздуха в месте сопряжения ТП с РИФ и высокой интенсивности теплообмена между нагретым шлаком и высокотемпературным, закрученным потоком реакторных газов и связанные с этими остановки установки.

2. Высокая скорость газов (~10 м/с) вследствие подсоса в ТП атмосферного воздуха и связанный с этим увеличенный вынос мелкодисперсной части шлака (до 10 %).

3. Недостаточный температурный уровень в воздухоподогревателе (ВЗП), 280-320 °С вместо требуемого $t \geq 600$ °С, вынуждающего применение кислорода на процесс.

Проведенные эксперименты показали существенные изменения в химическом составе шлака в трубчатой печи (таблица).

Текущий состав шлаков

№	Компоненты шлака	Начальный шлак, %	Шлак после трубчатой печи, %	Шлак после реактора инверсий фаз, %
1	Zn	10,55	10,46	3,99
2	SiO ₂	25,19	23,56	29,56
3	CaO	12,77	10,16	12,77
4	FeO	14,55	12,98	22,89
5	Fe ₂ O ₃	2,44	9,09	11,59
6	Fe ₃ O ₄	14,44	9,4	0,08

Как видно из таблицы, в результате переокисления шлака в ТП количество FeO уменьшается в 1,15, Fe₃O₄ – в 1,5 раза, а Fe₂O₃ увеличивается в 4 раза, что указывает на переход цинкатов FeO·ZnO в прочное ферритное соединение – ZnFe₂O₄, подвергающееся разложению при температуре выше 1400 °С [5].

Для предотвращения переокисления и перегрева шлака были проведены следующие мероприятия.

1. Герметичное уплотнение мест соединений РИФ и ТП.

2. Охлаждение шлака в ТП нагнетательным воздухом, паром или впрыском воды.

3. Организация футерованного байпас-газохода между РИФ и ВЗП, минуя ТП.

4. Увеличение скорости вращения ТП, посредством частотного преобразователя скорости «Мицубиси», с 3 об/мин до 6 об/мин.

В результате первого мероприятия переокисление и перегрев шлака в ТП прекратились, вынос мелкодисперсной части шлака сократился с 10 до 5 %. Но вследствие того что дожигание отходящих газов

ТП с температурой 500-550 °С и содержанием «СО» 5-6 % не происходило, температура воздуха после ВЗП падала с 320 °С до 280 °С. Согласно [6] выжигание окиси углерода при содержании ее в отходящих газах (ОГ) до 12 % возможно только в огнеупорных насадках с температурой стенки $t \geq 900$ °С и удельной поверхностью насадки $S \geq 80$ м²/м³ог, что практически не выполнимо в условиях пилотной установки.

По второму мероприятию, при охлаждении ТП дутьевым воздухом остановлен перегрев шлака, но имели места следующие негативные последствия.

1. Остается проблема переокисления шлака.

2. В результате роста скорости газов увеличивается вынос мелких фракций шлака из ТП.

3. Из-за напряженного газодинамического режима слой материала в ТП движется неравномерно, увеличенный расход шлака чередуется с уменьшенной его дозой. В результате неравномерного питания шлаком в РИФ, нарушается режим плавки.

4. Увеличивается расход электроэнергии на нагнетатель воздуха.

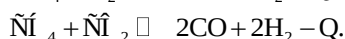
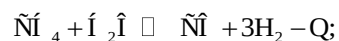
Охлаждение паром или впрыском воды в слой шлака ТП останавливает переокисление и перегрев, но приводит также к неравномерному питанию РИФ шлаком, снижению температуры дутьевого воздуха в ВЗП, появлению в отходящих газах продуктов неполного сгорания топлива и чрезмерному увлажнению возгонов цинка.

По третьему пункту мероприятия, организация футерованного байпас-газохода «РИФ-ВЗП» в связи с имеющейся на нем теплопотерей, снижается нагрев дутьевого воздуха с 320 °С до 280 °С.

В результате четвертого мероприятия, увеличение числа оборотов ТП с 3 об/мин до 6 об/мин не дало заметного уменьшения перегрева шлака в печи.

Таким образом, проведенные испытания не дали результатов, одинаково удовлетворяющих условия снижения окисления, перегрева шлака в ТП и увеличения температурного уровня в ВЗП.

Для одновременного и эффективного решения вопроса регламентированного охлаждения, предотвращения окисления шлака в ТП и повышения температуры дутьевого воздуха в ВЗП на пилотной установке был проведен эксперимент с применением нового способа – энергетической аккумуляции газов (ЭХА) [7, 8]. Суть его заключается в эндотермической обработке окислительных компонентов высокотемпературных отходящих газов РИФ дополнительным количеством природного газа по реакции:



Трубчатая печь пилотной установки (рис. 1) состоит из двух жестко соединенных частей разных диаметров. Первая часть 2, по ходу реакторных газов, $\ell = 5,5$ м, $d_{нар}/d_{вн} = 1,4/0,88$ м, а вторая 3 – $\ell = 3,5$ м, $d_{нар}/d_{вн} = 1,0/0,68$ м. Первая часть предназначалась для проведения ЭХА-газов (реактор ЭХА), вторая – для дожигания горючих газов ЭХА (камера дожигания).

Подвод сжатого воздуха для дожигания ЭХА-газов осуществлялся через водоохлаждаемую трубу 10.

Ввод дополнительного природного газа производился через распределительный коллектор 6, вмонтированный на водоохлаждаемый цилиндрический кессон, соединяющий РИФ по отходящим газам с реактором ЭХА трубчатой печи. Зазоры 9 трубчатой печи со стороны РИФ уплотнялись смесью огнеупорной глины и конского хвоста.

Шлак с бункеров подавался по трубе 7 в камеру дожигания трубчатой печи.

Отбор проб шлака и газов производился через специальные отверстия в футеровке трубчатой печи во время кратковременной ее остановки.

Для предотвращения подсоса воздуха в реактор ЭХА в системе поддерживалось небольшое давление – 5–10 мм. вод. ст.

На случай взрыва газов в пылевой камере 4, воздухоподогревателе 5 и котельном пучке (нет на рис. 1) пилотной установки были вмонтированы дополнительные взрывные клапаны.

В результате введения режима ЭХА-газов окисление шлака прекратилось, температура шлака на выходе из ТП снизилась до 850 °С, а температура дутьевого воздуха поднялась до 550 °С, что создавало возможность сократить расход кислорода на процесс с 120 нм³/ч до 20 нм³/ч. Расчеты показывают, что при нагреве дутьевого воздуха $t \geq 600$ °С кислород можно не применять. На рисунке 2 показаны экспериментальные данные температурных режимов установки.

Применение способа ЭХА в агрегате РИФ-ТП открывает путь к двухступенчатому извлечению железа из его оксидов, содержащихся в шлаке: твердофазное восстановление Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , до FeO в трубчатой печи и жидкофазное – FeO до Fe в реакторе инверсии фаз.

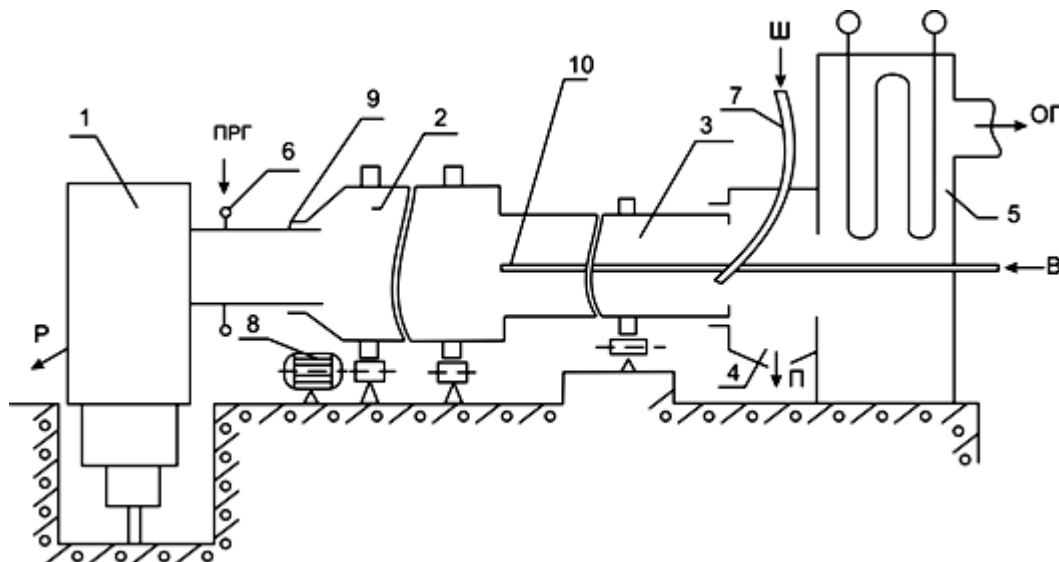


Рисунок 1 – Структурная схема пилотной установки для проведения процесса ЭХА:

1 – реактор инверсии фаз; 2 – реактор ЭХА; 3 – камера дожигания ЭХА-газов; 4 – пылевая камера; 5 – воздухоподогреватель; 6 – коллектор ввода дополнительного природного газа; 7 – шлакозагрузочная труба; 8 – привод трубчатой печи; 9 – уплотнение зазоров реактора ЭХА; 10 – водоохлаждаемая труба для подвода воздуха; ПРГ, В – природный газ и воздух; Ш, П – шлак и пыль; Р – расплав; ОГ – отходящие газы

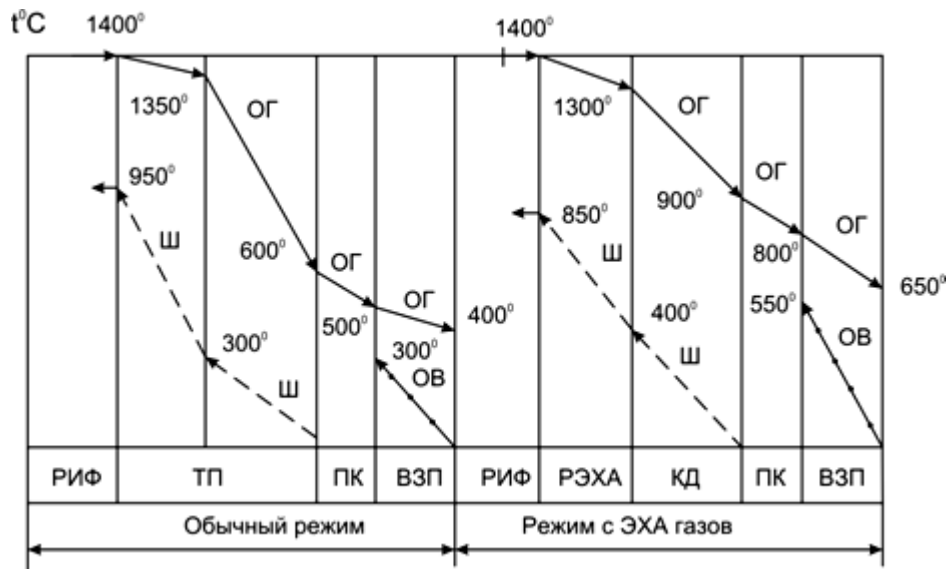


Рисунок 2 – Изменение температурного графика процесса переработки отвального шлака с применением ЭХА-газов:

ОГ – отходящие газы; ОВ – обогащенный кислородом дутьевой воздух; Ш – шлак;

ПК – пылевая камера; КД – камера дожигания ЭХА-газов; РЭХА – реактор ЭХА.

Расход дополнительного природного газа – 10 % от его исходного значения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Такежанов С.Т., Абдеев М.А., Юсупов А.Н. и др. Комплексная переработка твердых шлаков свинцовой шахтной плавки / Ин-т Цветметинформация. М., 1975. С. 3-5.
2. Панфилов П.Ф., Польнская А.М., Онаев И.А., Цефт А.Л., Шумаков В.В. Обеднение отвальных шлаков свинцовых заводов карбидом кальция / Ин-т Цветметинформация. М., 1964. С. 39-58.
3. Диханбаев Б.И. Пилотная установка на базе реактора инверсий фаз в системе переработки свинцово-цинковых руд // Промышленность Казахстана. 2000. № 4 (43). С. 28-32.
4. Пат. 13915 РК. Способ переработки цинксодержащих продуктов / Диханбаев Б.И., Жарменов А.А., Тельбаев С.А., Романов Г.А., Терликбаева А.Ж., Савельев А.Г., Диханбаев А.Б.; Опубл. 21.05.02. Бюл. № 22. 22 с.: ил.
5. Бабаджан А.А., Монтильо И.А., Ребевцов В.В., Ветренко Е.А. Влияние окиси кальция и кремнезема на ход процесса отгонки цинка из расплава // Цветные металлы. 1966. № 5. С. 39-42.
6. Юренев В.Н., Зубарев А.В., Алексеев В.П. Экспериментальные исследования дожигания газов с низким содержанием горючих компонентов // Тр. Моск. энерг. ин-та. Вып. 476. 1980. С. 82-85.
7. Ипполитов В.А., Русов О.Л. Энергетические характеристики процесса энергохимической аккумуляции отходящих газов ВТУ // Межвуз. сб. трудов. Моск. энерг. ин-т. 1990. № 235. С. 53-60.
8. Диханбаев Б.И. К расчету характеристик искусственного газа вырабатываемого из тепловых отходов реактора кипящего слоя расплава // Тр. Респуб. научно-практ. конф. «Теория и практика интенсификации ресурсо-энергосбережения в химической технологии и металлургии». Шымкент-Алматы. 2000. С. 107-109.

УДК 621:001.895

ЖЕТЕСОВА Г.С.,
ИСКАКОВ Б.К.

Общая характеристика метода создания нанокластерного композита

При воздействии на металлические материалы: сплавы систем Fe-Cr-Ni, Ni-Cr, Cu-Ni, Fe-Cr, V-Cr-Ti и других систем, а также на чистые металлы Ti и Zr и другие металлы – ионными пучками высокой интенсивности в ускорителях или плазменных установках в некоторой области радиационных параметров (доз, температур мишени и плотностей ионного потока) формируется особое состояние вещества, обладающее необычными структурой и свойствами. Данное радиационно-индуцированное состояние имеет нанокластерную морфологию и характеризуется аномально большим изменением свойств материала.

Малые кластеры образуются в окрестности радиационных точечных дефектов и состоят из собственных атомов, однако могут иметь кристаллографическую симметрию, отличающуюся от матрицы. Эти кластеры армируют матрицу и, как следствие, формируется кластерный композит. Формирование нанокластерной морфологии сопровождается существенными изменениями формы рентгенодифракционных линий, что может служить тестовым признаком появления кластерного композита и методически удобным способом регистрации области его существования на шкале радиационных параметров.

Наиболее характерным признаком радиационно-индуцированных структур является нанокластерная морфология.

Данные просвечивающей электронной микроскопии показывают, что материал в радиационно-поврежденном слое содержит кластеры размером несколько нанометров, занимающие значительную (порядка 40 %) часть объема. Кластеры состоят из собственных атомов матрицы, но обладают отличной от матрицы симметрией. Таким образом, в приповерхностных слоях облученных материалов формируется кластерный композит. Это приводит к существенному изменению свойств материала, относящихся как к ионной, так и к электронной подсистемам металла.

Сплав системы Fe-Cr-Ni представляет собой сталь аустенитного класса Fe 18Cr 10Ni Ti с ГЦК-решеткой. Высокая коррозионная стойкость, немагнитность, вязкость в условиях криогенных температур, технологичность при изготовлении деталей, хорошие механические свойства обуславливают широкое применение аустенитных сталей системы Fe-Cr-Ni. Такие стали также находят широкое применение для конструкций и деталей, работающих в радиационном поле – в ядерной и термоядерной технике.

Сплав системы Fe-Cr представляет собой сталь ферритно-мартенситного класса Fe-12Cr-Si-Mo-W-V-Nb-B с ОЦК-решеткой. Сплавы системы Fe-Cr имеют широкое распространение в технике: при обработке материалов давлением, изготовлении медицинских инструментов, в автомобильной промышленности и многих других областях. Значительный интерес в настоящее время проявляется к данным сплавам в ядерной технике, поскольку они обладают рядом преимуществ по сравнению с широко применяемыми аустенитными сталями (отсутствие вакансионного распухания, что чрезвычайно важно для техники реакторов на быстрых нейтронах и термоядерных реакторов).

Для сплавов Fe-Cr важнейшей особенностью является их склонность к упрочнению и охрупчиванию. В значительной степени эти их свойства связаны с фазовыми переходами, присущими данной системе. В этих сплавах в некотором диапазоне радиационных параметров наблюдаются специфические дифракционные изменения.

В отличие от Fe-Cr-Ni сплавов с ГЦК-структурой здесь не наблюдается четкого расщепления линий, рентгеновский пик только изменяет свою форму, она становится треугольной, в результате суперпозиции плавного максимума диффузного фона и селективной рентгеновской линии. Одновременно до очень больших значений увеличивается микротвердость (более 10 ГПа). Такие высокие значения микротвердости нельзя приписать упрочнению за счет какого-либо дислокационного механизма, и связаны они с изменением состояния электронной подсистемы.

Сплавы системы Ni-Cr имеют ГЦК-решетку на основе решетки никеля и представляют собой твердый раствор замещения хрома в никеле. Сплавы системы Ni-Cr являются основой многочисленных материалов, широко используемых в промышленности благодаря

своим коррозионным и физико-механическим свойствам. В некотором концентрационном интервале они также весьма перспективны для работы в радиационном поле. Известно, что дислокационная структура, дисперсные выделения частиц и предвыделения влияют на рекомбинацию и гибель на стоках точечных дефектов и изменяют темп накопления радиационных повреждений. При этом улучшается пластичность и снижается степень низкотемпературного радиационного охрупчивания (НТРО).

На степень радиационного охрупчивания сплавов системы Ni-Cr-Mo влияет как накопление комплексов точечных дефектов, так и фазовая нестабильность этих сплавов. Учитывая склонность сплавов Ni-Cr к упорядочению и эффект возникновения упругих искажений в матрице вокруг зародыша, имеется влияние искажений на уменьшение радиационного повреждения сплавов системы Ni-Cr-Mo.

Сплавы Гейслера – это тройные интерметаллические соединения со стехиометрическим соотношением X_2YZ , где X и Y могут быть переходными элементами, а Z – это s-элемент. Эти сплавы являются весьма перспективными для применения в современных микроэлектромеханических устройствах, так как обладают несколькими типами мартенситных фазовых переходов. Уникальность этих сплавов состоит также в том, что мартенситный переход может быть осуществлен не только при помощи температурного воздействия, но и в результате приложения внешнего магнитного поля.

В узкой области радиационных параметров наблюдаются существенные дифракционные изменения (раздвоение дифракционных линий), что является признаком формирования кластерного композита. Характерные изменения дифракционных линий показаны на рисунке 1.

Как показывают эксперименты, наблюдаемые дифракционные эффекты сопровождаются сильным изменением свойств материала. В облученных сплавах наблюдается увеличение микротвердости в 2-3 раза в сравнении с исходными образцами, причем упрочнение коррелирует с дифракционными изменениями (рисунок 2). При исследовании микроструктуры облученных образцов сплава обнаруживаются эффекты, характерные для радиационно-индуцированного неравновесного состояния (модулированные структуры – рисунок 3). Характер наблюдаемых модулированных структур меняется в зависимости от кристаллографической ориентировки материала. Период модулированной структуры различен в разных зернах и находится в диапазоне 0,5-5 мкм.

Радиационно-индуцированные изменения формы рентгеновских линий и упрочнение уменьшаются и исчезают в процессе пострадиационных отжигов. Это характерно для всех сплавов системы Ni-Cr в концентрационном интервале 37 % Cr – 42 % Cr.

В облученных сплавах наблюдается эффект дального действия: измерения микротвердости поперечного сечения облученного образца выявили

распространение радиационно-индуцированного упрочнения на глубину до 15 мкм от облученной поверхности, в то время как глубина проективного пробега при этих условиях облучения равна 13-14 нм.

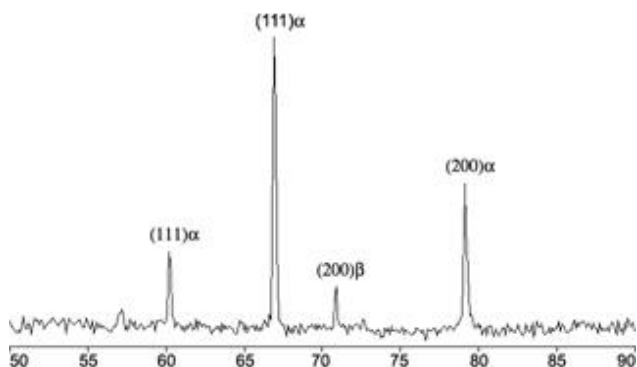


Рисунок 1а – Дифрактограмма сплава Ni-39Cr, исходного

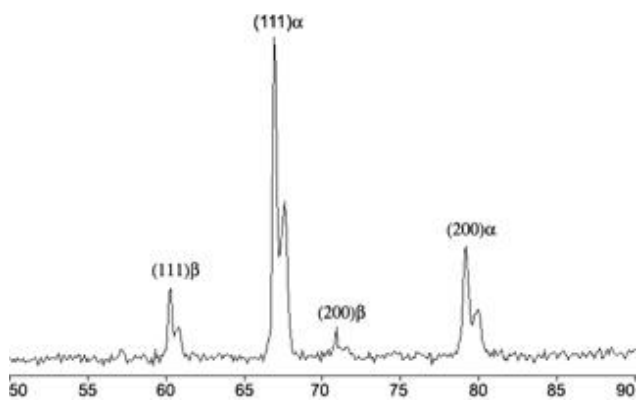


Рисунок 1б – Дифрактограмма сплава Ni-39Cr, облученного

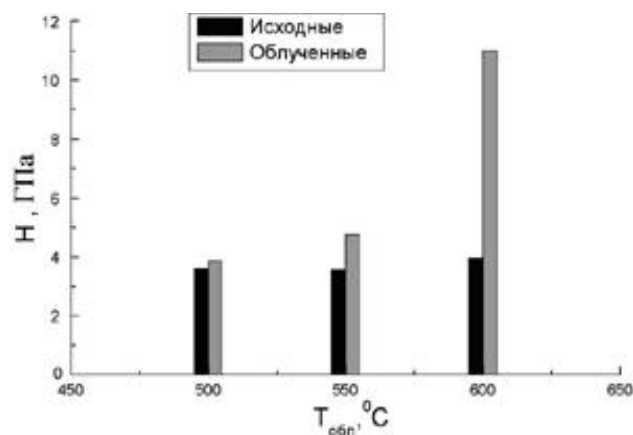


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости образцов с содержанием хрома 39 % от температуры облучения

Образование кластерного композита происходит в том случае, когда расстояние между вакансиями в обоих сплавах составляет 9-10 нм. При таком критическом расстоянии вступает в действие некоторый кооперативный механизм взаимодействия точечных дефектов, это является причиной образования нанокластерной структуры – кластерного композита. Определённое из условий облучения

критическое расстояние между вакансиями соответствует масштабу наблюдаемой нанокластерной структуры.



Рисунок 3а – Исходная поверхность сплава Ni-39Cr. Увеличение X 1000



Рисунок 3б – Поверхность сплава Ni-39Cr после облучения. Увеличение X 1000

При интенсивном ионном облучении в ускорителях или плазменных установках в металлических материалах образовывается особое структурное состояние, существенно отличающееся по свойствам от исходного материала. Такое состояние возникает в узкой области радиационных параметров. Характерной особенностью данного состояния является нанокластерная морфология. Его возникновению сопутствует существенное изменение картины рентгеновской дифракции, механических и электрофизических свойств материала.

В окрестности радиационных точечных дефектов происходит локальная перестройка кристаллической решетки с образованием кластера, состоящего из собственных атомов и имеющего другую кристаллическую симметрию.

Кластеры армируют матрицу, при этом возникает кластерный композит, что является причиной наблюдаемых изменений свойств материала. Такая модель радиационно-индуцированных структурных изменений получила подтверждение для различных металлических материалов. Образование кластерного композита является универсальным явлением для систем с различной симметрией кристаллической решетки – сплавов Ni-Cr, Fe-Cr-Ni, обладающих ГЦК-решеткой, ОЦК сплава Fe-Cr и интерметаллидных фаз Гейслера со сложной элементарной ячейкой.

1. В сплавах Ni-Cr при облучении ионами Ag⁺ с энергией 40 кэВ возникает кластерный композит, идентифицируемый по расщеплению дифракционных рентгеновских максимумов на угол, соответствующий изменению периода решетки на 0,02 и приводящий к увеличению микротвердости до значений, превышающих 10 ГПа.

2. При облучении ионами аргона с энергией 40 кэВ сплавов Гейслера Cu₂MnAl и Ni₂MnGa образуется кластерный композит, идентифицируемый

по рентгеновским дифракционным эффектам. Состояние радиационно-индуцируемого кластерного композита характеризуется увеличением намагниченности в несколько раз.

3. Радиационно-индуцированные кластерные состояния возникают при достижении значений стационарных концентраций радиационных дефектов для сплавов Fe-Cr-Ni и Fe-Cr, соответствующих расстоянию между дефектами 9-10 нм – характерному масштабу нанокластерной структуры.

УДК 553.32:622.775

НАГУМАН П.Н.

Извлечение марганца из сырья с применением комбинированного серо-графитового электрода

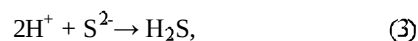
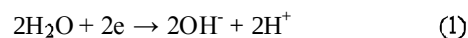
Природный пиролюзит Чиатурского месторождения был единственным источником диоксида марганца. В связи с истощением запасов высококачественных пиролюзитовых руд, нестабильностью экономических связей и коренной перестройкой экономики нашей республики возникла потребность в получении искусственного диоксида марганца из марганцевых руд. Одним из доступных способов его получения является электролиз сернокислых растворов марганца, полученных выщелачиванием из руд и других марганецсодержащих продуктов.

Республика Казахстан располагает большими запасами марганцевых руд, добыча и переработка которых могла бы удовлетворять не только внутренние потребности страны, но позволила бы экспортировать значительное количество руды, концентратов или товарных марганецсодержащих продуктов.

Для химического отделения марганца от железа, кремния и других элементов, присутствующих в руде, используются процессы, в которых руда обрабатывается двуокисью серы или растворами сернистой и серной кислот, аммонием или азотной кислотой. Диоксид марганца может быть легко переведен в сульфат марганца при обработке газообразным диоксидом серы или растворами серной или сернистой кислот, концентрация которых такова, что делает невозможным переход диоксида железа в сульфат. Однако применение серного процесса к карбонатным рудам требует предварительного обжига для перевода этих форм в оксид, что значительно усложняет процесс. Например, выщелачивание не применимо к рудам, в которых марганец присутствует в виде силиката [1].

Перспективным способом, позволяющим повысить извлечение марганца в раствор, является выщелачивание с применением комбинированного серо – графитового электрода [2]. Поэтому настоящее исследование посвящено изучению процесса сернокислотного выщелачивания марганецсодержащего сырья с одновременным восстановлением окисленных форм марганца сероводородом, образующимся за счет следующих

электродных процессов, происходящих на серо-графитовом электроде:



по реакции:



Сероводород – сильный восстановитель. Восстановительная способность H₂S обусловлена тем, что ион S²⁻ может терять различное число электронов (2, 6, 8) в зависимости от условий (температуры, природы и концентрации окислителя и т.д.). По литературным данным [3], при 20 °С один объем воды растворяет около 3-х объемов сероводорода.

Эксперименты по выщелачиванию марганца проводили на окисленном марганцевом сырье Жайремского месторождения с содержанием марганца 36,39 % и железа – 2,56 %. Рентгенофазовый анализ подтвердил наличие таких фаз, как MnO·Mn₂O₃·SiO₂ – браунит, MnO·Mn₂O₃ – гаусманит, MnO₂ – пиролюзит и 2MnO·SiO₂ – тефроит. Породообразующие представлены CaCO₃ – кальцитом, α – Fe₂O₃ – гематитом, кварцем и полевым шпатом.

Для определения оптимальных параметров выщелачивания марганца в раствор с одновременным восстановлением окисленных форм марганца был применен метод математического планирования эксперимента [4].

Матрица состояла из 25 опытов, число факторов 5, количество уровней 5. Изучаемые факторы и их значения приведены в таблице 1. Тонина помола руды 0,1 мм.

Таблица 1 – Уровни изучаемых факторов

Фактор	Уровень				
	1	2	3	4	5
X ₁ – плотность тока, А/м ²	50	100	200	300	400
X ₂ – концентрация H ₂ SO ₄ , н	1	2	3	4	5
X ₃ – продолжительность, ч	0,5	1	2	3	4
X ₄ – температура, °С	20	30	40	50	60
X ₅ – отношение Ж:Т	4	5	6	8	10

Исследуемыми функциями были выбраны качественно-количественные показатели процесса выщелачивания марганца в раствор, т.е. извлечение марганца в раствор (ε_1) и содержание марганца в растворе (β_1); извлечение железа в раствор (ε_2) и содержание железа в растворе (β_2); остаточное содержание кислоты в растворе (β_3) и расход кислоты (ε_3).

В принятом методе планирования эксперимента частные зависимости являются результатом усреднения выборок экспериментальных данных. Поэтому каждая из зависимостей рассматривается как полученная при изменении одного из варьируемых параметров и неизменных (средних) значениях прочих факторов. Путем исчисления среднего арифметического сгруппированных данных эксперимента получены точечные зависимости от заданных факторов. Подбор аппроксимирующей функции проведен с учетом физического смысла изучаемых зависимостей.

Довольно высокие значения коэффициентов нелинейной множественной корреляции (R) и их значимостей (t_R) свидетельствуют о действительном влиянии исследуемых факторов. Из частных зависимостей извлечения марганца по приведенным выше критериям значимыми оказались Y_2 , Y_3 , Y_5 (таблица 2, рисунок 1).

Необходимые для успешного выщелачивания марганца концентрация кислоты и соотношение $Ж:Т$, а следовательно, реальный расход H_2SO_4 определяются минеральным составом руды. Процессы выщелачивания, как правило, сопровождаются протеканием посторонних реакций. Чем выше концентрация серной кислоты, тем быстрее

расходуется серная кислота на реакции растворения. Одновременно полнее растворяется не только сульфат марганца, но и другие минералы, а следовательно, увеличивается бесполезный расход кислоты.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции R и его значимость t_R для частных функций извлечения марганца в раствор, %

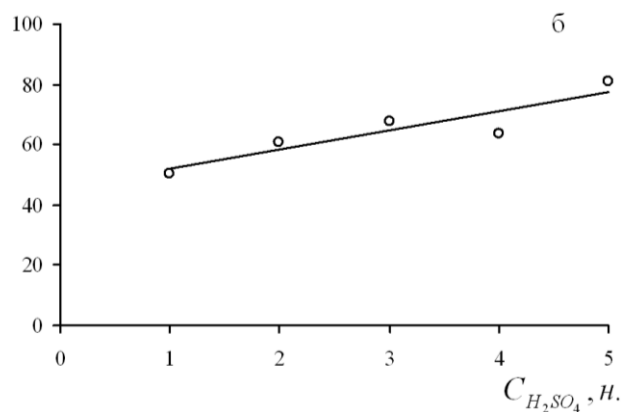
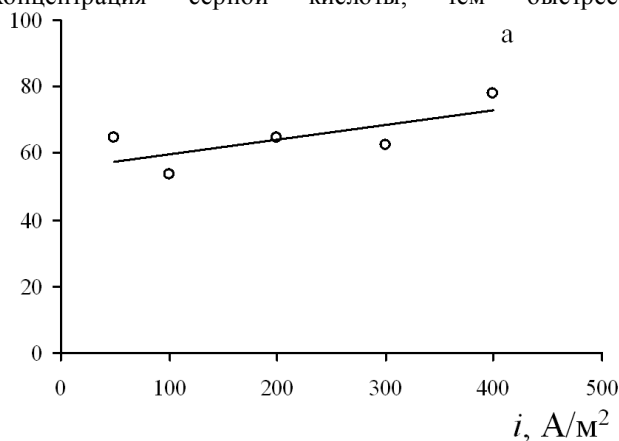
Функция	R	Условие $t_R > 2$	Значимость
$\varepsilon_{Mn} = 0,0437i + 55,432$	0,5900	1,57 < 2	незначима
$\varepsilon_{Mn} = 5,876C_{H_2SO_4} + 43,624$	0,8739	6,40 > 2	значима
$\varepsilon_{Mn} = 52,849\tau^{0,335}$	0,8618	5,799 > 2	значима
$\varepsilon_{Mn} = 0,2277t + 55,508$	0,2192	0 < 2	незначима
$\varepsilon_{Mn} = 25,98(\mathcal{E} : \mathcal{O}) - 1,5089 \cdot (\mathcal{E} : \mathcal{O})^2 - 34,126$	0,9749	34,07 > 2	значима

Полученные уравнения из таблицы 2 с учетом значимых функций обобщаются уравнением Протодяконова в виде их произведения:

$$\varepsilon_{Mn} = 2,4 \cdot 10^{-4} (6,424C_{H_2SO_4} + 45,336)(52,849\tau^{0,335}) \times (25,98(\mathcal{E} : \mathcal{O}) - 1,5089(\mathcal{E} : \mathcal{O})^2 - 34,126). \quad (5)$$

Адекватность полученной математической модели (5) подтверждается значением коэффициента корреляции $R = 0,7485$ и его значимостью $t_R = 8,164 > 2$, ошибка уравнения составила: $\sigma = 0,43$ % абс., доверительный интервал, вычисленный через t_R , составляет 11,53 %.

По уравнению Протодяконова, извлечение марганца в раствор превышает 100 %, т.е. предел изучаемой функции (таблица 3). На рисунке 2 представлено



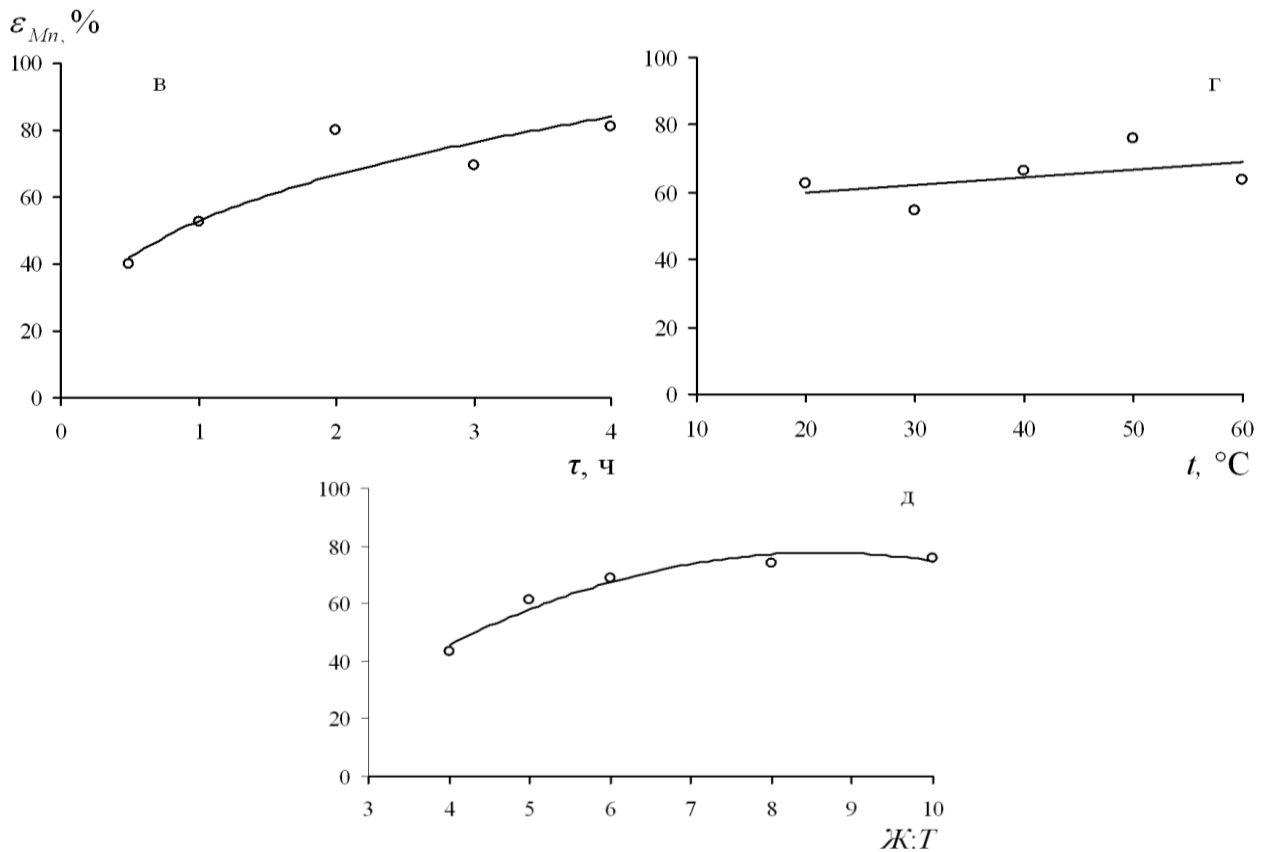


Рисунок 1 – Частные зависимости извлечения марганца в раствор, %:
 а – от плотности тока, A/m^2 ; б – от концентрации серной кислоты, н;
 в – от продолжительности, мин.; г – от температуры, $^{\circ}C$; д – от отношения $J:T$;
 точки – экспериментальные данные; линии – по уравнению (таблица 3)

соотношение экспериментальных и расчетных данных, где на верхней и нижней границах заметно завышение расчетных данных.

Для корректировки уравнения (5) используем прием, описанный в [5, 6], то есть подставим это уравнение в экспоненту:

$$y = \exp(-A\varepsilon_{Mn,I}^{-\frac{A}{\varepsilon_{Mn,I}}}), \quad y = \hat{a}^{-\frac{A}{\varepsilon_{Mn,I}}}, \quad (6)$$

где A и B – положительные числа;

$\alpha_{Mo,II}$ – значения функции, рассчитанные по уравнению Протодьяконова.

Для определения A и B необходимо непосредственное сопоставление экспериментальных данных с рассчитанными по уравнению Протодьяконова исходя из формулы:

$$\varepsilon_{Mn\dot{y}} = 100 \exp(-A\varepsilon_{Mn,I}^{-\frac{A}{\varepsilon_{Mn,I}}}). \quad (7)$$

Таким образом, после двойного логарифмирования этого уравнения A и B находим методом наименьших квадратов, полученные значения подставляем в уравнение (6) и получаем:

$$\varepsilon_{Mn} = 100 \exp\left(-\frac{41647,64}{\varepsilon_{Mn,I}^{2,874}}\right). \quad (8)$$

Значения $R = 0,8068$ и $t_R = 11,08 > 2$ указывают на высокую адекватность математической модели после

корреляции описания данных эксперимента настоящим уравнением. Ошибка уравнения составила: $\sigma = 15,64$ % абс., доверительный интервал $\delta = 3,33$ %.

Таблица 3 – Данные эксперимента и расчета

$\varepsilon_{Mn}, \%$	$\varepsilon_{Mn, II}, \%$ (5)	$\varepsilon_{Mn, II}, \%$ (8)	$\varepsilon_{Fe}, \%$	$\varepsilon_{Fe, II}, \%$ (9)	$\alpha_{H_2SO_4, \dot{y}}, \%$	$\alpha_{H_2SO_4, \dot{y}}, \%$ (10)	$\alpha_{H_2SO_4, \dot{y}}, \%$ (11)
5,28	23,71	0,95	0,025	0,42	59,69	67,29	69,58
94,72	69,56	80,96	2,91	2,85	87,69	87,13	89,70
33,36	42,75	42,51	1,58	1,12	92,14	80,28	85,28
99,42	116,66	95,33	4,67	6,45	81,71	83,22	87,40
81,12	100,22	92,87	3,80	4,62	79,74	88,77	90,51
65,10	61,80	74,33	3,45	1,85	67,45	61,51	57,61
83,10	63,09	75,61	3,89	1,81	89,18	81,04	85,87
64,62	53,49	63,81	7,56	7,42	70,51	74,57	79,87
82,20	95,53	91,86	0,24	2,72	89,71	101,54	94,82
36,24	41,38	39,08	0,016	0,60	89,80	92,13	91,96
19,32	44,18	45,91	2,85	1,69	73,37	65,95	67,13
67,56	75,53	84,65	4,10	3,66	92,45	89,21	90,72
70,08	79,58	86,64	4,12	3,48	68,98	70,59	74,82
44,16	59,96	72,36	0,058	0,39	86,63	97,96	93,90
71,88	51,77	61,05	4,32	4,77	84,90	85,47	88,79
75,84	80,42	87,01	6,45	4,76	61,53	65,90	67,03
28,02	53,94	64,50	3,98	3,66	94,29	85,85	89,00
49,98	39,37	33,83	0,024	0,82	90,71	75,60	81,00
82,80	71,79	82,46	5,26	3,73	97,84	94,75	92,91
80,76	67,24	79,23	0,12	0,76	85,66	85,82	88,99
85,32	54,95	65,98	4,98	6,43	45,61	63,66	62,51

64,26	48,48	55,11	0,025	0,58	77,52	75,74	81,14
86,40	71,67	82,38	0,15	1,69	87,04	80,11	85,14
96,70	105,19	93,77	5,60	4,05	94,84	100,39	94,54
47,16	41,05	38,22	1,96	1,57	96,91	89,67	90,93

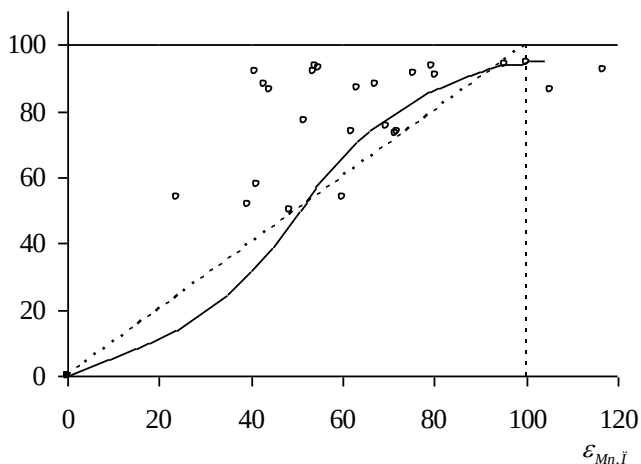


Рисунок 2 – Зависимость соотношения экспериментальных и рассчитанных по уравнению Протодяконова данных (без коррекции) ($\varepsilon_{Mn, \hat{Y}} = f(\varepsilon_{Mn, \hat{I}})$)

$$\varepsilon_{Mn, \hat{Y}} = f(\varepsilon_{Mn, \hat{I}})$$

и с коррекцией расчетных данных):

точки – $\varepsilon_{Mn, \hat{Y}} = f(\varepsilon_{Mn, \hat{I}})$ (%); штриховая линия –

идеальная зависимость $\varepsilon_{Mn, \hat{Y}} = f(\varepsilon_{Mn, \hat{I}})$;

сплошная линия – по уравнению (5)

Полученную модель использовали для построения номограммы, в которой наглядно и конкретно показаны лучшие и худшие условия для обеспечения степени выщелачивания марганца в раствор (таблица 4).

Таблица 4 – Номограмма извлечения марганца в раствор (по уравнению 5). Выделены степени извлечения 95,0 %

$\tilde{N}_{H_2SO_4}, \hat{I}$	$\tau, \text{ч}$	$\mathcal{K}:T$						
		4	5	6	8	10	12	14
2	1	18,3	42,7	57,5	68,8	66,3	46,7	1,8
	2	41,9	64,6	75,3	82,5	81,0	67,7	12,8
	3	55,5	74,4	82,5	87,8	86,7	76,8	24,9
	4	64,0	79,9	86,5	90,6	89,8	81,9	34,8
3,5	1	33,6	57,8	70,1	78,5	76,8	61,3	7,6
	2	57,1	75,5	83,3	88,3	87,3	77,8	26,6
	3	68,4	82,7	88,4	91,9	91,2	84,4	40,8
	4	75,0	86,6	91,1	93,8	93,3	87,9	50,7
4	1	38,4	61,9	73,2	80,9	79,3	65,1	10,4
	2	61,2	78,2	85,2	89,7	88,8	80,3	31,4

5,5	3	71,7	84,7	89,7	92,9	92,3	86,2	45,6
	4	77,7	88,1	92,1	94,6	94,1	89,3	55,2
	1	51,5	71,7	80,6	86,3	85,2	74,3	20,9
	2	71,2	84,3	89,5	92,7	92,1	85,9	44,8
6	3	79,4	89,1	92,8	95,0	94,6	90,2	58,0
	4	84,0	91,6	94,5	96,2	95,9	92,5	66,2
	1	55,3	74,3	82,4	87,7	86,6	76,7	24,6
	2	73,8	85,9	90,6	93,5	92,9	87,3	48,7
7,5	3	81,4	90,2	93,5	95,5	95,1	91,2	61,5
	4	85,5	92,5	95,0	96,6	96,3	93,2	69,2
	1	64,8	80,5	86,8	90,8	90,0	82,3	35,9
	2	80,1	89,4	93,0	95,2	94,8	90,5	59,1
9	3	86,0	92,7	95,2	96,7	96,4	93,5	70,1
	4	89,2	94,4	96,3	97,5	97,3	95,0	76,4
	1	72,1	84,9	89,9	93,0	92,4	86,4	46,2
	2	84,5	91,9	94,7	96,4	96,0	92,8	67,3
10	3	89,3	94,5	96,4	97,5	97,3	95,0	76,5
	4	91,7	95,8	97,2	98,1	97,9	96,2	81,6
	1	76,0	87,1	91,4	94,1	93,6	88,4	52,2
	2	86,8	93,2	95,5	96,9	96,6	93,9	71,7
10	3	90,9	95,3	96,9	97,9	97,7	95,8	79,8
	4	93,0	96,4	97,7	98,4	98,3	96,8	84,3

Так как вторым важным показателем выщелачивания является содержание марганца в растворе, была проведена выборка данных по этому показателю. Точечные графики зависимостей содержания марганца в растворе от параметров выщелачивания представлены на рисунке 3, в результате математической обработки которых получены следующие уравнения (таблица 5):

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции R и его значимость t_R для частных функций содержания марганца в растворе, г/л

Функция	R	Условие $t_R > 2$	Значимость
$\varepsilon_{Mn} = 0,0638\hat{I} + 47,832$	0,927	11,410 > 2	значима
$\varepsilon_{Mn} = 5,876C_{H_2SO_4} + 43,624$	0,792	3,682 > 2	значима
$\varepsilon_{Mn} = 10,647\tau + 38,884$	0,710	2,480 > 2	значима
$\varepsilon_{Mn} = 0,4905\hat{I} + 41,622$	0,645	1,913 < 2	незначима
$\varepsilon_{Mn} = 10,197(\mathcal{K} : \hat{O}) - 1,171(\mathcal{K} : \hat{O})^2 + 50,385$	0,863	5,881 > 2	значима

На содержание марганца в растворе в значительной степени влияет Y_1 и Y_2 , Y_5 , воздействие прочих факторов слабее.

Для создания более концентрированных начальных растворов кислоты (без повышения ее расхода)

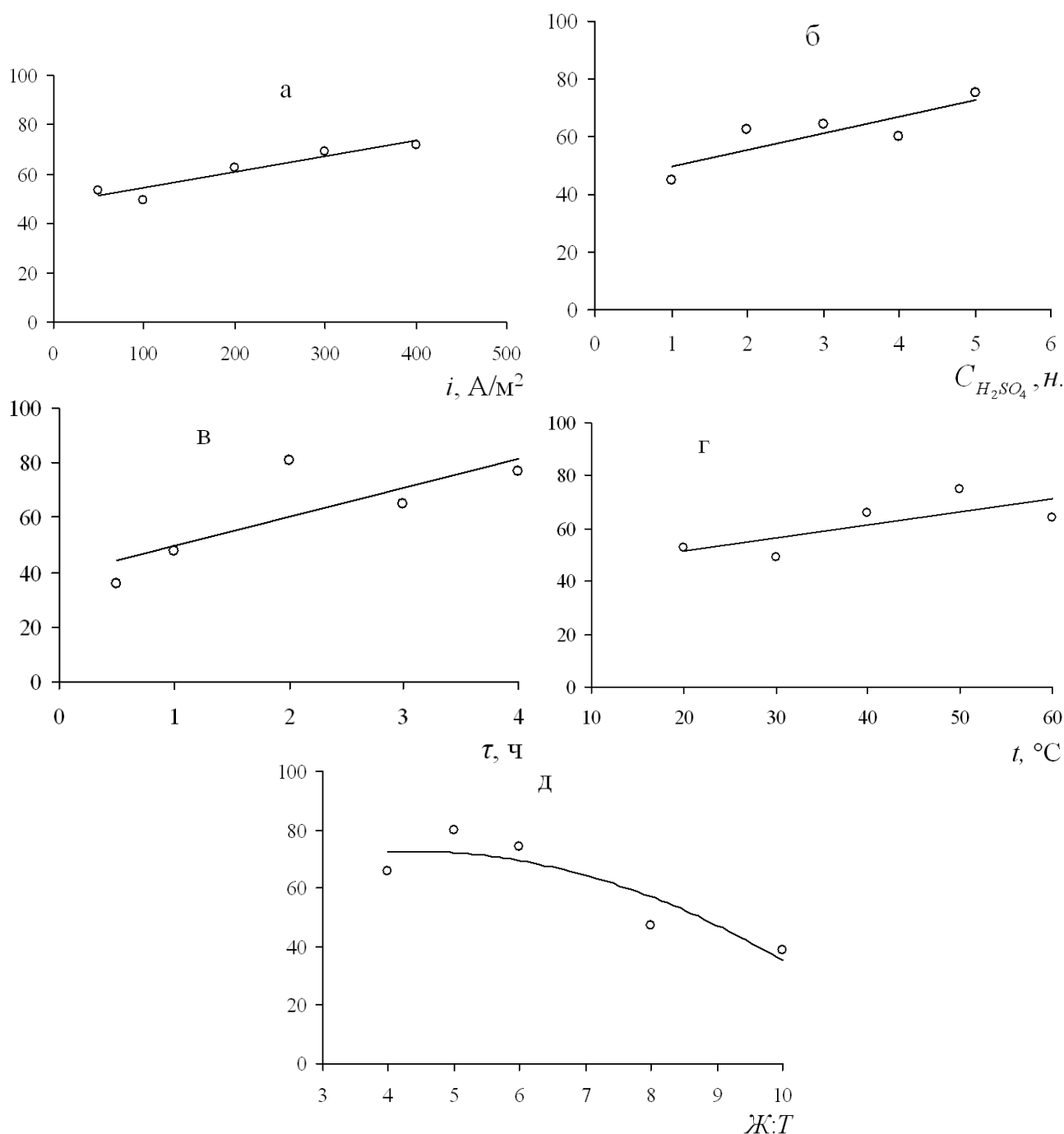


Рисунок 3 – Частные зависимости по содержанию марганца в растворе, г/л:
а – от плотности тока, А/м²; б – от концентрации серной кислоты, н;
в – от продолжительности, мин.; г – от температуры, °С; д – от отношения Ж:Т;
точки – экспериментальные данные; линии – по уравнению (таблица 2)

выщелачивание проводится при более плотной пульпе. Отсюда следует, что скорость выщелачивания, а также содержание марганца в растворе возрастают при более плотной пульпе.

Также получены точечные графики частных зависимостей извлечения железа в раствор и содержания железа в растворе, остаточного содержания и степени расхода серной кислоты. Приводятся уравнения частных зависимостей и обобщенные уравнения с коэффициентами корреляции (таблицы 6, 7).

Для извлечения железа в раствор полученные уравнения из таблицы 6 с учетом значимых функций Таблица 6 – Коэффициенты корреляции R и его значимость t_R для частных функций извлечения железа в раствор, %

Функция	R	Условие $t_R > 2$	Значимость
$\varepsilon_{Fe} = 0,0065i + 1,5307$	0,7163	2,548 > 2	значима
$\varepsilon_{Fe} = -0,141C_{H_2SO_4} + 3,309$	0,1548	0 < 2	незначима
$\varepsilon_{Fe} = -0,0934\tau^2 + 1,784\tau - 0,2956$	0,9347	12,81 > 2	значима

$\varepsilon_{Fe} = 0,0059t + 2,65$	0,1010	0<2	незначима
$\varepsilon_{Fe} = 5,3144(\dot{A} : \dot{O})^{-0,3398}$	0,6364	1,96>2	малозначима

обобщаются уравнением Протодяконова в виде их произведения:

$$\varepsilon_{Fe} = 0,1201(0,0065i + 1,5307)(1,784t - 0,0934t^2 - 0,2956)(5,3144(\dot{A} : \dot{O})^{-0,3398}). \quad (9)$$

Адекватность полученной математической модели (9) подтверждается значением коэффициента корреляции $R = 0,853$ и его значимостью $t_R = 15,100 > 2$, ошибка уравнения составила: $\sigma = 0,04651$ % абс., доверительный интервал, вычисленный через t_R , составляет $\delta = 0,346$ %.

Таблица 7 – Коэффициенты корреляции R и его значимость t_R для частных функций степени расхода серной кислоты, %

Функция	R	Условие $t_R > 2$	Значимость
$\alpha_{H_2SO_4} = -0,0192i + 85,86$	0,746	2,918>2	значима
$\alpha_{H_2SO_4} = 64,921C_{H_2SO_4}^{0,232}$	0,8916	7,535>2	значима
$\alpha_{H_2SO_4} = 1,6565t + 85,315$	0,167	0,290>2	незначима
$\alpha_{H_2SO_4} = 0,1075t + 77,536$	0,5842	1,536<2	незначима
$\alpha_{H_2SO_4} = 8,1166(\dot{A} : \dot{O}) - 0,6532(\dot{A} : \dot{O})^2 + 59,75$	0,8853	7,088>2	значима

Для степени расхода серной кислоты полученные уравнения из таблицы 6 с учетом значимых функций обобщаются уравнением Протодяконова в виде их произведения:

$$\alpha_{H_2SO_4} = 1,49 \cdot 10^{-4} (85,86 - 0,0192i) (64,921C_{H_2SO_4}^{0,232}) \times (8,1166(\dot{A} : \dot{O}) - 0,6532(\dot{A} : \dot{O})^2 + 59,75). \quad (10)$$

Адекватность полученной математической модели (10) подтверждается значением коэффициента корреляции $R = 0,7873$ и его значимостью $t_R = 9,93 > 2$,

ошибка уравнения составила: $\sigma = 0,36$ % абс., доверительный интервал, вычисленный через t_R , составляет 5,26 %.

По уравнению Протодяконова, извлечение марганца в раствор превышает 100 %-й предел изучаемой функции. Для корректировки уравнения (10) подставляем его в экспоненту:

$$\varepsilon_{Mn\dot{y}} = 100 \exp(-121935162 \alpha_{H_2SO_4, I}^{-4,6645}). \quad (11)$$

Значения $R = 0,8388$ и $t_R = 13,57 > 2$ указывают на высокую адекватность математической модели после корреляции описания данных эксперимента настоящим уравнением. Ошибка уравнения составила: $\sigma = 0,744$ % абс., доверительный интервал $\delta = 3,84$ %.

Выводы

1. Выщелачивание марганца в сернокислой среде с одновременным восстановлением окисленных форм марганца сероводородом, образующимся за счет электродных процессов, происходящих на комбинированном серо-графитовом электроде, является перспективным методом для переработки окисленного марганцевого сырья. Простота проведения процесса и аппаратного оформления позволяют применять данный метод к различным объектам.

2. Анализ частных зависимостей и обобщенных уравнений предоставляет возможность для определения оптимальных условий выщелачивания марганецсодержащего сырья, позволяющих с наименьшими затратами добиться повышения извлечения марганца в раствор.

3. С помощью приведенных вероятностно-детерминированных математических моделей ввиду их широкого диапазона применимости и простоты аналитических преобразований можно прогнозировать основные параметры процесса для получения качественного продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салли А. Марганец. М.: Металлургиздат, 1959. 295 с.
2. Инновационный патент 21223 РК. Способ изготовления серо-графитового электрода / Нагуман П.Н. Оpubл. 15.05.2009. Бюл. № 5.
3. Базезин С.А., Разумовский Г.С., Филько А.И. Практикум по неорганической химии. М.: Просвещение, 1967. 342 с.
4. Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, 1977. 36 с.
5. Малышев В.П. К определению ошибки эксперимента, адекватности и доверительного интервала аппроксимирующих функций // Вестник МОН РК, НАН РК. 2000. № 4. С. 22-30.
6. Малышев В.П. Кинетический и технологический анализ обобщающих математических моделей химико-металлургических процессов // Доклады Национальной академии наук РК. 2008. № 2. С. 13-18.

УДК 669.782.641.315.592

САТБАЕВ Б.Н.

Изучение влияния свойств алюминиевого порошка на воспламеняемость шихты

Процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) материалов основан на протекании экзотермической химической реакции между исходными реагентами (чаще всего порошками) в режиме горения [1, 2]. В работе [3]

авторами было показано, что для получения СВС-огнеупоров при использовании различных марок алюминия в зависимости от дисперсности меняются температуры их воспламенения и характеристики горения.

В данной статье проведено комплексное изучение свойств и дано сравнительное описание алюминиевых порошков четырех марок: дисперсного АСД-1, ПА-4, вторичного АПВ и алюминиевой вторичной крупки АКВ, – которые могут быть использованы при производстве СВС-огнеупоров в промышленных масштабах, а также изучены особенности их взаимодействия с оксидом хрома (III).

Химический анализ проводили по ГОСТ 2642-86. Гранулометрический состав определяли ситовым методом по ГОСТ 181318-73 и микроскопическим по ГОСТ 23402-78. Электронно-оптические исследования проводили на ЭВМ-100 БР при увеличении 14 000 крат. Образцы готовили методами сухого препарирования и суспензии диспергацией в течение 2 секунд в дистиллированной воде. Петрографические исследования осуществляли с помощью микроскопа МВТ-71V4.2 при 50- и 500-кратном увеличении. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре ДРОН-3М, Co-K α -излучение. Прочность образцов на сжатие определяли на гидравлическом прессе марки ПСУ-10.

Для синтеза огнеупоров использовали оксид хрома (III) ТУ-6-09-4272-84.

По данным химического анализа, на долю активного алюминия в исследуемых порошках приходится: 98 % масс. в АСД-1 и ПА-4; 97 % масс. в АКВ и 92 % масс. в АПВ, то есть содержание его меняется мало от марки к марке, чего нельзя сказать о примесных компонентах (таблица 1).

Таблица 1– Данные химического анализа порошков алюминия

Марка	АСД-1	ПА-4	АПВ	АКВ
Al	98	98	92	97
Al ₂ O ₃	1,9	1,6		2,5
Ti	0,01			
Fe		0,11		0,07
Cu		<0,1	≤5,0*	0,004
Zn		<0,1	≤3,0*	0,01
Pb		<0,1	≤0,7*	0,01
Sn		<0,1	≤2,0*	0,1
Ni		<0,1	≤2,0*	0,01
Mn		<0,1		0,0002
Si			≤5,0*	0,06

* Данные ГОСТ 295-60 на вторичный алюминий и ЦТУ 24-58 на сплав АЦВ, являющиеся сырьем для получения АПВ

Визуально анализируемые порошки существенно отличаются один от другого по дисперсности. Для получения количественной оценки этого параметра проводили изучение гранулометрического состава образцов ситовым и микроскопическим методами (рисунок 1). Наиболее грубодисперсные порошки АПВ и АКВ характеризуются наибольшим разбросом частиц по размерам. Основная масса последних (~ 70 %) имеет размер от 80 до 350-400 мкм. Однако остальные 30 % масс. распределены неодинаково: в АКВ их составляют в основном крупные частицы диаметром от 350 до 700 мкм; в АПВ на долю аналогичной фракции (380-580 мкм) приходится менее 1 % массы и почти 23 % составляют мелкие

частицы размером до 80 мкм. Наиболее мелкодисперсным и однородным по грансоставу является порошок АСД-1, свыше 84 % его массы составляют частицы диаметром 14-21 мкм. Порошок ПА-4 по дисперсности занимает промежуточное положение.

В ходе электронно-оптического исследования было установлено, что алюминиевые порошки различных марок образованы частицами одинаковой формы.

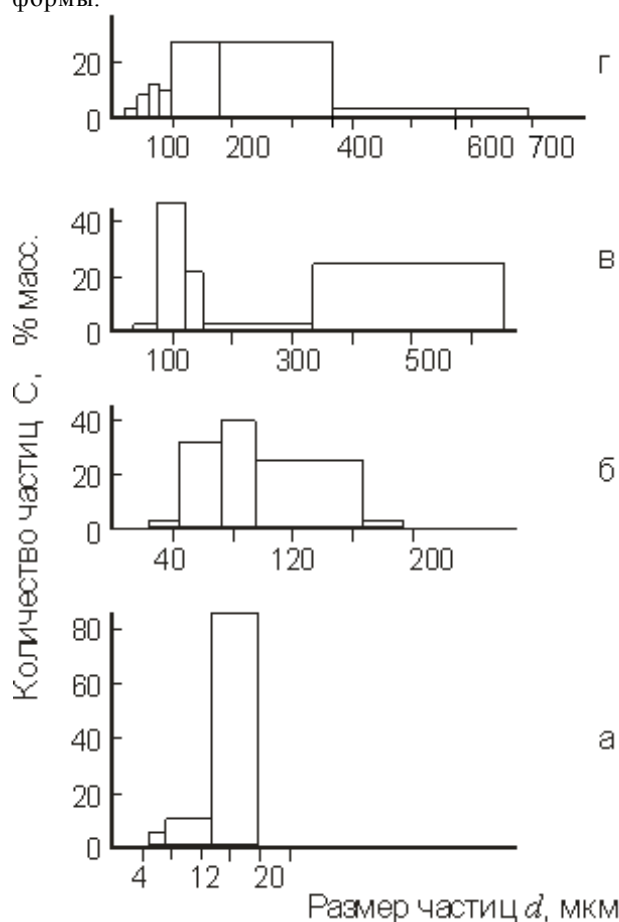


Рисунок 1 – Дисперсность порошков алюминия разных марок: а) АСД; б) ПА-4; в) АКВ; г) АПВ

Следующий этап исследований имел целью выявление закономерностей воспламеняемости смеси Al–Cr₂O₃ и определение влияния перечисленных выше различий в марках алюминия на развитие СВС-процесса.

В качестве базового был выбран модельный состав шихты, включающий 85 % масс. Cr₂O₃ (с массовой долей оксида хрома (III) не менее 99 %) и 15 % масс. порошкообразного металлического алюминия исследованных марок. Образцы изготавливали в форме цилиндров высотой 20 мм и диаметром 20 мм.

При использовании в качестве восстановителя алюминия марок АПВ и АКВ самораспространяющийся высокотемпературный синтез шихты протекает при условии принудительного термического удара. Замена их на более дисперсные и чистые марки ПА-4 и АСД-1 позволила возбудить СВС как в образцах, полученных при прессовании из сухой смеси, так и с добавлением воды. Как показано в

работе [4], содержание активного металла и количество примесей, присутствующих в исходном алюминиевом порошке, могут оказывать влияние на процесс горения. Ввиду того, что степень завершенности реакции горения пропорциональна массовой доле активного алюминия в порошке [4], снижение температуры горения при использовании алюминия марки АПВ составляет 100-120 °С, а для марок алюминия ПА-4 и АСД-1 – 35-30 °С.

На дериватограммах исследованных составов имеются эндоэффекты, связанные с плавлением алюминия в случае марки АПВ при максимальной температуре 675 °С, а для ПА-4 и АСД-1 – при температурах 640 и 625 °С соответственно. Максимальная температура экзотермической реакции при работе с алюминием марки АПВ приходится на 960 °С, при переходе к ПА-4 и АСД-1 она снижается до 920 и 900 °С соответственно. Наблюдаемые закономерности некоторого снижения температуры плавления и затруднения металлургического твердофазного превращения связаны с различной дисперсностью алюминия. Увеличение дисперсности приводит к уменьшению локализации и энергетики протекающих процессов в связи с неравномерным распределением его частиц.

В связи с тем, что в промышленности при проведении самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в основном применяют алюминий марки АПВ, было необходимо определить нижний концентрационный предел для протекания СВС по содержанию алюминия (АПВ) и зависимость воспламеняемости шихты от его дисперсности в системе Al–Cr₂O₃.

Для проведения экспериментов по решению поставленной задачи порошков алюминия рассевали на ситах с выделением следующих фракций: 1 – до 80 мкм, 2 – до 200 мкм. Содержание алюминия варьировали от 15,0 до 35,0 % масс., т.е. до и после стехиометрического соотношения – 28,5 % масс.

Полученные результаты приведены в табл. 2, из которой видно, что минимально необходимое для начала синтеза содержание алюминия определяется дисперсностью порошка. Согласно расчетам, учитывающим количество активного металла в алюминиевом порошке марки АПВ в сопоставлении с марками ПА-4 и АСД-1, нижний уровень процентного содержания непросеянного АПВ, необходимого для воспламенения, должен располагаться ниже зафиксированного (35 %), вблизи 21 %, если основная роль принадлежит чистоте исходного алюминия, а не его дисперсности.

Важным свойством огнеупорного материала является показатель огнеупорности, который определяется фазовым составом полученного материала. Показано, что в зависимости от количества алюминия в системе Al–Cr₂O₃ происходит изменение фазового состава конечного продукта СВС. Так, по

данным петрографического и рентгенофазового анализов, при содержании 15 % алюминия образцы состоят из двух микроскопически различных фаз, одна из которых, занимающая большую часть объема, мелкодисперсна и микросложение ее практически не зависит от марки алюминия и представляет собой смесь двух твердых растворов Al₂O₃ в Cr₂O₃, различающихся своей концентрацией. Другая фаза – металлический хром, распределение и дисперсность которого чувствительны к условиям приготовления и охлаждения образцов после синтеза. При увеличении содержания Al до 35 % в пробе отмечается большое количество монофазы металлического хрома, почти чистой α–Al₂O₃ и присутствие двух твердых растворов, но уже Cr₂O₃ на основе Al₂O₃.

Таблица 2 – Воспламеняемость смеси Cr₂O₃ – Al при различных значениях дисперсности и содержания алюминия марки АПВ

Дисперсность	Содержание Al, %							
	15,0	16,5	18,0	21,0	24,0	28,5	30,0	35,0
до 80 мкм	-	+	+	+	+	+	+	+
до 200 мкм	-	-	+	+	+	+	+	+
исходный	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: «+» – СВС прошел; «-» – СВС не прошел.

Однако, как показано в [5], температура плавления твердых растворов понижается с возрастанием количества в них оксида алюминия, что проявляется в понижении огнеупорности синтезированного материала.

Итак, исходя из результатов проведенных экспериментов в отношении осуществления СВС-процесса в системе Al–Cr₂O₃, можно сделать следующие выводы:

1) все исследованные порошки алюминия АПВ, ПА-4, АСД-1 схожи по форме частиц и состоянию их поверхности. Незначительно, в пределах нескольких процентов, различаются по количеству активного металла. Существенное их различие наблюдается только в гранулометрическом составе;

2) положительную роль в осуществлении СВС-процесса играют высокая дисперсность и чистота алюминия, входящего в шихту. Основным определяющим фактором, влияющим на протекание реакций синтеза в системе Al–Cr₂O₃, в пределах условий проведенного эксперимента, является дисперсность алюминиевого порошка. Наиболее оптимальным является порошок с дисперсностью не более 200 мкм;

3) экспериментально подтверждена известная закономерность, состоящая в том, что для протекания СВС-процесса в системе Al–Cr₂O₃, с уменьшением дисперсности алюминия необходимо увеличение его количества. Установлено, что повышение концентрации алюминия в шихте приводит к изменению фазового состава конечных продуктов, отрицательно сказывается на их огнеупорности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мержанов А.Г., Юхвид В.И., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез литых тугоплавких неорганических соединений // Докл. АН СССР. 1980. Т. 255. № 2. С. 120-124.
2. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Юхвид В.И., Боровинская И.П. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. М.: БИНОМ, 1999. 175 с.
3. Мержанов А.Г. Физическая химия. Современные проблемы. М.: Химия, 1983. С. 6-14.
4. Диаграммы состояния силикатных систем: Справочник. Вып. 1. Двойные системы. / Торопов Н.А. и др. Л.: Наука, 1969. 821 с.
5. Диаграммы состояния силикатных систем: Справочник. Вып. 2. Металл – кислородные соединения силикатных систем. / Торопов Н.А. и др. Л.: Наука, 1970. 371 с.

Раздел 3

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности

УДК 622.285:331.103.3

**КРУПНИК Л.А.,
КЛИМОВ А.Ю.,
КЛИМОВА Н.Ю.**

Определение длительности рабочих операций при передвижке крепи на основе хронометражных наблюдений

Функциональное назначение всех механизированных крепей в основном одинаково, и состав рабочих операций в крепи обычно не зависит от ее конструктивного исполнения. Поэтому системы гидроприводов всех механизированных крепей предназначены для выполнения одних и тех же рабочих операций, а цикл работы механизированной крепи в целом совпадает с циклом работы ее гидропривода.

Цикл работы гидросхемы секции – это определенная последовательность некоторой совокупности рабочих движений гидростоек и гидродомкратов. Каждый цикл начинается с исходного положения, при котором гидростойки крепи находятся под нагрузкой, поршневые полости их изолированы и давление в них зависит от воздействия внешних сил (горных пород) и характеристики предохранительного гидроклапана. В исходном положении чаще всего все секционные устройства управления находятся в нейтральном положении, отвод от напорной гидромагистрали в секциях может быть как открыт, так и перекрыт, независимо от того, работает ли насосная станция.

Из исходного положения крепи производятся операции передвижения, которые возможны в следующей последовательности: передвижение секций, затем базы или наоборот. Эти операции могут частично или полностью совмещаться по времени. Возможности такого совмещения зависят от конструкции всего комплекса, горных условий и принятой технологической схемы работы в лаве.

Разгрузка, передвижение и распор – основные рабочие операции в секциях механизированной крепи. Но кроме них во многих крепях предусмотрено выполнение дополнительных рабочих действий. Они

могут совершаться параллельно с одной из основных операций или отдельно.

К дополнительным рабочим действиям относятся: смещение секций относительно друг друга в направлении длины лавы; поддержание заданного положения секции и ее элементов в пространстве; усиление консоли перекрытия; выдвижение элементов перекрытия, а также их подъем и опускание; распор и разгрузка реборд и др.

В качестве критерия эффективности механизированной крепи целесообразно принять показатель, в наибольшей степени отражающий производительность. Таким показателем является длительность цикла работы механизированной крепи $T_{\text{ц}}$. От $T_{\text{ц}}$ зависит производительность комплекса. С уменьшением затрат времени на цикл работы крепи повышается вероятность увеличения числа циклов в смену и роста производительности. Продолжительность цикла работы механизированной крепи $T_{\text{ц}}$ – это сумма затрат времени на выполнение всех рабочих операций главным образом в гидросистеме, поэтому этот показатель в наибольшей степени отражает влияние особенностей гидропривода на экономическую эффективность комплекса и является наиболее приемлемым критерием качества для оценки работы гидропривода.

Выбор $T_{\text{ц}}$ в качестве критерия эффективности имеет еще и то преимущество, что позволяет учитывать вероятностный характер процессов, происходящих в системе «механизированный комплекс – вмещающие породы». При работе крепи и комплекса длительность цикла и длительность операций в секциях будут величинами переменными, подчиняющимися случайным законам распределения, как в разных секциях, так и в разных циклах несмотря на постоянство основного комплекса условий (т.е.

конструктивных параметров). На основе обобщения результатов хронометражных наблюдений за работой механизированных крепей могут быть определены и учтены в расчетах параметры случайных законов изменения $T_{ц}$.

В общем виде величину $T_{ц}$ можно выразить зависимостью

$$T_{ц} = T_c + T_k + T_{ом} + T_{ок} + T_{nn} + T_{хх} + T_n, \quad (1)$$

где T_c – суммарная продолжительность передвижек всех секций;

T_k – не совмещенное с передвижкой секций время передвижения конвейера;

$T_{ом}$ – суммарное время остановок, связанное с уменьшением скорости и простоями выемочной машины;

$T_{ок}$ – суммарное время остановок, связанное с уменьшением скорости или простоями при передвижении конвейера;

T_{nn} – время, затрачиваемое на подготовку к следующему циклу;

$T_{хх}$ – время, затрачиваемое на холостой ход комбайна при односторонней работе;

T_n – время, затрачиваемое от начала цикла до начала первой передвижки секций.

В выражении (1) можно выделить две группы слагаемых: затраты времени, зависящие от работы механизированной крепи, и затраты времени, не зависящие от нее. К первой группе относятся величины T_c , T_k , $T_{ом}$, ко второй – остальные. Таким образом, цикл работы гидропривода механизированной крепи определяется зависимостью

$$T_{цз} = T_c + T_k + T_{ом}. \quad (2)$$

С целью определения величины и установления законов распределения продолжительности рабочих операций в цикле передвижки крепи были проведены хронометражные наблюдения на трех шахтах им. В.И. Ленина, им. Т. Кузубаева и Саранская УД АО «АрселорМиттал Темиртау». Объекты наблюдения характеризуются разнообразием угольных пластов по вынимаемой мощности и применяемых механизированных комплексов, получивших наибольшее распространение в Карагандинском угольном бассейне.

Добыча угля на шахте им. В.И. Ленина осуществляется двумя лавами с использованием комплексов «Фазос 12/28» и 20КП70К.

Отработка одного выемочного участка производится комплексом «Фазос 12/28» с очистным комбайном 2ГШ68Б и забойным конвейером КС-30Ф. Вынимаемая мощность пласта составляет 2,4 м, длина лавы – 185 м. Проектная нагрузка на забой составляет: суточная – 2169 т; месячная – 56 160 т.

Отработка другого выемочного участка ведется комплексом 20КП70К с очистным комбайном 1КШЭ и забойным конвейером ОКП34Л. Вынимаемая мощность пласта составляет 3,2 м, длина лавы – 227 м. Проектная нагрузка на забой составляет: суточная – 3500 т; месячная – 91 000 т.

Состав рабочих операций по передвижке крепи зависит от ее конструктивных особенностей, т.е. от количества групп гидродомкратов, выполняющих определенные функции.

Так, для крепи комплекса «Фазос 12/28» таких операций 12: опускание и распор козырька; удлинение и укорочение выдвижного козырька; подъем и опускание основания крепи; распор и снятие распора реборд; разгрузка и распор гидростоек; передвижка (подтягивание) секции крепи и передвижка конвейерной линии.

Для крепи комплекса 20КП70К количество рабочих операций равно 10: разгрузка и распор щита удержания забоя; подъем и опускание козырька перекрытия; распор и снятие распора реборд; разгрузка и распор гидростоек; передвижка (подтягивание) секции крепи и передвижка конвейерной линии.

Отработка выемочного участка на шахте им. Т. Кузубаева ведется по пласту К₁₂ комплексом «Пиома 25/45-ОЗ» с очистным комбайном SL 300 немецкой фирмы «Айкхофф» и лавным конвейером КС-34.

Длина лавы составляет 245 м (162 секции крепи с шириной основания 1,5 м), вынимаемая мощность пласта – 3,7 м, ширина захвата комбайна 0,55 м. Проектная нагрузка на забой составляет: суточная – 5000 т; месячная – 130 000 т.

В соответствии с конструктивными особенностями крепи «Пиома 25/45-ОЗ» в процессе ее передвижки выполняется 8 рабочих операций: разгрузка и распор щита удержания забоя; распор и снятие распора реборд; разгрузка и распор гидростоек; передвижка (подтягивание) секции крепи и передвижка конвейерной линии.

На шахте Саранская отработка выемочного участка ведется с использованием комплекса «Фазос 24/53», включающего механизированную крепь «Фазос 24/53 Поз», очистной комбайн SL 500 фирмы «Айкхофф» и лавный конвейер PF-4 фирмы DBT. Питание гидропривода осуществляется насосной станцией AZE-4 фирмы «POWEN» с номинальным давлением 32 МПа и расходом рабочей жидкости 140 л/мин. Этот комплекс является самым мощным и металлоемким (масса линейной секции крепи составляет 34,5 тонны) из всех, применяемых в Карагандинском угольном бассейне. Длина лавы составляет 180 м (118 секций с шириной основания 1,5 м), мощность вынимаемого пласта равна 4,2 м, ширина захвата комбайна – до 0,67 м. Проектная нагрузка на забой составляет: суточная – 10 000 т; месячная – 260 000 т.

Конструкция крепи обеспечивает механизацию следующих работ: распор секции между кровлей и почвой; разгрузку секции крепи; передвижку секции, по отработке полосы, на забой; защиту кровли выдвижной консолью (в сложных кровельных условиях); передвижку забойного конвейера; корректировку установки секции; удержание груди забоя. Всего 20 рабочих операций, причем некоторые из них в процессе работы могут не использоваться при отсутствии необходимости.

Методика проведения хронометражных наблюдений заключалась в фиксации начала и окончания каждой из рабочих операций с помощью секундомера в процессе работы механизированного комплекса. Полученные результаты заносятся в таблицы, которые затем обрабатывались с помощью компьютерной программы SPSS v11.0.1 и строились гистограммы распределения длительностей отдельных операций (рисунок 1).

На рисунке 1 в качестве примера приведены гистограммы длительностей рабочих операций при передвижке крепи комплекса «Пиома 25/45-ОЗ». Как видно из приведенного рисунка, длительности

рабочих операций распределены по произвольным законам с соответствующими математическими ожиданиями (M_{1-8}), значения которых приведены на рисунке для каждой операции. Наиболее затратными по времени оказались две последние операции по передвижке секции крепи (13,5 с) и групповому перемещению секций конвейерной линии (29,1 с).

Аналогичные гистограммы распределений были получены и для комплексов «Фазос 12/28», «Фазос 24/53» и 2ОКП70К.

Долю каждой рабочей операции в цикле передвижки крепи для всех рассмотренных комплексов хорошо иллюстрирует рисунок 2.

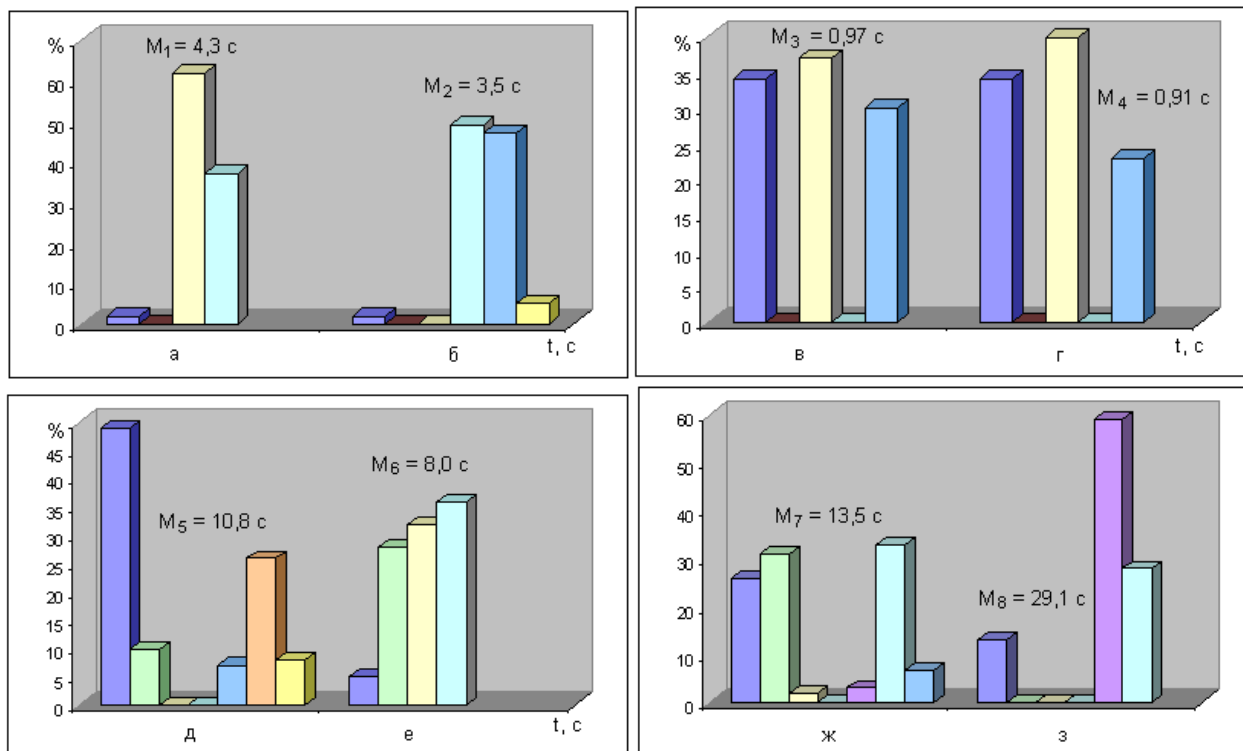
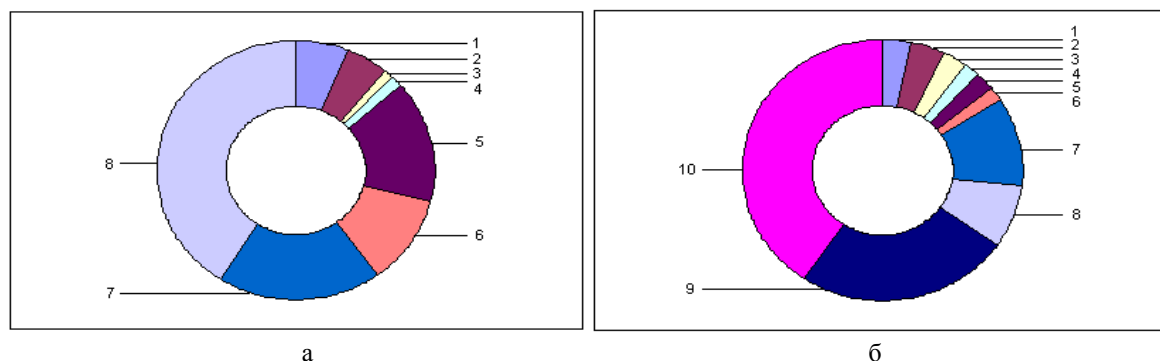


Рисунок 1 – Гистограммы продолжительности рабочих операций по передвижке крепи комплекса «Пиома 25/45-ОЗ»: а, б – разгрузка и распор домкрата УГЗ; в, г – разгрузка и распор домкратов реборд; д, е – разгрузка и распор гидростоек; ж, з – передвижка секции крепи и группы секций конвейера



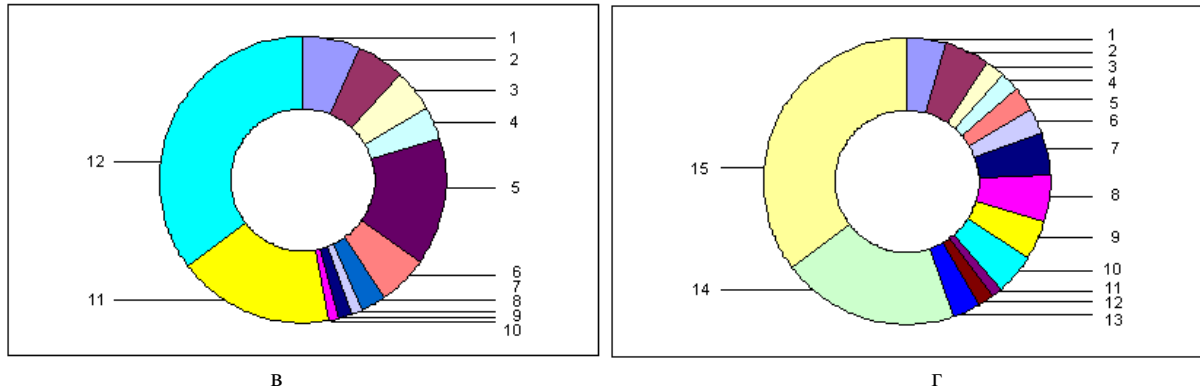


Рисунок 2 – Диаграммы циклов передвижки крепей комплексов

«Пиома 25/45-ОЗ» (а), 20КП70К (б), «Фазос 12/28» (в) и «Фазос 24/53» (г)

Как видно из рисунка, количество рабочих операций, обозначенных на диаграммах соответствующими секторами, различно для разных комплексов. Так, для комплекса «Пиома 25/45-ОЗ» их 8, а для комплекса «Фазос 24/53» – 15. Для всех комплексов две последние операции по передвижке секции крепи и перемещению секций конвейера являются наиболее продолжительными. Вместе они

составляют более 50 % общей продолжительности цикла передвижки секции крепи.

Таким образом, для сокращения продолжительности цикла в первую очередь необходимо увеличить скорость перемещения цилиндра и штока гидродомкрата передвижки крепи. Такой эффект может быть достигнут за счет соответствующей модернизации гидропривода механизированного угледобывающего комплекса.

УДК 622.271

САБДЕНБЕКУЛЫ О,
ЖУНУСОВА Г.Е.,
СТАРОСТИНА О.В.,
ОЛЕНИК С.П.

Определение границ зон деформаций породного массива

Определение границ зон деформации массива при ведении добычных работ на месторождениях осуществляется по методу БАБО, подробно описанному в работе [1], на основе паспортов прочности, построенных отдельно для каждого типа горных пород на основе результатов лабораторных исследований ТОО «Центргеоланалит» [2]. Границы зон деформации массива представляют собой поверхности, по которым горные породы могут сдвигаться и смещаться в сторону выработанного пространства. Сдвиг и смещение части массива горных пород произойдет под влиянием их собственного веса, равного высоте столба породы на единичной площадке в массиве. Поверхности сдвига формируются совокупностью единичных площадок, которые являются последовательным продолжением одна другой с ростом глубины (H_i). На геологических разрезах (профилях) поверхности сдвига выражаются в виде кривых линий. Координаты концевых точек единичных площадок, формирующих кривые поверхностей сдвига, определяются по следующим зависимостям (1-4):

$$\chi_1 = 0,5 \cdot (\sigma_i - \sigma_a) \left[(\tilde{n} \cos \beta_i / \sin^2 \beta_i) - \ln \operatorname{tg} (\beta_i / 2) \right] \cdot \sin \beta_i, \quad (1)$$

$$\chi_2 = (\sigma_i - \sigma_a) \left[\ln \operatorname{tg} (\beta_i / 2) \right] \sin \beta_i, \quad (2)$$

$$\chi_3 = 0,5 (\sigma_i - \sigma_a) \left[(\cos \theta_i / \sin \theta_i) - \ln \operatorname{tg} (\theta_i / 2) \right] \sin \theta_i, \quad (3)$$

$$y_i = (\sigma_{ni} + \tau_{ni} \operatorname{tg} \theta_i) / \gamma_i, \quad (4)$$

где χ_1 , χ_2 и χ_3 – соответственно, абсциссы кривых поверхностей сдвига первого, второго и третьего семейства;

y_i – ордината точек кривых поверхностей сдвига; σ_{ni} и τ_{ni} – величины напряжения, известные из построения паспорта прочности породы;

$$\theta_i = 45^\circ + 0,5 \rho_i \quad (5)$$

– для начальной части огибающей кривой в пределах $0 \leq \tau_{ni} \leq \tau_{n}^{\text{нв}}$;

$$\rho_i = \arctg \left\{ \frac{P}{2 \sqrt{P(\sigma_{ni}) + \sigma_a}} \right\} \quad (6)$$

– для остальной части огибающей кривой, когда $\tau_{n}^{\text{нв}} \leq \tau_{ni}$;

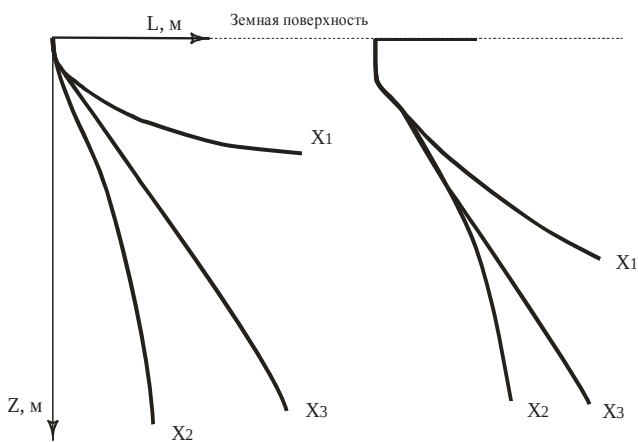
$$\rho_i = \arctg \left(e^{-(\sigma_{ni} / \sigma_{\text{нв}}) + 0,5(1 - \sin \rho_{\text{нв}}) \operatorname{tg} \rho_{\text{нв}}} \right) \quad (7)$$

$$\sigma_a = \sigma_\delta / \gamma \quad (8)$$

$$\beta_i = \arctg (\tau_{ni} / \sigma_{ni}) \quad (9)$$

Кривые поверхностей скольжения определяются по точкам, координаты которых вычисляются с использованием уравнения (1). Результаты расчетов для распространенного типа пород Акжальского месторождения – массивного известняка – приведены в таблице 1. При построении кривых по вычисленным координатам их точек за ось абсциссы (x) принимается уровень земной поверхности, а за

ординату (y) – линия, перпендикулярная земной поверхности с возрастанием сверху вниз, что соответствует росту высоты столбов породы в массиве H_i (глубины расположения единичных площадок) (рисунок 1а,б).



а) б)
Рисунок 1 – Кривые скольжения в массиве горных пород: а – массивный известняк с бедной минерализацией $\sigma_{\text{нн}} = 80,7 \text{ МПа}$; $\sigma_{\delta} = 7,4 \text{ МПа}$;
б – кремнисто-глинистый известняк $\sigma_{\text{нн}} = 112,3 \text{ МПа}$; $\sigma_{\delta} = 6,6 \text{ МПа}$

Кривые поверхностей скольжения обладают следующими особенностями:

– кривая x_1 является линией действия тангенциальных (касательных) напряжений в массиве;

Таблица 1 – Вычисление координат точек линий скольжения Акжальского месторождения

№ п/п	Параметры для вычисления координат					Координаты точек линий скольжения			
	$\sigma_{\text{нн}}, \text{Т/М}^2$	$\tau_{\text{нн}}, \text{Т/М}^2$	$\rho_{\text{н}}, \text{град}$	$\beta_{\text{н}}, \text{град}$	$\theta, \text{град}$	$Y_{\text{н}}, \text{м}$	$X_1, \text{м}$	$X_2, \text{м}$	$X_3, \text{м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-56,8	0,00	0,86	0,00	89,95	0,0	-10,5	0	0
2	0,0	184,20	0,78	90,00	74,17	240,7	0,0	0	0
3	184,2	379,50	38,21	64,11	64,11	357,8	152,6	141,8	152,6
4	100,0	310,22	40,66	72,13	65,33	287,2	83,1	80,3	114,9
5	200,0	391,83	37,76	62,96	63,88	370,1	165,3	152,5	159,6
6	300,0	465,42	34,93	57,19	62,47	441,8	242,9	214,5	202,9
7	400,0	531,78	32,20	53,05	61,10	504,9	316,4	268,7	245,2
8	500,0	591,60	29,59	49,80	59,79	561,6	386,9	316,9	286,6
9	600,0	645,55	27,11	47,09	58,56	613,2	455,3	360,3	327,2
10	1000,0	813,25	18,69	39,12	54,35	790,3	724,1	502,3	484,3
11	1500,0	945,34	11,40	32,22	50,70	983,3	1082,1	637,2	671,9
12	2000,0	1024,06	6,85	27,11	48,43	1168,3	1492,3	743,8	851,8
13	2500,0	1070,98	4,09	23,19	47,05	1352,0	1968,5	830,1	1024,6
14	3000,0	1098,94	2,44	20,12	46,22	1535,8	2518,2	901,1	1191,4
15	4000,0	1125,53	0,86	15,72	45,43	1904,7	3852,4	1010,5	1511,9
16	6000,0	1138,33	0,10	10,74	45,05	2644,6	7492,4	1156,2	2126,3
17	8000,0	1139,95	0,01	8,11	45,01	3385,2	12432,9	1256,1	2729,9

– кривая x_2 является линией действия в массиве нормальных напряжений, ортогональных линиям x_1 . Такое взаимное расположение кривых указывает на то, что в земной коре массив горных пород находится под действием вертикальных (γH), нормальных и касательных напряжений, что соответствует общему представлению о распределении напряжений в ненарушенном массиве;

– третье семейство кривых в земной коре реализуется в случае образования граничных условий, связанных с замкнутыми контурами выработанных пространств (например, очистное пространство сверху ограничено потолочным целиком, а по бокам междуканерными целиками);

– совокупность трех семейств кривых характеризует в земной коре непрерывное поле напряжений, поэтому кривые, построенные в данной работе на профилях, не являются единичными. Кривые на профилях являются последними границами смещающихся объемов массива в сторону выработанного пространства;

– кривые поверхностей сдвигов строятся отдельно для каждого типа горных пород, слагающих массив на рассматриваемом участке.

Оценка состояния карьерных откосов при комбинированной отработке месторождений в зоне влияния подземных горных работ выполняется в следующей последовательности:

– массив горных пород под бортом карьера выделяется от общего (нетронутого) массива вертикальной линией (рисунок 2);

– в нетронутой части массива строятся кривые линий поверхностей сдвига (в данном случае x_2) и проводятся прямые линии, соединяющие нижнюю ее точку с верхней, что является суммарным нормальным напряжением;

– от нижних точек прямых, соединяющих верхние и нижние точки, проводятся прямые, отклоненные от предыдущих кривых на угол $\omega = (90^\circ + \rho)$;

– выбираются наиболее вероятные кривые поверхностей сдвигов на основе выполненных предрасчетов на компьютере, которые являются потенциальными поверхностями скольжения;

– выполняются расчеты по оценке устойчивости пород массива вокруг карьерного пространства.

Некоторые параметры зон возможных сдвижений и деформаций массива горных пород Центрального рудного поля Акжальского месторождения приведены в таблице 2.

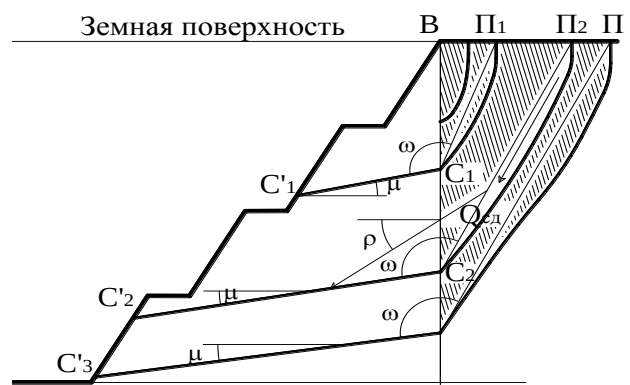


Рисунок 2 – К оценке устойчивости карьерных откосов

Выполненные расчеты и анализ их результатов позволили определить границы зон деформирования прибортового массива горных пород при комбинированной отработке месторождения.

Таблица 2 – Параметры зон деформаций массива горных пород Центрального рудного поля Акжальского месторождения

Проф иль	Рудное тело	Глубина залегания рудного тела верх/низ	Параметры зон деформаций			
			Северный борт		Южный борт	
			тип породы	угол сдвижения	тип породы	угол сдвижения
М	ОСН	394,8/334,6	массивный известняк	62°	диоритовый порфирит	66°
К	ОСН	350,16/-	диоритовый порфирит	74°	диориты, кварцевые диориты	84°
Л	ОСН	386,1/-	массивный известняк	75°	массивный известняк	76°
Е	ОСН	456,2/325,6	массивный известняк, диоритовый порфирит	77°	массивный известняк, диориты, кварцевые диориты	66°
Ж	ОСН	412,9/344,8	диоритовый порфирит	73°	массивный известняк	63°
Г	ОСН	434,5/336,4	массивный известняк	77°	диориты, кварцевые диориты	63°
Д	ОСН	442,7/315,4	массивный известняк	79°	массивный известняк, диориты, кварцевые диориты	77°
Б	ОСН	548,0/352,4	массивный известняк	72°	диориты, кварцевые диориты	69°
В	ОСН	394,7/350,4	массивный известняк	78°	диориты, кварцевые диориты	69°
А	ОСН	537,8/401,0	массивный известняк, диориты, кварцевые диориты	69°	массивный известняк, нижний кремнисто- глинистый известняк	68°
І	ОСН	462,1/429,5	массивный известняк, нижний кремнисто- глинистый известняк	72°	массивный известняк	71°

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сәбденбекұлы Ө. Геомеханика // Инновациялық орталық № 1. ҚР. Қарағанды: САНАТ-Полиграфия, 2009. 450 б.
2. Пересчет запасов свинцово-цинковых руд месторождения Акжал. Совместное предприятие ТОО «Novo – цинк» и ЗАО «Центргеолсъемка». Караганда, 2000.

ДЕМИН В.Ф.,
ПОРТНОВ В.С.,
ДЕМИН В.В.,
СМАГУЛОВА А.С.

Определение области первоначального расслоения приконтурных пород для прогноза устойчивости пород кровли и боков подготовительных выработок

В Карагандинском бассейне большое применение получила комбинированная крепь – из металлоарочной и анкерной. Сравнительные исследования проявлений горного давления в выемочных выработках с различными видами крепления позволили установить характер их эксплуатационной работоспособности. При этом деформации выработок, комбинированной анкерно-рамной крепью, меньше в 3-4 раза, чем при металлорамной крепи.

С использованием ограниченно податливой крепи увеличивается расстояние между рамами и снижается расход металла, приближая поведение приконтурного массива к упруго-пластической модели твёрдого тела.

Конструкция крепи должна предотвращать рост зон разрушения (не упругих деформаций) в приконтурной части боковых пород при их обнажении. При этом по изолиниям долговечности определяются зоны разрушения в краевой части выработки в разные промежутки времени с момента обнажения.

Для ограниченно податливой крепи характерна упруго-пластическая модель с разупрочнением. Здесь установка такой анкерной крепи в слабых породах приведет к образованию ближайшей по времени зоны разрушения. Образующийся свод-мост перераспределяет воздействие горного давления от сдвижения вышележащих пород на пяты свода – прилегающие боковые породы, что останавливает процесс формирования вертикальной нагрузки зон разрушения над крепью выработки.

Произведено исследование способа, обосновывающего применение ограничено податливой анкерной крепи, которая влияет на развитие зон разрушения в приконтурных породах посредством связывания и упрочнения их в пределах первоначальных зон расслоения, образующихся вне зоны влияния очистных работ, для создания предохранительного моста, распределяющего давление на пяты свода и играющего в последующем в зоне опорного давления роль перераспределителя пригрузки от пришедших в сдвижение вышележащих пород.

Определение области первоначального расслоения пород позволяет прогнозировать устойчивость и обрушаемость пород кровли и боков выработок с целью выбора рациональных параметров их проведения [1]. Для определения расслоения пород проведен дистанционный контроль оценки НДС горных массивов, разрушения кровли и смещений боков выработок посредством приборов контроля деформации КДМ-1 и КДМ-2 (конструкции ВНИМИ, Россия). С помощью первого прибора осуществлялся визуальный контроль за расслоениями в массиве, а прибором КДМ-2 количественно оценивалось

смещение массива и расслоение в породах кровли (рисунок 1).

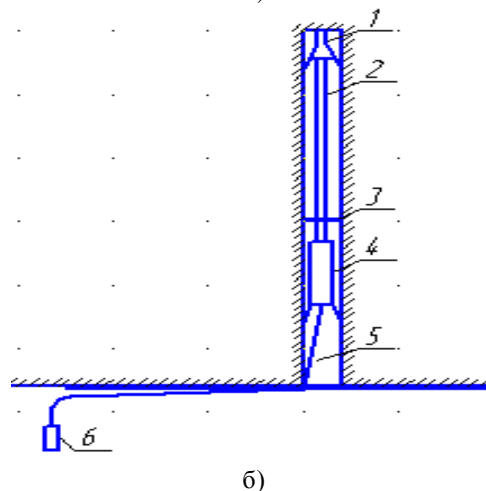
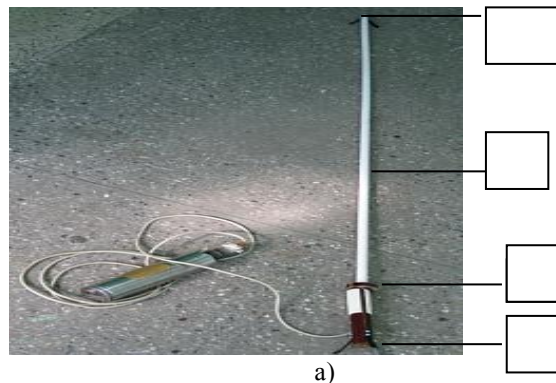


Рисунок 1 – Общий вид (а) и схема производства замеров (б) приборами контроля деформаций массива КДМ-1 и -2: 1, 2 – базовый репер и его шток; 3 – упорная шайба; 4 – датчик; 5 – соединительный кабель; 6 – прибор КДМ-2

Смещения замерялись в приконтурных породах на конвейерном штреке 71к₁₀ – в шахты «Саранская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» на глубине 450 м.

Для контроля были пробурены 3 шпура (центральный и два под углом 45° к нему) в кровлю выработки (рисунок 2).

Непосредственная кровля пласта представлена среднеустойчивыми аргиллитами мощностью от 1 до 5 м прочностью 15-20 МПа с расстоянием между трещинами 0,5 м и основной труднообрушаемой кровлей мощностью 24-30 МПа, сложенной песчаником прочностью 65-70 МПа.

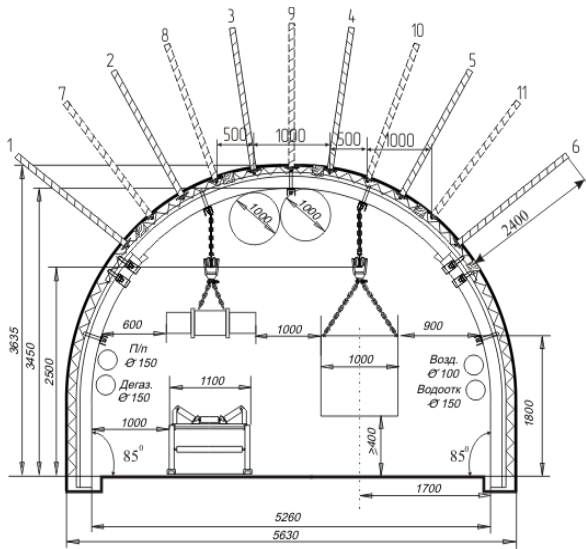


Рисунок 2 – Эксперимент по увеличению податливости анкера

Вне зоны влияния очистных работ первый контур расслоений произошел через 20 мин на расстоянии от выработки 1,6 м, через 25 суток на расстоянии 1,8 м и через 3 месяца – 2,2 м. Оценка степени влияния управляемости пород кровли на деформируемость горного массива показала, что при легко- и среднеуправляемых породах в кровле, почве и пространстве боковых стенок плоскости трещин

образуются на расстоянии 2,5 – 2,9 м от контура выработки, а при трудноуправляемых породах – в кровле непосредственно над выработкой.

В зависимости от управляемости вмещающих горных пород степень развития интенсивности трещинообразования рассмотрена при трапецевидной форме сечения выработки. Наиболее удалено распространяется трещинообразование, причем со всех сторон выработки, на расстоянии от контура 2,4 – 2,5 м и ещё менее удалено (0,4 – 0,5 м) у боковых стоек в почве вблизи выработки – при легко- и среднеуправляемой кровле. При трудноуправляемой кровле трещины в кровле приближены к выработке и находятся на расстоянии от сечения выработки, не превышающем 0,5 м (рисунок 3).

Наиболее опасными являются растягивающие напряжения, расположенные перпендикулярно напластованию и превосходящие пределы прочности на контактах и вызывающие отслоение пород с отрывом слоев друг от друга, а затем их обрушение. Процесс расслоения пород происходит под действием касательных напряжений, направленных вдоль напластования, которые вызывают проскальзывание слоев. Величина сцепления на площадках контактного прослойка, сложенного углистым прослоем при аргиллите составила 0,1, а при песчанике – 0,4 МПа.

Из рисунка 4 видно, что образовалось три расслоившихся контакта слабых пород.

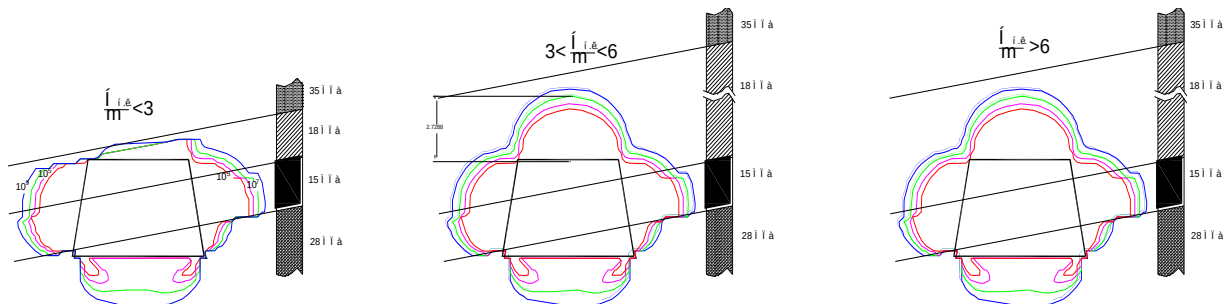


Рисунок 3 – Влияние управляемости пород кровли на деформируемость горного массива

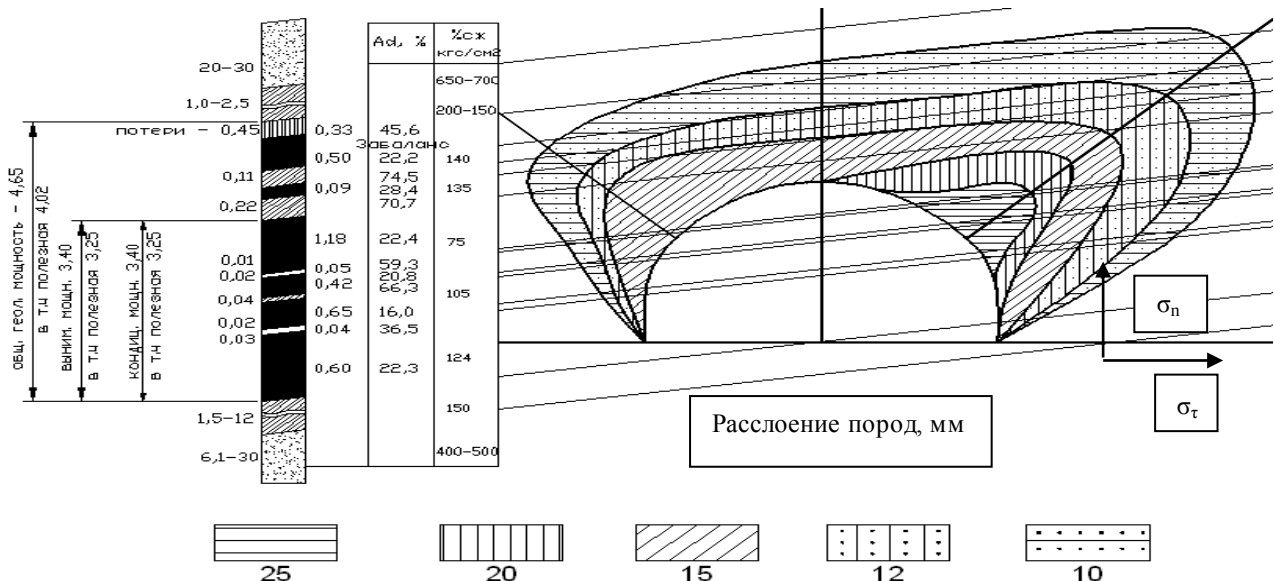


Рисунок 4 – Зоны расслоения приконтурного массива пород конвейерного штрека 71к10-в шахты «Саранская»

Обработка экспериментальных данных позволила получить зависимость модуля трещиноватости от мощности слоя и предела его прочности на растяжение (рисунок 5).

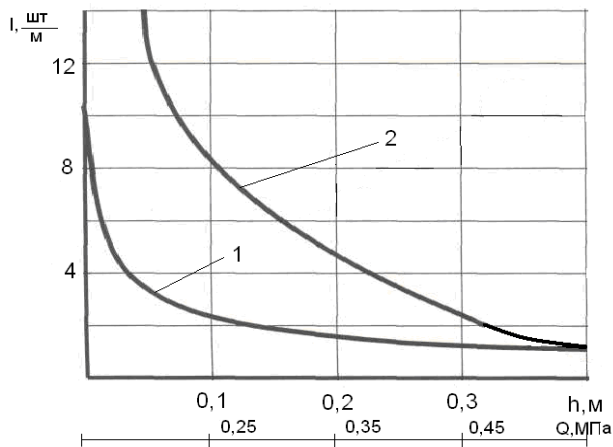
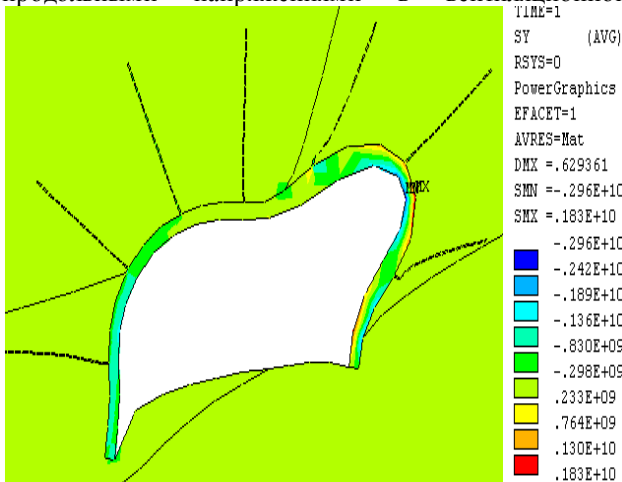
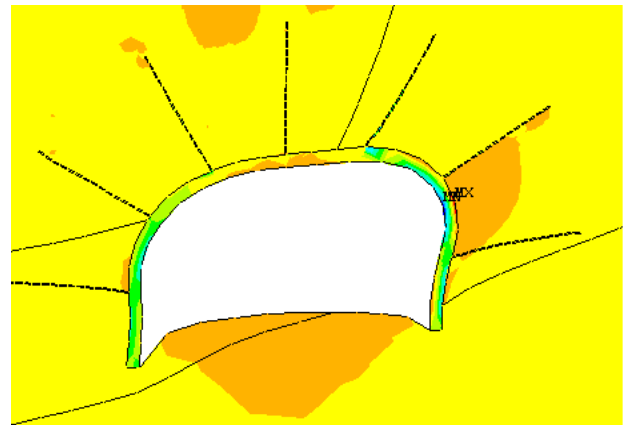


Рисунок 5 – Зависимость модуля трещиноватости (I) от мощности слоя ($h - 1$) и предела прочности на растяжение ($Q_c - 2$)

Для заданных выше условий разработки выполнено аналитическое моделирование методом конечных элементов. На рисунке 6 представлены деформационные картины областей с равными продольными напряжениями в вентиляционной



а)



б)

Рисунок 6 – Деформационные картины областей с равными продольными напряжениями в вентиляционной выработке с комбинированной крепью (металлорамной и анкерной):

а) – стандартными $k_y=1,5$; б) – ограничительно податливыми $k_y=2,0$

Устойчивость контуров конвейерного штрека 71к10-в шахты «Саранская» в зависимости от технологических параметров крепления

$A_n, \text{кН}$	T_c	$L_a, \text{м}$	$D_y, \text{шт/м}^2$	$P_c, \text{кПа}$	$C_k, \text{мм}$	$P_m, \text{м}$	Y_k
анкера без податливости							
12	1	1,8	1,0	70	590	0,9	0,1
12	1	2,0	0,93	100	540	0,91	0,1
12	1	2,2	1,2	155	460	0,92	0,5
12	1	2,0	0,9	170	435	0,93	0,6
12	2	2,2	1,2	190	390	0,95	0,85
ограничительно податливые анкера							

15	1	2,2	1,28	235	350	0,4	0,9
15	1	2,4	1,2	275	300	0,4	0,91
15	2	2,4	1,28	295	295	0,38	0,92
15	2	2,4	1,28	240	285	0,35	0,93
15	2	2,4	1,28	375	260	0,3	0,95

A_n – несущая способность анкерной крепи, т;

T_c – количество рядов крепи усиления из ремонтин;

L_a – длина анкеров, м;

D_y – плотность установки анкеров, анкер/м²;

P_c – суммарное сопротивление рамной, анкерной и крепи усиления;

C_k – смещения кровли, мм;

P_m – расслоения горного массива в зоне установки анкерной крепи, м.

Статистическая обработка результатов эксперимента при возведении податливых анкеров при устойчивых породах кровли в зоне влияния очистных работ с крепью усиления (стоек под профили) позволила выявить эмпирическую зависимость устойчивости выработки от влияющих факторов (при коэффициенте корреляции $R^2=0,99$):

$$V_k = 4,84 - 0,08A_n - 0,08T_c - 0,77L_a + 0,72D_y - 0,01P_c - 0,04C_k - 0,51P_m \quad (1)$$

По критерию Стьюдента существенна зависимость V_k от A_n , D_y , C_k , несущественна – от T_c и L_a и минимальна – от P_c и P_m .

Непосредственно под лавой в зоне опорного давления устанавливалась крепь усиления из 1-2-х рядов клиновых или гидростоек под две нитки профилей. В этих условиях увеличение расчетного сопротивления анкерной крепи (за счет узла податливости) с 60 до 140 кПа (кН/м²) позволяет уменьшить расслоения пород кровли с 0,45 до 0,3 м (в 1,5 раза).

При малом количестве расслоившихся контактов (до трех штук) слабых пород для обеспечения удовлетворительного состояния пород кровли расчетное сопротивление анкерной крепи должно составлять 140-200 кПа при длине анкеров до 2,4 м. Проведенные испытания на шахте «Саранская» позволили установить, что при устойчивой кровле (прочность пород на одноосное сжатие R_c более 60-80 МПа) плотность установки составляет 1 анкер/м² (таблица).

Дальнейшее увеличение длины, прочности на разрыв стержней анкерной крепи, плотности ее установки в таких условиях технически и

экономически нецелесообразно, так как не приводит к заметному уменьшению смещений пород кровли и ее состояния, только снижает темпы проведения горных выработок.

Результаты выполненных аналитических и экспериментальных исследований показали их относительную сходимость по деформационным характеристикам. Таким образом, для более полного использования несущей способности комбинированной крепи и повышения устойчивости выработки в зоне опорного давления целесообразно применение ограниченно податливой с переводом в жесткий режим эксплуатации анкерной крепи. Анкера связывают отдельные малосвязанные слои пород в единую грузонесущую конструкцию составной плиты, тем самым увеличивают сцепление и трение между слоями. За счет натяжения анкеров между слоями пород возникают дополнительные силы трения. При этом устойчивость составной плиты, стянутой поперек слоев анкерами, приближается к устойчивости монолитной толщи пород.

Кровля, анкерированная комбинированной податливой анкерно-рамной крепью, работает в трех циклах эксплуатации: жестком режиме, режиме податливости с расслоением и сдвижением породных напластований и режиме длительной устойчивости с постоянной несущей способностью, обустроенной подпором анкерной и рамной крепей и самозаклинивания породных блоков. При жесткой крепи возрастание нагрузки влечет пропорциональный рост касательных напряжений, а при податливой – их относительную стабильность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демина Т.В. Исследования изменения нагрузки на очистной забой от влияющих факторов // Тр. ун-та, Караганда. КарГТУ, 2006. № 1. С. 11–14.

УДК 622.831.325.3

**БРЮХАНОВ Д.А.,
АВДЕЕВ Л.А.**

Разработка специализированного контроллера параметров дегазации на вакуум-насосной станции

Разрабатываемый специализированный контроллер входит в состав автоматизированной системы контроля параметров метановоздушной смеси в трубопроводах дегазационной вакуум-насосной станции (ВНС). К таким параметрам относятся

концентрация метана, давление в трубопроводе, а также скорость (расход) и температура смеси.

Автоматизированная система контроля параметров дегазации (далее система) предназначена для организации автоматизированного рабочего места

(АРМ) оператора ВНС. АРМ представляет собой персональную ЭВМ, в которой функции обработки и хранения информации, а также рабочий интерфейс могут обеспечиваться при помощи SCADA-системы либо с помощью специально разрабатываемого графического приложения.

Основные функции АРМ:

- непрерывный контроль концентрации метана и окиси углерода, а также скорости (расхода), давления и температуры газовой смеси;
- обработка, регистрация и представление оперативной информации о динамике контролируемых параметров в реальном масштабе времени;
- световая и звуковая сигнализация при достижении предельно допустимых режимов работы.

Кроме перечисленных основных функций АРМ, в систему было решено ввести несколько дополнительных функций:

- передачи на АРМ информации о состоянии вакуум-насосов (включен/выключен);
- контроля концентрации метана в машинном зале ВНС для обнаружения опасных утечек;
- управления пускателем проветривающего воздушного вентилятора и сигнальным устройством, предупреждающим об опасности в случае утечки.

Образующие систему средства автоматизации условно можно разделить на средства нижнего, среднего и верхнего уровней. К нижнему уровню относятся: аппаратура контрольно-измерительных станций (КИС), датчик концентрации метана в машинном зале (ДКМ), сигнальное устройство (СУ), а также пускатель воздушного вентилятора (ПВВ) и пускатели вакуум-насосов.

К верхнему уровню относится персональная ЭВМ оператора, включающая специализированное программное обеспечение.

Связь верхнего и нижнего уровней системы должна обеспечиваться при помощи разрабатываемого специализированного контроллера.

Контроллер должен выполнять следующие функции:

- прием и обработку стандартных аналоговых сигналов 4...20 мА постоянного тока минимум с двух контрольно-измерительных станций (концентрация метана, концентрация окиси углерода, абсолютное давление, температура и скорость смеси – 5 сигналов с каждой станции);
- прием и обработку аналогового сигнала 4...20 мА от датчика концентрации метана в машинном зале ВНС;
- прием и обработку дискретных сигналов (сухой контакт) о состоянии минимум восьми вакуум-насосов (включен/выключен) с цепей пускателей;
- телеуправление пускателем воздушного вентилятора и сигнальным устройством по определенному алгоритму в соответствии с сигналом ДКМ;
- светодиодную индикацию состояния цепей аналоговых сигналов, а также состояния тревоги при утечке метана в помещении;

– передачу информации о дискретных и аналоговых входных сигналах, а также о состоянии тревоги в ПЭВМ через последовательный интерфейс по одному из стандартных протоколов обмена информацией.

К разрабатываемому устройству предъявляются следующие технические требования:

- питание контроллера должно осуществляться от сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц;
- должна быть обеспечена электрическая изоляция (гальваническая развязка) следующих электрических цепей:

- 1) искробезопасных цепей аналоговых входных сигналов;
- 2) цепей дискретных входных сигналов;
- 3) цепи управления пускателем воздушного вентилятора;
- 4) цепи управления сигнальным устройством;
- 5) искробезопасных цепей питания контроллера;

– входное сопротивление цепей сигналов 4...20 мА не должно превышать 180 Ом (учитываются максимальное нагрузочное сопротивление датчиков – 200 Ом и сопротивление токоведущих жил кабеля);

– ошибка оцифровки аналоговых сигналов должна быть сведена к минимуму (достаточная точность составляет $\pm 0,1$ % от диапазона).

После исследований различных вариантов технических решений по устройству контроллера были приняты следующие положения.

1) Для выполнения функций приема, обработки и выдачи информации было решено использовать микроконтроллер, который должен стать центральным звеном разрабатываемого устройства, координирующим работу всех периферийных узлов.

2) Передачу информации в ПЭВМ наиболее просто аппаратно и программно реализовать через интерфейс RS-232 (COM-порт) в текстовом формате ASCII.

3) Для обработки микроконтроллером аналоговых сигналов требуется их оцифровка, кроме того, необходима гальваническая развязка сигнальных цепей. Для решения этих задач было принято использовать изолированный АЦП последовательным интерфейсом (АЦП с параллельным интерфейсом требует большего количества оптопар и задействованных выводов микроконтроллера).

4) Система требует обработки минимум одиннадцати аналоговых сигналов. Использование отдельного АЦП на каждый канал технически и экономически невыгодно, поэтому было решено использовать одну микросхему АЦП и коммутатор сигналов (аналоговый мультиплексор) для поочередного подключения каналов к измерительному резистору.

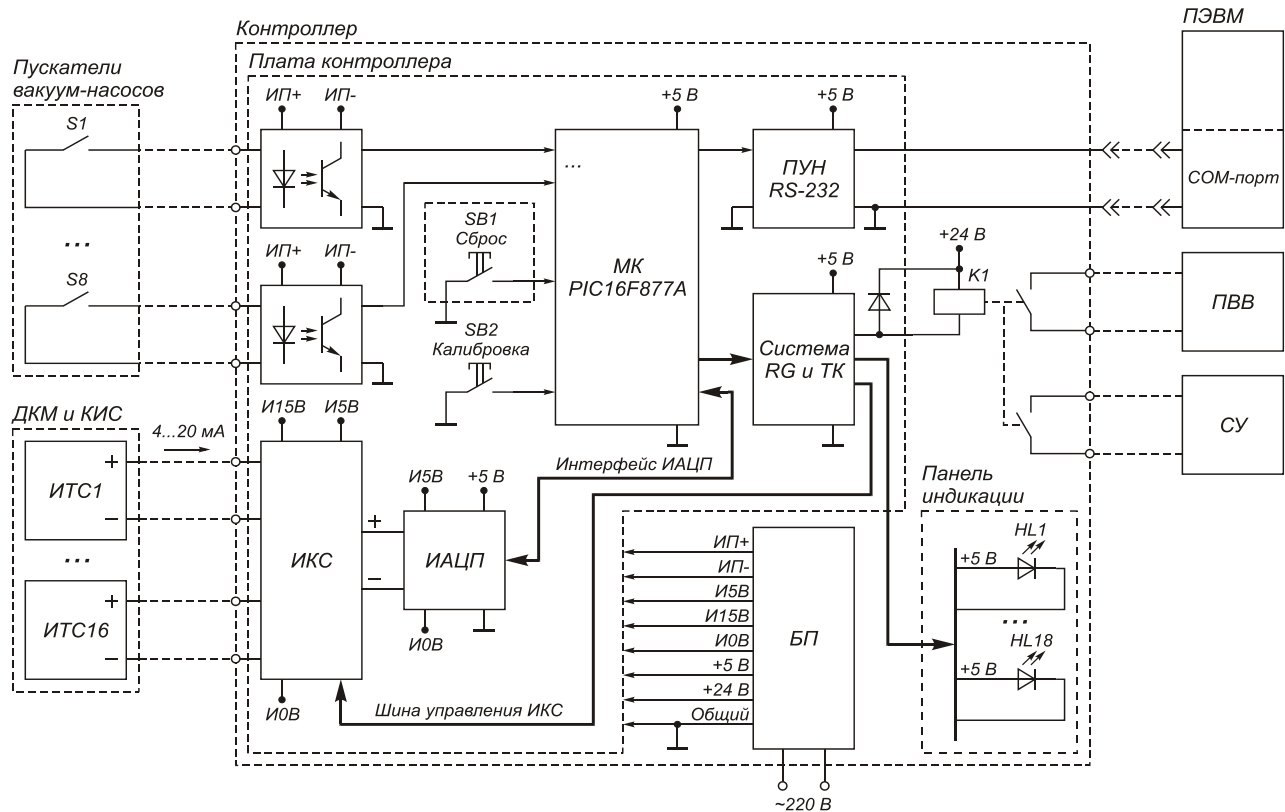
5) Исследование характеристик аналоговых мультиплексоров различных типов показало, что сопротивление открытого канала ключей для них обычно составляет сотни Ом, лишь для немногих микросхем оно находится в пределах 50–100 Ом. Это накладывает ограничения на величину сопротивления измерительного резистора и амплитуду сигнала на входе АЦП. Следовательно, для обеспечения

требуемой точности необходимо увеличивать разрядность АЦП либо предварительно усиливать сигнал.

В соответствии с принятыми положениями была разработана функциональная схема контроллера (рисунок).

Контроллер рассчитан на прием восьми дискретных сигналов с контактов S1...S8 цепей

пускателей вакуум-насосов и шестнадцати аналоговых сигналов 4...20 мА с источников токовых сигналов ИТС1... ИТС16. Первый канал аналоговых сигналов выделен для подключения датчика концентрации метана в машинном зале ДКМ. Остальные каналы предназначены для подключения нормирующих преобразователей контрольно-измерительных станций КИС.



Функциональная схема контроллера

Устройствами вывода для контроллера являются персональная ЭВМ оператора, пускатель воздушного вентилятора ПВВ и сигнальное устройство СУ.

Контроллер включает в себя следующие узлы и элементы.

1) Блок питания БП с несколькими (в том числе изолированными) источниками напряжения. Сложность разработки блока питания заключается в необходимости выбора трансформатора с несколькими обмотками нужного напряжения. Возможно применение импульсного блока питания, но при этом в контроллере должны быть приняты меры борьбы с электромагнитными помехами.

2) Однокристальный микроконтроллер (МК) MICROCHIP PIC16F877A, выбранный по следующим соображениям.

Микроконтроллер имеет 33 канала ввода/вывода (5 двунаправленных портов), что позволяет обеспечить связь с достаточно сложными периферийными устройствами.

МК имеет несколько встроенных модулей, значительно облегчающих реализацию некоторых интерфейсов. МК содержит модуль универсального синхронно-асинхронного приемопередатчика (USART), который может быть использован для

формирования последовательности импульсов интерфейса RS-232. Имеется встроенный модуль ведущего синхронного последовательного порта (MSSP), обеспечивающий поддержку периферийного интерфейса SPI, используемого большинством современных АЦП.

Кроме того, МК обладает достаточным быстродействием и объемами памяти программ и памяти данных (ОЗУ). МК содержит также программируемое ПЗУ (EEPROM).

Программу микроконтроллера планируется написать на языке Си. При ее разработке следует учесть инерционности некоторых элементов контроллера, а также внешних устройств (например, источников сигналов 4...20 мА), которые могут существенно отразиться на результатах работы устройства и точности передачи информации.

3) Узел гальванической развязки дискретных сигналов, выполненный на транзисторных оптопарах. Ток через контакты S1...S8 и излучающие диоды оптопар создается источником изолированного питания ИП+, ИП- блока питания.

4) Узел гальванической развязки аналоговых входных сигналов, включающий в себя узел изолированного коммутатора сигналов (ИКС) и узел

изолированного аналого-цифрового преобразователя (ИАЦП).

Узел ИКС состоит из аналогового мультиплексора и схемы оптической изоляции. Управление мультиплексором производится микроконтроллером через четырехразрядную шину адреса. Для передачи гальванически разделенных управляющих сигналов требуется довольно большой ток через излучающие диоды оптопар, поэтому сигналы МК перед этим подаются на транзисторные ключи (система ТК). Достоинством применяемого шестнадцатиканального аналогового мультиплексора ADG406BN является низкое сопротивление открытого канала ключей – 80 Ом при однополярном питании 15 В. Снижение сопротивления до 50 Ом может быть обеспечено при использовании двухполярного питания микросхемы ± 15 В.

Узел ИАЦП включает в себя измерительный резистор, фильтр нижних частот, аналого-цифровой преобразователь и схему изоляции, выполненную на высокоскоростных оптопарах и транзисторных ключах. В зависимости от типа АЦП, возможно, в схеме потребуется внешний источник опорного напряжения и кварцевый резонатор. Наиболее совместимы с микроконтроллером АЦП с последовательным интерфейсом стандарта SPI.

Так как амплитуда входного сигнала АЦП ограничена допустимым сопротивлением каналов 4...20 мА, при сопротивлении измерительного резистора номиналом 10 Ом размах входного напряжения составит 0,16 В. Большинство существующих АЦП работают с опорным напряжением 2,5 В, поэтому для обеспечения требуемой точности преобразования ($\pm 0,1$ %) необходим АЦП с количеством разрядов не менее 16. Некоторые типы АЦП имеют настраиваемую функцию деления опорного напряжения (усиления сигнала). Для таких АЦП необходимая разрядность может быть меньше.

5) Систему регистров и транзисторных ключей (RG и ТК). Два восьмиразрядных регистра с параллельно соединенными входами используются для сокращения с 16 до 8 числа задействованных выводов микроконтроллера в схеме управления индикационными светодиодами HL1...HL16. Транзисторные ключи служат для усиления мощности выходных сигналов МК.

6) Преобразователь уровней напряжения ПУН $5/\pm 10$ В для интерфейса RS-232 (используется микросхема MAX232A).

7) Промежуточное электромагнитное реле К1 (типа РП 23). В случае если концентрация метана в машинном зале превысит пороговое значение 1 % (это соответствует сигналу ДКМ 7,2 мА), реле включается, замыкая своими контактами цепи управления пускателем воздушного вентилятора и сигнальным устройством. При этом загорается красный светодиод тревоги HL17. Сброс тревоги и отключение реле производится автоматически при снижении концентрации с выдержкой времени, а также кнопкой сброса микроконтроллера SB1.

8) Панель светодиодной индикации. Светодиоды HL1...HL16 служат для индикации текущих уровней аналоговых сигналов (изменяется частота моргания светодиодов при постоянной скважности). На панели также располагаются красный светодиод тревоги и светодиод питания.

Кроме источника питания ИП+, ИП–, блок питания должен иметь следующие источники: +24 В – нестабилизированный источник питания электромагнитного реле; +5 В – мощный стабилизированный источник питания; И5В – изолированный источник стабилизированного напряжения для питания изолированной части узла ИАЦП; И15В – изолированный источник питания МОП ключей ИКС (И0В – общая точка источников И5В и И15В).

Различные образцы элементов узла ИАЦП могут иметь существенный разброс характеристик (например, сопротивление измерительного резистора или значение опорного напряжения АЦП). Это должно отразиться на точности преобразования аналоговых сигналов. Для устранения неточности необходимо произвести калибровку изготовленного контроллера. Калибровка производится нажатием кнопки SB2. При этом по первому каналу (канал ДКМ) должен подаваться эталонный ток 12 мА. При нажатии кнопки микроконтроллер сравнивает значение кода, соответствующего сигналу 12 мА с фактическим значением результата аналого-цифрового преобразования и вычисляет смещение младших разрядов. Это смещение используется для последующего приема аналоговых сигналов и записывается в ПЗУ (EEPROM) микроконтроллера (чтобы избежать необходимости повторной калибровки после выключения питания).

УДК 622.271

ОЛЕНЮК С.П.,
ЖУНУСОВА Г.Е.,
НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К.,
СМАГУЛОВА А.С.

Разработка трехмерной модели Акжальского месторождения

Современный уровень развития науки и техники предполагает применение в горно-добывающей области современных методов исследования, основанных на применении компьютерных

технологий. Совершенствование методов исследований заключается в учёте всё большего количества необходимых параметров, усложнении исследуемых моделей и приближении их к

фактической горно-геологической ситуации исследуемого месторождения. Кардинальным шагом в этом направлении является переход на трёхмерное моделирование месторождений. Работа с такими моделями позволяет не только оперативно решать горно-технические задачи, но и открывает широкие перспективы перед исследователями для применения современных аналитических и численных методов.

В настоящее время известен опыт применения 3D-моделей месторождений в специализированных коммерческих программных комплексах для решения различных горно-технических задач на горно-добывающих предприятиях (рисунок 1). Но они, как правило, ограничиваются определением запасов и планированием их извлечения.

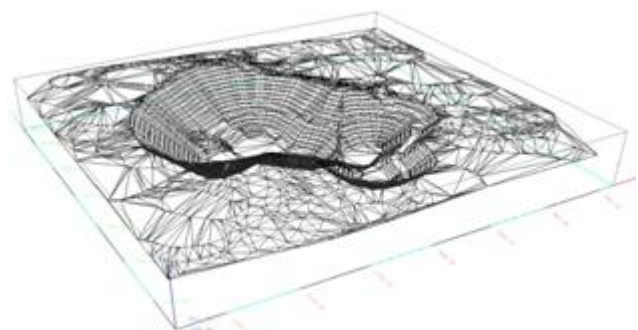


Рисунок 1 – 3D-модель карьера в системе GEMCOM

Трёхмерное моделирование несёт существенные преимущества для исследований в области геомеханики и геометризации месторождений:

- полнота анализируемых данных наиболее приближена к фактической горно-геологической ситуации;
- есть возможность оценить взаимное влияние пространственных элементов модели;
- возможна разработка и применение геомеханических методов, учитывающих объёмное распределение нагрузок;
- наглядность и информативность модели позволяет выявить скрытые проблемные участки и определить их параметры.

Исходными данными для моделирования являются результаты геологоразведки, первичная и эксплуатационная геолого-графическая информация. Это могут быть стратиграфические разрезы, данные по скважинам, результаты опробования, геологические разрезы и погоризонтные планы.

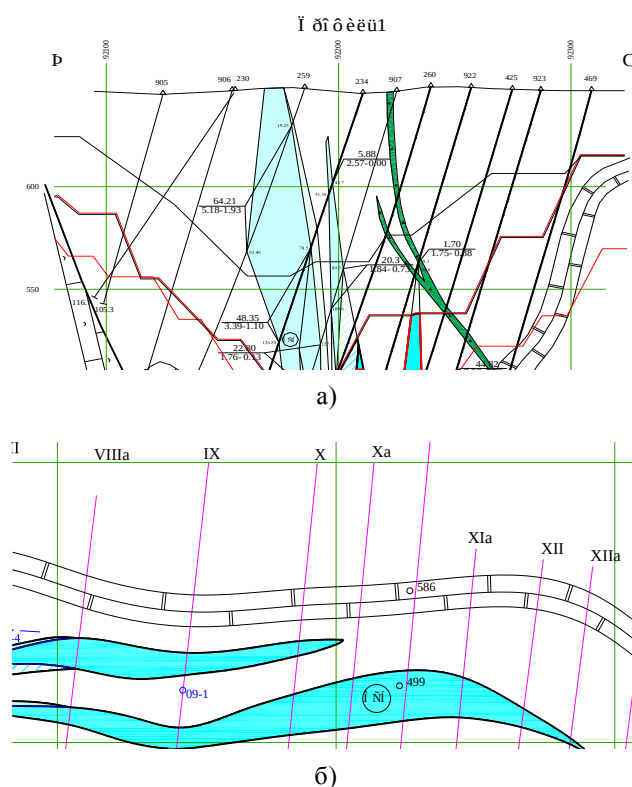
Нами выполнено трёхмерное моделирование рудных тел для исследования геомеханической ситуации на месторождении Акжал. Ввиду сложности решаемого вопроса было решено создать цифровую трёхмерную модель геологической ситуации месторождения.

Первым этапом моделирования является классификация и первичная обработка исходных данных, заключающаяся в выборе необходимого и достаточного объёма геолого-графических данных (рисунок 2) и приведение их к единому формату, допускающему корректное совмещение.

В процессе моделирования было подготовлено 6 погоризонтных планов со 185-го по 305-й горизонт и 45 геологических разрезов.

В процессе моделирования было произведено ориентирование и пространственная привязка структурных элементов будущей модели. Каждый погоризонтный план, согласно сетке координат, был расположен на соответствующей высотной отметке (рисунок 3а), а геологические разрезы совмещены с вертикальными плоскостями, проходящими через соответствующие разведочные линии (рисунок 3б).

Завершающим этапом моделирования явилась трёхмерная аппроксимация геометрических параметров структурных элементов модели. При этом производится анализ их пространственного положения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и интерполяция контурных образующих, по которым создаётся каркасная модель рудных тел (рисунок 4). Эта модель инкапсулирует в себе все необходимые параметры для пространственного представления и описания рудных тел [1].



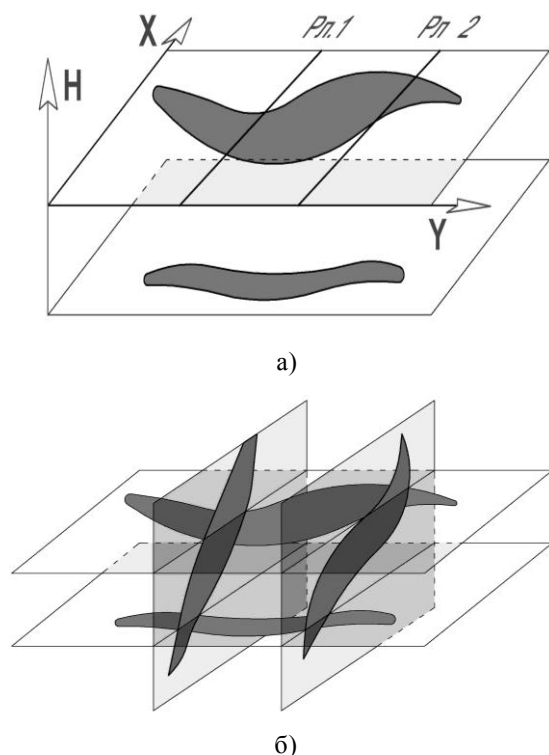


Рисунок 3 – Схема ориентирования и привязки структурных элементов модели

В результате выполненных исследований получены цифровые 3D-модели рудных тел и основных геологических элементов Акжальского месторождения, которые позволяют интегрировать их в современные аппаратно-программные комплексы для решения актуальных задач горного дела.

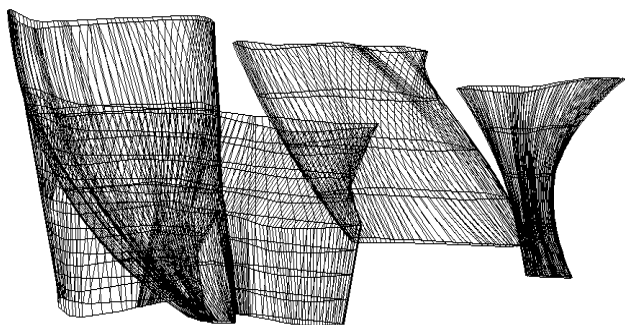


Рисунок 4 – Каркасная модель рудных тел

На основе каркасной модели выполняется пространственная триангуляция, в результате которой получаем трёхмерную поверхность рудных тел (рисунок 5).

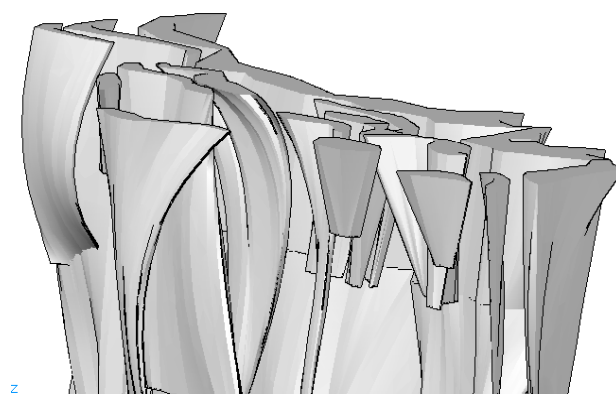


Рисунок 5 – 3D-модель поверхности рудных тел

Таковыми задачами в нашем случае является определение геометрических параметров междурудного пространства (целиков) в окрестности крутопадающих рудных тел (рисунок 6). На основе трёхмерной модели определяются не только линейные и угловые величины мощности, падения и простирания рудных тел в любой интересующей нас плоскости, но и объём отдельных участков рудных тел и целиков.

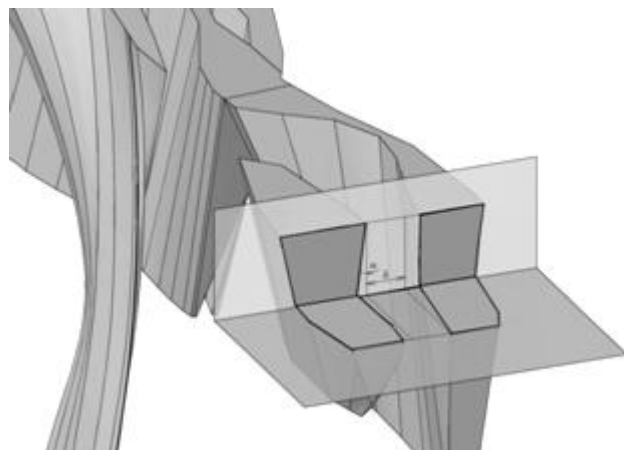


Рисунок 6 – Использование 3D-модели при решении задач горной геометрии

Эта информация используется при анализе взаимного влияния и оценке устойчивости открытых и подземных горных выработок при комбинированной системе разработки Акжальского месторождения [2].

Разработка 3D-моделей месторождений является весьма актуальной научной и практической задачей, от успешного решения которой зависит эффективность работы горно-добывающих предприятий на основе широкого внедрения и использования современных компьютерных технологий при решении горно-геометрических и горно-технических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эрнбергер В., Файкош А. Решение горных ситуаций методами моделирования: Пер. с чешского. М.: Недра, 1988. 133 с.
2. Пересчет запасов свинцово-цинковых руд месторождения Акжал / Совместное предприятие ТОО «Novo – цинк» и ЗАО «Центргеолсъемка». Караганда, 2000.

УДК 622.232:519.872

КЛИМОВА Н.Ю.,
КЛИМОВ А.Ю.**Применение теории массового обслуживания
для оценки эффективности модернизации
механизированного угледобывающего комплекса**

Недостатком работы современных механизированных комплексов по добыче угля в подземных условиях является отставание передвижки линейных секций крепи на новую дорогу вслед за движущимся комбайном. Это обстоятельство усугубляется, во-первых, тем, что на шахтах в настоящее время применяются мощные высокопроизводительные комбайны, способные обеспечивать скорость подачи до 12 м/мин, а во-вторых, тем, что в большинстве современных шахт используются длинные лавы протяженностью 200 м и более, что увеличивает простои лавы из-за отставания крепи и тем самым снижает производительность добычи.

Увеличить скорость крепления выработки можно за счет снижения продолжительности работы гидростоек и гидродомкратов крепей и, прежде всего, гидродомкратов передвижки секций крепей и конвейерной линии, так как продолжительность работы гидродомкратов передвижки составляет 50-60 % времени цикла [1]. Продолжительность работы гидродомкратов передвижки зависит от расхода рабочей жидкости, поступающей от насосной станции. Большинство современных комплексов оснащены насосными станциями СНТ-32 производительностью 90 л/мин.

Можно добиться повышения расхода рабочей жидкости, поступающей в гидродомкраты передвижки путем соответствующей модернизации гидропривода механизированного комплекса либо за счет замены штатной насосной станции, например, насосной станцией AZE-4 фирмы «POWEN» производительностью 140 л/мин, входящей в состав комплекса «Фазос 24/53», либо за счет замены насосного привода гидродомкратов передвижки на насосно-аккумуляторный [2].

Проведём сравнительный анализ эффективности этих двух способов модернизации с использованием основных положений теории массового обслуживания.

Процесс крепления в комбайновых лавах можно сформулировать в терминах теории массового обслуживания [3]. Для этого необходимо определить: поток требований на обслуживание, обслуживающие каналы и дисциплину обслуживания.

Рассмотрим входящий поток требований на обслуживание. Пусть ширина секции крепи равна d метров. Тогда расстояние, пройденное комбайном и необходимое для постановки одной секции крепи, можно рассматривать как требование на обслуживание. Совокупность таких отрезков лавы длиной d , проходимых комбайном, образует входящий поток требований на обслуживание,

который поступает к звену крепильщиков. Звено крепильщиков n следует рассматривать как многоканальную систему массового обслуживания. Обслуживающим каналом здесь является отдельный крепильщик – исполнитель процесса. Один рабочий может одновременно устанавливать одну крепь или обслуживать только одно требование.

Если максимально допустимая длина лавы, находящаяся в ожидании процесса крепления, не превышает согласно паспорту крепления D метров, то среднее число крепей, которое можно поставить на максимально допустимой не закреплённой длине лавы, равно $s = D/d$, и величина s является максимально допустимой длиной очереди. Максимально возможное число требований, одновременно находящихся в системе $q = n + s$. Следовательно, процесс крепления за комбайном можно рассматривать как функционирование системы массового обслуживания с ожиданием и с ограниченной очередью s . Дисциплина обслуживания соответствует принципу «первым пришел – первый обслужен».

Входящий поток требований исходит из q ($q > n$) обслуживаемых объектов, которые в случайные моменты времени требуют обслуживания. Под обслуживанием понимается передвижка крепи, причем время обслуживания одного требования есть случайная величина с показательной функцией распределения $F(t) = 1 - e^{-\mu t}$ с параметром $\mu = 1/\tau$, где τ – среднее время обслуживания одного требования. Требование, поступившее в систему в момент, когда обслуживающий канал (крепельщик) свободен, немедленно идет на обслуживание. Если требование застает все каналы занятыми обслуживанием других требований, то оно становится в очередь и ждет до тех пор, пока один из каналов не станет свободным.

Будем говорить, что система массового обслуживания находится в состоянии k , если общее число требований, находящихся на обслуживании и в очереди, равно k .

Так как входящий поток по предположению является пуассоновским с интенсивностью λ , то вероятность того, что за время t в систему поступит k требований,

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}. \quad (1)$$

Составив и решив систему дифференциальных уравнений для вероятности $p_k(t)$ того, что система массового обслуживания в момент времени t находится в состоянии $k = 0, 1, \dots, q$, получим

$$p_k = \begin{cases} \frac{\alpha^k}{k!} p_0, & 1 \leq k \leq n; \\ \frac{\alpha^k}{n^{k-n} n!} p_0, & n \leq k \leq q. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь $\alpha = \lambda / \mu$ – коэффициент использования обслуживающего канала.

Величину p_0 определяем из условия нормировки $\sum_{k=0}^q p_k = 1$ [4] и полученных формул (2) для $p_k, k = 1, 2, \dots, q$.

Тогда вероятность p_0 того, что все обслуживающие каналы свободны, равна

$$p_0 = \frac{n - \alpha}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{n-k}{k!} \alpha^k - \frac{\alpha^{q+1}}{n! n^s}}. \quad (3)$$

Вероятность p_q того, что поступившее требование получит отказ, т.е. не будет принято к обслуживанию

$$p_q = \frac{\alpha^q}{n! n^s} p_0. \quad (4)$$

Вероятность π того, что все обслуживающие каналы заняты (вероятность возникновения очереди) определится из равенства

$$\pi = p_q \frac{\left(\frac{n}{\alpha}\right)^s - \frac{\alpha}{n}}{1 - \frac{\alpha}{n}}. \quad (5)$$

Среднее число требований, ожидающих начала обслуживания (средняя длина очереди):

$$M_1 = p_n \sum_{k=0}^s k \left(\frac{\alpha}{n}\right)^k, \quad (6)$$

среднее число требований, находящихся на обслуживании:

$$M_2 = \alpha(1 - p_q), \quad (7)$$

среднее число требований, одновременно находящихся в системе обслуживания:

$$M_3 = p_n \sum_{k=0}^s k \left(\frac{\alpha}{n}\right)^k + \alpha(1 - p_q), \quad (8)$$

среднее число свободных от обслуживания каналов

$$M_4 = n - \alpha(1 - p_q). \quad (9)$$

Таким образом, одной из важнейших характеристик качества обслуживания в рассматриваемой системе является вероятность отказа p_q (4).

Другой важнейшей характеристикой качества обслуживания является среднее время $M\theta$ пребывания требования в очереди, т.е. средняя длительность ожидания начала обслуживания.

Если $f(t)$ – плотность вероятности времени θ нахождения требования в очереди до начала его обслуживания, то

$$P(t < \theta < t + dt) \approx f(t) dt.$$

Но за время t нахождения требования в очереди за ним образуется очередь, состоящая в среднем из λt требований (по определению входящего потока требований). Поэтому среднее число требований, находящихся в очереди в интервале времени $(t, t + dt)$, равно $\lambda t f(t) dt$.

Отсюда следует, что для среднего числа требований, находящихся в очереди в интервале времени $(0, \infty)$, т.е. для математического ожидания числа требований, ожидающих начала обслуживания, можно написать

$$M_1 = \int_0^{\infty} \lambda t f(t) dt = \lambda M\theta$$

или

$$M\theta = M_1 / \lambda. \quad (10)$$

Формула (10) позволяет вычислить математическое ожидание времени θ пребывания требования в очереди без знания закона распределения величины θ .

Рассмотрим процесс обслуживания (передвижки) линейной секции крепи. Под обслуживанием здесь понимается выполнение нескольких рабочих операций по перемещению крепи на новую дорогу, число которых зависит от типа используемых крепей в механизированном комплексе. Так, для крепей типа «Пиома» таких операций восемь: опускание и распор козырька перекрытия; распор и снятие распора домкрата реборды; разгрузка и распор гидростоек крепи; передвижка секции конвейера и подтягивание секции крепи.

Наши хронометражные наблюдения [1] за работой крепей механизированных комплексов показывают, что продолжительности рабочих операций в цикле обслуживания являются величинами случайными и подчиняются произвольным законам распределения. Однако, как показано в работе [5], в дальнейшем исследовании можно использовать математический аппарат теории массового обслуживания, основанный на показательном распределении времени обслуживания с параметрами μ_v , но при этом средние значения времени обслуживания (длительностей рабочих операций) соответствующих произвольного и показательного законов распределения должны быть равны между собой.

Для установления связи между параметрами μ и μ_v , относящимися, соответственно, к интервалам времени цикла обслуживания крепи ζ_j и к интервалам времени отдельных рабочих операций ζ_{ji} , воспользуемся математической схемой потоков, известных как обобщение потоков Эрланга порядка m [6].

В нашем случае между случайными событиями, состоящими в передвижке очередной секции крепи, происходит восемь случайных событий, заключающихся в выполнении восьми рабочих операций.

В общем случае при m слагаемых для этого потока имеем

$$f(t) = \left(\prod_{v=1}^m \mu_v \right) \sum_{v=1}^m \frac{e^{-\mu_v t}}{\prod_{\substack{i=1 \\ i \neq v}}^m (\mu_i - \mu_v)}, \quad (11)$$

где $\mu_{v,i}$ – интенсивности обслуживания, соответствующие рабочим операциям цикла работы секции крепи.

Интенсивность обслуживания при передвижке секций (суммарной продолжительности обслуживания в цикле) μ может быть вычислена по формуле

$$\mu = \frac{\prod_{v=1}^m \mu_v}{\sum_{i=1}^m \prod_{v=1}^m \mu_v}. \quad (12)$$

Оценим эффективность применения предлагаемых способов модернизации механизированных комплексов с использованием насосно-аккумуляторного и нового насосного приводов передвижки крепи по сравнению с существующим штатным насосным приводом на примере комплекса «Пиома-25/45-ОЗ».

Продолжительности рабочих операций передвижки секций крепи при штатном насосном приводе характеризуются интенсивностями $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_6, \mu_7$; при насосно-аккумуляторном приводе на базе штатного насосного привода – $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_6, \mu'_7$; при новом насосном приводе – $\mu''_1, \mu''_2, \dots, \mu''_6, \mu''_7$, т.е. количество рабочих операций во всех случаях одинаково и равно семи (операция по передвижке секции конвейера из цикла исключена). При использовании насосно-аккумуляторного привода вместо насосного в цикле передвижки изменяется только интенсивность подтягивания крепи μ'_7 , а интенсивность остальных операций остается неизменной. Сумма продолжительностей рабочих операций по передвижке составляет время обслуживания крепи, так что процесс обслуживания очередного требования имеет в первом случае интенсивность μ , во втором – μ' и в третьем – μ'' . Здесь параметры с одним штрихом относятся к насосно-аккумуляторному приводу, а параметры с двумя штрихами – к новому насосному приводу.

Согласно (12), интенсивности процесса передвижки секций крепи соответственно при штатном насосном, насосно-аккумуляторном и новом насосном приводах для эрланговского потока седьмого порядка будут

$$\mu = \frac{\prod_{v=1}^7 \mu_v}{\sum_{i=1}^7 \prod_{v=1}^7 \mu_v}, \quad (13)$$

$$\mu' = \frac{\mu'_7 \prod_{v=1}^6 \mu_v}{\sum_{i=1}^6 \frac{\mu'_7 \prod_{v=1}^6 \mu_v}{\mu_i} + \prod_{v=1}^6 \mu_v} \quad (14)$$

и

$$\mu'' = \frac{\prod_{v=1}^7 \mu''_v}{\sum_{i=1}^7 \frac{\prod_{v=1}^7 \mu''_v}{\mu''_i}}, \quad (15)$$

где $v \neq i$ – индексы, соответствующие отдельным рабочим операциям цикла передвижки крепи.

Интенсивности обслуживания при выполнении отдельных рабочих операций μ_v определяются через соответствующие математические ожидания, полученные путем обработки хронометражных наблюдений, а μ'_7 и μ''_7 – с учетом результатов моделирования, т.е.

$$\mu_v = \frac{1}{M\tau_v}; \quad \mu'_7 = \frac{1}{M'\tau_7}; \quad \mu''_7 = \frac{1}{M''\tau_7}, \quad (16)$$

где $M\tau_v$, $M'\tau_7$ и $M''\tau_7$ – математические ожидания продолжительностей рабочих операций по перемещению секции крепи соответственно для штатного насосного, насосно-аккумуляторного и нового насосного приводов.

Выполним оценку эффективности насосно-аккумуляторного и нового насосного приводов с учетом данных, полученных при хронометражных наблюдениях и при моделировании. При этом значения интенсивностей обслуживания отдельных операций при использовании всех трех приводов рассчитаем по формуле (16).

Определим с учетом формул (13) – (15) параметры интенсивности цикла обслуживания. Эти параметры оказались соответственно равными: $\mu = 0,024$; $\mu' = 0,025$ и $\mu'' = 0,037$. При средней скорости подачи комбайна $v_n = 4$ м/мин и ширине основания крепи $d = 1,5$ м, интенсивность потока требований на обслуживание $\lambda = 1/\tau = 0,044$, где $\tau = d/v_n = 22,5$ с – средний промежуток времени между двумя очередными требованиями. Если допустимая длина незакрепленного участка лавы составляет $D = 12$ м, то максимально допустимая очередь требований на обслуживание будет $s = D/d = 8$ и $q = s + n = 10$, где q – число требований, одновременно находящихся на обслуживании и в очереди, а $n = 2$ – число обслуживающих каналов.

Тогда с учетом формул (3) – (10) найдем следующие статистические характеристики процесса передвижки крепи соответственно при штатном насосном; насосно-аккумуляторном и новом насосном приводах: вероятность того, что все обслуживающие каналы свободны, – 0,073; 0,086 и 0,255; вероятность того, что поступившее требование получит отказ, – 0,061; 0,048 и 0,0028; вероятность возникновения очереди – 0,794; 0,762 и 0,441; средняя длина очереди

– 2,72; 2,41 и 0,61; среднее число требований, находящихся на обслуживании – 1,72; 1,68 и 1,19; среднее число требований, одновременно находящихся в системе обслуживания – 4,44; 4,09 и	1,80; среднее число свободных обслуживающих каналов – 0,28; 0,32 и 0,81; математическое ожидание времени пребывания требования в очереди – 61,86 с; 54,81 с и 13,86 с.
--	--

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупник Л.А., Климов А.Ю., Климова Н.Ю. Определение длительности рабочих операций при передвижке крепи на основе хронометражных наблюдений // Статья в настоящем сборнике.
2. Насосно-аккумуляторный привод передвижки крепи механизированного комплекса / Ю.И. Климов, Н.А. Дрижд, А.Ю. Климов и др. // Сб. тр. второй междунар. научн.-практ. конф. КазНТУ. Алматы, 2006. С. 249-252.
3. Шульга Ю.Н., Суслов О.П., Анохин В.С. Применение методов теории массового обслуживания при исследовании процессов добычи и транспортирования угля. М.: Недра, 1971. 159 с.
4. Саульев В.К. Математические модели теории массового обслуживания. М.: Статистика, 1979. 96 с.
5. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики. М.: Наука, 1982. 256 с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 399 с.

Раздел 4

Транспорт. Строительство. Экономика

УДК 666.972.16

БАЙДЖАНОВ Д.О.
КРОПАЧЕВ П.А.
ТОКАНОВ Д.Т.

Реологические свойства модифицированного бетона

При формировании бетона большую роль играют реологические свойства цементного теста, которые в значительной мере определяют удобоукладываемость [1-3].

На реологические свойства бетонной смеси при укладке в определенной мере влияет минеральный состав компонентов бетона и в значительной мере водоцементное отношение. При формировании структуры твердеющего цемента значительную роль играет минеральный состав компонентов цемента.

В связи с этим для описания реологических свойств использовали методику измерения вязко-пластических свойств при истечении через круглый капилляр на модифицированном приборе ИИРТ-2А и метод ротационной вискозиметрии на приборе Канавца «Р-1». В первом случае в приборе ИИРТ-2А использовали капилляр длиной 40 мм, диаметром 2 мм, углом входа в капилляр 45°. Нагрузка на шток прибора составляла 2,16 Н, а температура испытаний – 25 ± 2 °С.

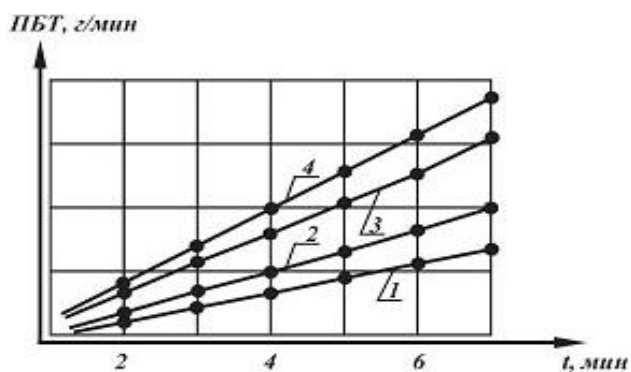
На рисунке 1 представлена зависимость показателя текучести бетонной смеси через круглый капилляр (далее ПТБ) от композиционного состава.

Изучение реологических свойств бетонных смесей проводили на вышеуказанных вискозиметрах. Как видно из представленных данных, значения ПТБ линейно возрастают, аномалии относительной вязкости во всем диапазоне измерений не наблюдаются. Использование модификаторов, содержащих КО «Силор», значительно повышают ПТБ. ПТБ материалов, содержащих МБП-14, несколько ниже, что указывает на ориентационные эффекты макромолекул поливинилхлорида (далее

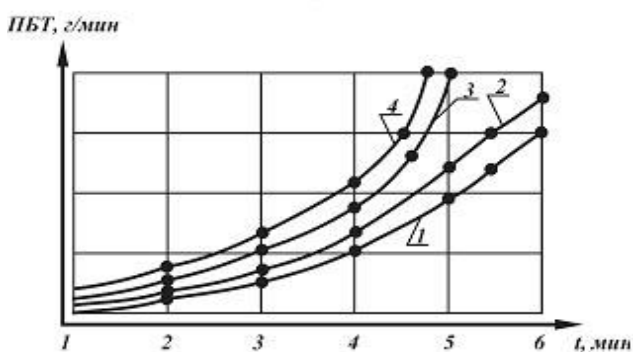
ПВХ), при приложении внешних нагрузок и истечении бетонной смеси. При повышенных нагрузках (5,0 кН) истечение бетонной смеси изменяется нелинейно.

При приложении внешних нагрузок свыше 45 минут ПТБ бетонной смеси, модифицированной МБП-14, возрастает асимптоматически, что указывает на завершение ориентационных эффектов макромолекул полимера и удаление воды под давлением штока. Отсюда следует, что в процессе экструзии следует прогнозировать продолжительность переноса материала шнеком из зоны загрузки до зоны сжатия. Нелинейность изменения ПТБ в указанном интервале продолжительности нагружения свидетельствует о недостаточной сплошности бетонной смеси за счет содержания избытка воды. Поэтому при разработке технологии экструзии бетона следует учитывать частоту вращения шнека, конструкцию профиля шнека. Для подтверждения этого вывода определяли зависимость жесткости экструзионной бетонной смеси от ПТБ (рисунок 2).

Как видно, удобоукладываемость или жесткость бетонной смеси зависит как от композиционного состава, так и внешних нагрузок. Жесткость и ПТБ характеризуют вязко-пластические свойства бетонной смеси. Как известно, водопотребность характеризует пластичность цементных систем. Таким образом, из данных капиллярной вискозиметрии следует, что пластичность экструзионных бетонов может быть оптимизирована по данным ПТБ и уточненным реологическим характеристикам.



а) Содержащие модификатор 1,5 масс. %: 1 – без модификатора; 2 – с МПБ-14; 3 – с КМ-21; 4 – с МБК-7



б) Нагрузка: 1, 2 – 2,16 кН; 3, 4 – 5,0 кН; 1, 3 – без модификатора; 2, 4 – модификатор 1,5 масс. % МБП-14

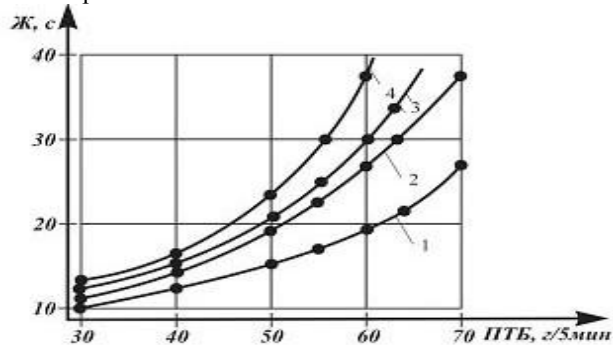
Рисунок 1 – Зависимость показателя текучести от состава композиций: цементная паста с В/Ц = 0,38; возраст – 2 часа

Исходя из вышеуказанного, нами в работе использован метод ротационной вискозиметрии для определения реологических характеристик, моделирующий процесс перемещения бетонной смеси в процессе вращения шнека.

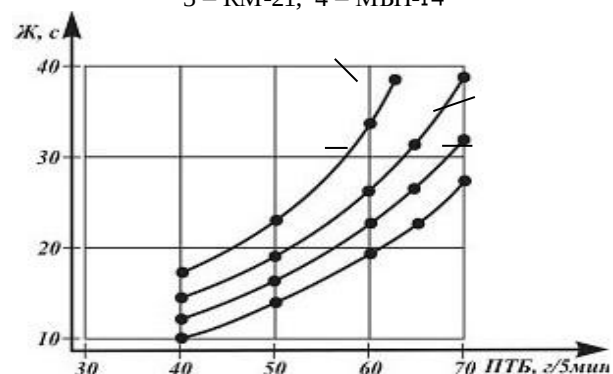
Измерения реологических характеристик бетонной смеси проводили на пластометре системы Канавца «Р-1». Результаты измерений представлены на рисунках 3, 4 и в таблице 1.

Методом капиллярной и ротационной вискозиметрии установлено, что относительная или структурная вязкость в большой степени на стадии формирования коагуляционной структуры зависит от В/Ц. Так, при экструзии бетонной смеси (возраст – 5 часов) с В/Ц от 0,3 до 0,35 наблюдается повышение вязкости цементной системы во всем диапазоне напряжений сдвига. Содержание в качестве модификатора КО «Силор» наиболее оптимально для снижения вязкости. Бетонная смесь, содержащая ПВХ, отличается повышенными вязкостными свойствами. Это, по-видимому, связано с тем, что на стадии перехода от начала твердения к коагуляционной структуре макромолекулы ПВХ занимают межфазное пространство между заполнителем и продуктами гидратации компонентов цемента. При этом макромолекулы ПВХ, обволакивая фрагменты новообразований при гидратации,

проявляют вязко-пластические свойства, присущие полимерам.

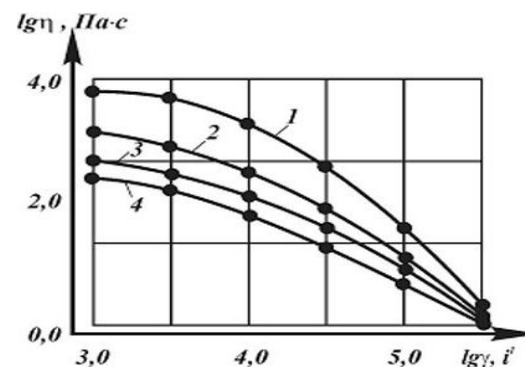


а) 1 – без модификатора; 2 – МБК-7; 3 – КМ-21; 4 – МБП-14

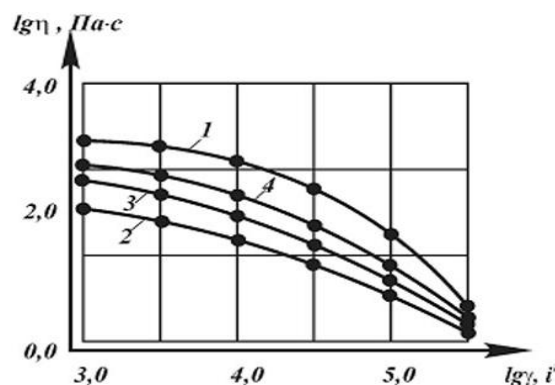


б) 1, 3 – без модификатора; 2, 4 – модификатор МБП-14; 1, 2 – Р=2,16 кН; 3, 4 – Р=5,0 кН

Рисунок 2 – Зависимость жесткости бетонной смеси от ПТБ и состава композиции



а) Модификатор: 1 – без модификатора; 2 – МБП-14; 3 – КМ-21; 4 – МБК-7



б) 4 – В/Ц=0,4; 3 – В/Ц=0,35; 2 – В/Ц=0,30; 1 – без

модификатора В/Ц=0,38; 2, 3, 4 – КМ-21

Рисунок 3 – Возраст бетонной смеси 5 часов, L/d 40/2

При капиллярной вискозиметрии истечение бетонной смеси протекает при постоянных скоростях сдвига при котором продолжается процесс водоотделения на начальном этапе внешнего нагружения, вследствие которого устанавливается оптимальное В/Ц, соответствующее жесткости экструзионного бетона.

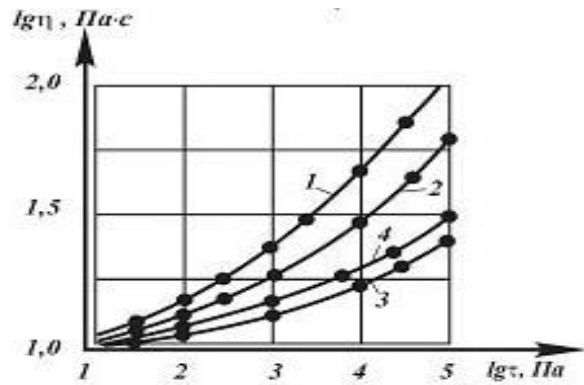
Рассмотрим влияние модификаторов на реологические показатели твердеющей бетонной смеси. Как следует из данных таблицы 1, содержание модификатора кремнийорганического происхождения МБК-7 значительно снижает вязкостные свойства (по данным напряжения сдвига) бетонной смеси на I и II стадии. Это связано, прежде всего, с улучшением переноса твердых частиц за счет их обволакивания, следовательно повышения подвижности структурных элементов, образующихся при твердении цемента. Существенного вклада на структурную прочность, по-видимому, содержание модификатора с МБК-7 до 3,0 масс.% не оказывает ($\tau=35\div39$ МПа). По сравнению с исходным материалом, не содержащим модификатор, наблюдаются повышенные значения $\tau_{пр}$, что связано с улучшенной объемной упаковкой компонентов бетонной смеси за счет повышения подвижности структурных элементов кристаллизующегося бетона относительно друг друга.

Влияние ПВХ на реологическое поведение твердеющего бетона подтверждает структурообразующие его действия.

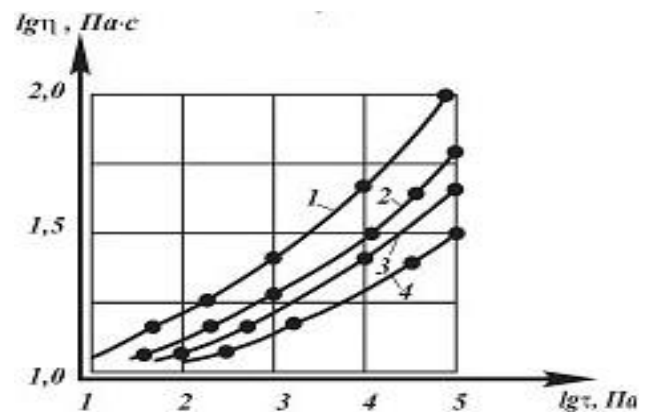
Так, содержание 5,0 масс. ч. МБП-14 приводит к резкому повышению τ , в возрасте 10 суток τ соответствует показателям $\tau_{пр}$, т.е. достижения структурной прочности, что обусловлено образованием кристаллической структуры повышенной концентрации за счет увеличения концентрации зародышеобразователей кристаллизации – центров кристаллизации на поверхности макромолекул ПВХ. На наш взгляд, чрезмерное повышение густоты сетки, степени кристаллизации может привести к снижению эксплуатационных характеристик – увеличению объема макропор дефектов структуры бетона, снижению эффекта поверхностных взаимодействий. Известно, что «мягкие» условия кристаллизации приводят к образованию гомогенных макроструктур бетона. В связи с этим при введении в состав бетонной смеси – 50 масс. % модификатора МБП-14 максимально должны учитываться технологические параметры формования экструзии – частота вращения шнека и количество шнеков, В/Ц и геомет-

рический профиль изделия или степень сжатия в калибрующей оснастке.

«Наиболее оптимально регулирование свойств бетонной смеси комбинированным модификатором, при котором кристаллизационные эффекты протекают в «мягком» режиме, обеспечивая максимальную однородность и сплошность бетона, т.е. в каждом конкретном случае, исходя от назначения конечного изделия, существует необходимость расчета рецептурного состава композиций бетономатериалов. Так, применение КМ-21 в качестве модификатора позволяет получать материалы, $\tau_{пр}$ которого достигают при 20-28 сутках.



а) 1 – без модификатора; 2 – МБП-14; 3 – МБК-7; 4 – КМ-21



б) 1 – без модификатора В/Ц=0,35; 2 – В/Ц=0,3; 3 – В/Ц=0,35; 4 – В/Ц=0,4; модификатор КМ-21

Рисунок 4 – Зависимость скорости сдвига от напряжения сдвига, возраст смеси 5 часов, содержание модификатора 1,5 масс. ч.

Таблица 1 – Значения реологических характеристик бетонной смеси

№ п/п	Модификатор	Содержание	Показатели свойств		
			1	2	3
1	МБК-7	0,0	1,8	1,5	4,5
2	МБК-7	1,0	1,3	1,4	4,0
3	МБК-7	2,0	1,1	1,2	3,5
4	МБК-7	3,0	1,0	1,1	2,0
5	МБП-14	1,0	1,5	1,3	4,4

6	МБП-14	2,0	1,4	1,2	3,8
7	МБП-14	3,0	1,2	1,2	3,0
8	КМ-21	1,0	1,3	1,2	4,2
9	КМ-21	2,0	1,2	1,1	3,6
10	КМ-21	3,0	1,1	1,0	2,7

Таблица 2 – Подвижность и прочность на сжатие ($\sigma_{сж}$) цементных растворов

№ п/п	Модификатор	В/Ц	Расплыв конуса	$\sigma_{сж}$, МПа	
				после ТВО	после 28 суток ест. твердения
1	Без модификатора	0,28	105-110	47-49	72-74
2	МБК-7	0,28	125-130	51-54	74-76
3	МБП-14	0,28	100-105	56-59	74-76
4	КМ-21	0,28	110-115	55-57	77-79

Примечание: ТВО – термовлажностная обработка, содержание модификаторов 3,0 масс. %

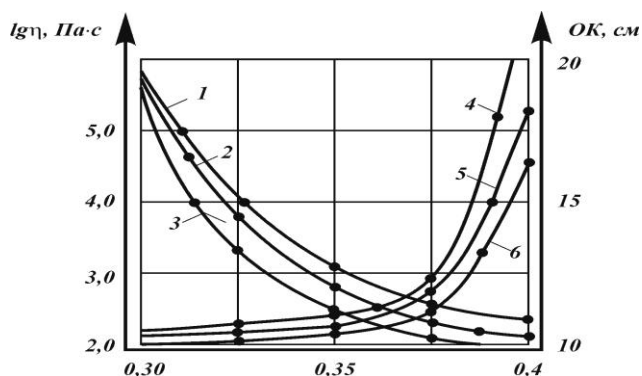


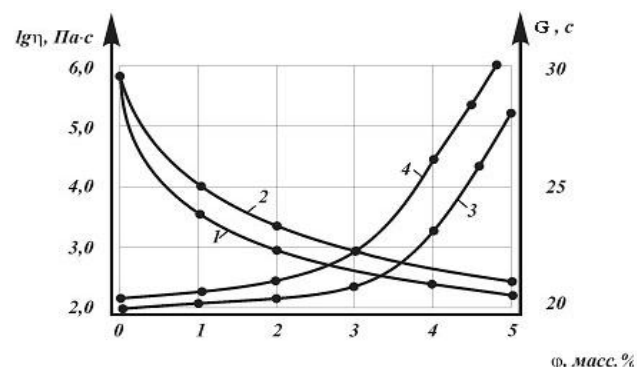
Рисунок 5 – Зависимость структурной вязкости от В/Ц и содержания модификатора в сравнении с подвижностью (ОК) жесткого (экструзионного) бетона: 1, 2, 3 – структурная вязкость с МБП-14, КМ-21, МБК-7 соответственно; 4, 5, 6 – ОК с композицией 1, 2, 3

В связи с тем, что на практике производства бетонных и железобетонных изделий применяются экспресс-методы определения текучести, вязкости и пластичности бетонных смесей (подвижность бетонной смеси по конусу, жесткость бетона, расплыв конуса и др.) в настоящей работе нами сделана попытка показать соответствие реологических показателей с технологическими свойствами. На рис. 5 показана зависимость структурной вязкости экструзионного бетона от содержания модификаторов в сравнении с технологическими показателями: осадкой конуса и жесткости бетонной смеси.

Использование показателя структурной вязкости позволяет получать уточненные зависимости «подвижность – состав бетонной смеси – свойства материалов». На рисунке 6 показана зависимость структурной вязкости и жесткости бетонной смеси от В/Ц и содержания модификаторов.

Вязкость и жесткость композиции с В/Ц=0,28 и В/Ц=0,3 имеют обратную зависимость от содержания модификатора. Повышение содержания модификатора до 5,0 масс. % снижает эффективную вязкость до $4 \cdot 10^5$ Па·с, снижая жесткость бетонной смеси, что обусловлено структурными изменениями смеси. Подвижность бетонной смеси, как известно, с течением времени снижается вследствие протекания процессов твердения в результате взаимодействия воды и цемента. Действие модификаторов ускоряет процессы

емной упаковки твердеющего бетона. Так, содержание 3-5 масс. % МБП-14 в композиции снижает жесткость системы до 25-30 с. Наиболее оптимальным по реологическим и технологическим показателями является 3,0 масс. % модификатора. Дальнейшее увеличение модификатора приводит к повышению подвижности и снижению удобоукладываемости бетонной смеси. Следует отметить, что при экструзии протекает саморегуляция В/Ц за счет сдвиговых напряжений при перемещении массы бетонной смеси в материальном цилиндре.

Рисунок 6 – Зависимость структурной вязкости (η) и жесткости (G) от состава композиции

Таким образом, экспериментальные данные позволили установить, что вводимые модификаторы МБК-7, МБП-14 и КМ-21 позволяют регулировать вязко-пластические свойства бетонных смесей, повышая подвижность макрочастиц относительно друг друга, что в свою очередь, оказывает положительный эффект на технологические свойства при экструзии и формовании изделий и формования их структуры в процессе твердения. Установлено, что наиболее оптимально содержание в композиции 3,0 масс. % модификатора, содержащего МБК-7, МБП-14 и КМ-21. На реологические свойства заметное влияние оказывает модификатор, содержащий кремнийорганическую добавку. Эксперименты показали, что при В/Ц=0,28-0,30 технологические и реологические свойства наиболее оптимальны для экструзионного формования. По показателям реологических характеристик удастся прогнозировать технологические параметры формования изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алма-Ата.: Наука, 1990. 112 с.
2. Соловьев В.И., Ергешев Р.Б. Эффективные модифицированные бетоны. Алматы: Каз.ГосИНТИ, 2000. С. 149-154.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Технопроект, 1988. 718 с.

УДК 666.972.16

КОЛЕСНИКОВА И.В.

Применение гиперпластификаторов для повышения подвижности гипсовых растворов

Поскольку применение химических добавок различного функционального назначения в технологии бетонных и растворных материалов обеспечивает реальный технический и экономический эффект, исследования по получению новых видов добавок с еще более сильным эффектом действия в лабораториях развитых зарубежных стран проводятся на постоянной основе. К последним достижениям в области создания пластификаторов для бетонов относятся добавки, химическую основу которых составляют поликарбоксилаты, которые вследствие своего сильного водоредуцирующего действия получили название гиперпластификаторов. Применение гиперпластификаторов позволяет снизить водопотребность бетонных смесей более чем на 25-30 %, благодаря чему возникли такие материалы, как самоуплотняющиеся бетоны и порошковые бетоны.

В Германии их выпускают под торговым названием «Flux-1», «Melflux PP100F», в Швеции – «Structuro 530», «Glenium», во Франции «Sika Visco Crete 3» [1]. Имеется информация о разработке гиперпластификаторов в России, в частности добавки Хидетал-ГП-9 [2], но организовано ли их промышленное производство, неясно.

В технологии гипсовых материалов пластифицирующие добавки применяют исключительно при получении сухих смесей для устройства самовыравнивающихся стяжек. В Германии стяжки изготавливают в основном из ангидритовых составов. Но можно предположить, что новая добавка будет инициировать применение гипсовых вяжущих вместо ангидритовых

вследствие более низкой стоимости низкообжиговых материалов.

Применяемые пластификаторы (ЛСТ, С-3, Melment F10) представляют собой полианионные поверхностно-активные вещества. Структурные формулы пластификаторов представлены на рисунке 1.

Принцип действия указанных пластификаторов – электростатическое диспергирование – основан на сильном смещении ξ -потенциала частиц цемента или гипса в отрицательную область [1], при котором имеет место хемосорбция молекул пластификатора на поверхности частиц сульфата кальция (рисунок 2).

Согласно теоретическим воззрениям, развитым в работе [44], действие пластификатора нового типа Melflux основано на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффектов (рисунок 3). Последний достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. За счет этого водоредуцирующее действие таких гиперпластификаторов в несколько раз сильнее, чем у обычных.

В зависимости от условий синтеза получают поликарбоксилаты с различными длинами боковых полиэфирных цепочек (рисунок 4). Это позволило фирмам создать материалы с разным соотношением стерического эффекта и анионной активности. Так, в ряду Melflux PP 100 F – Melflux PP 200 F – Melflux 1641 F – Melflux 2641 – Melflux 2651 стерический эффект увеличивается. Увеличение стерического эффекта позволяет уменьшить влияние поликарбоксилатов Melflux 2641 и Melflux 2651 F на гидратацию гипсовых зерен.

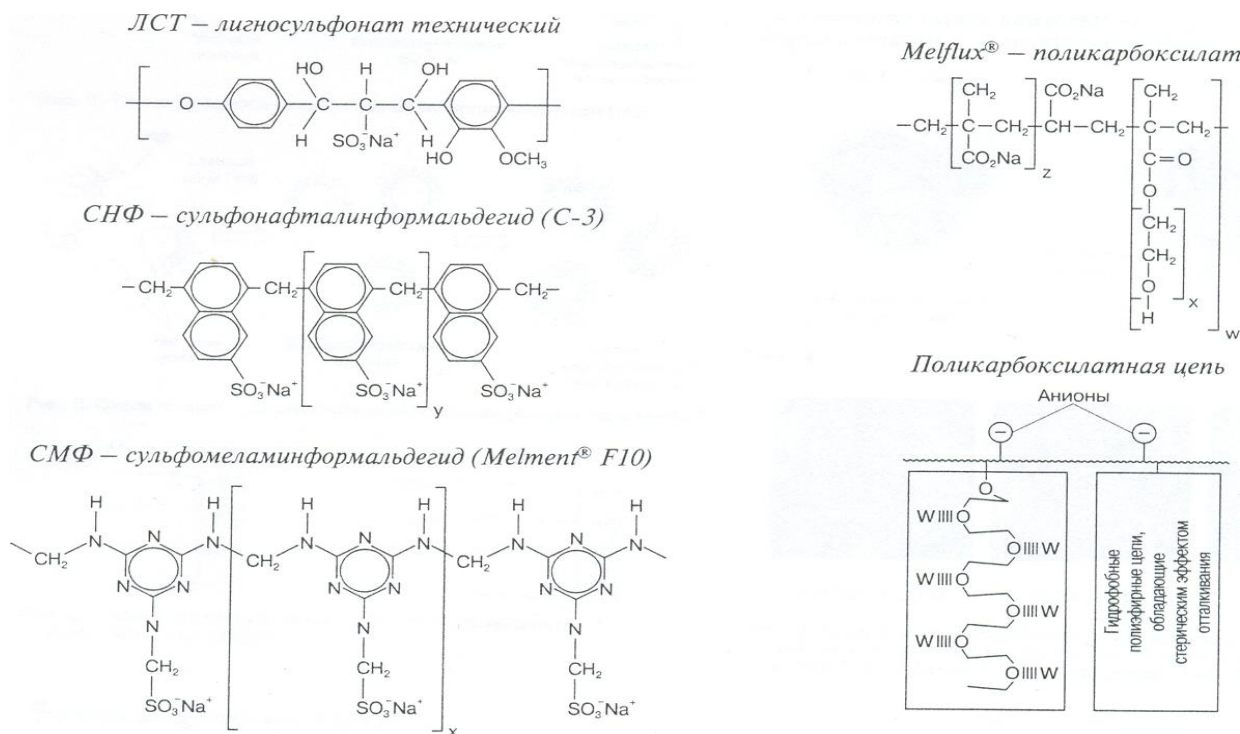


Рисунок 1 – Структурные формулы пластификаторов

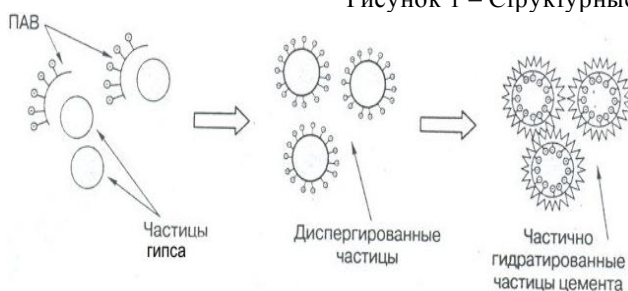


Рисунок 2 – Схема процесса диспергирования полианионными ПАВ [1]

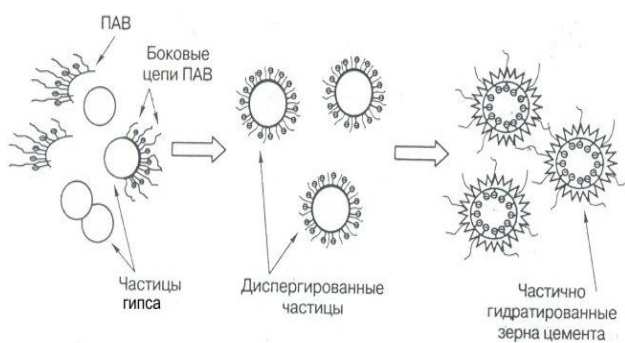


Рисунок 3 – Схема процесса диспергирования гиперпластификаторами типа Melflux [1]

С целью оценки эффективности действия новой добавки на гипсовые системы в КазНТУ проведены исследования по изучению влияния гиперпластификатора Melflux и для сравнения С-3 на водопотребность и прочность гипсовых образцов.

Полученные данные (таблица 1) показывают высокую эффективность добавки поликарбоксилатного гиперпластификатора Melflux на снижение водопотребности гипсового вяжущего, а также на снижение водопотребности гипсового раствора. Если

при добавке даже 1,5 % суперпластификатора С-3 водопотребность гипсового теста снижается всего на 13,3 %, то при добавке всего 0,4-0,7 % гиперпластификатора Melflux – В/Г смеси составляет соответственно всего 0,39-0,3, что соответствует значению водогипсового отношения лучших сортов высокопрочного гипсового вяжущего α-модификации. При этом водопотребность вяжущего уменьшается до 50 %. Еще больший эффект достигается при введении гиперпластификатора Melflux в гипсовые растворы. В этом случае при введении 0,7 % добавки водопотребность раствора уменьшается на 60 % и водотвердое отношение составляет 0,22.

Согласно теоретическим воззрениям [3-4], механизм действия суперпластификаторов на минеральные вяжущие системы, в т.ч. гипсовые, при затворении последних водой заключается не только в пластификации смеси, но и в диспергировании образующихся продуктов твердения. Поэтому при гидратации вяжущих с добавкой пластификатора протекают одновременно два противоположных процесса: один направлен на увеличение прочности за счет диспергации и образования большого количества продуктов твердения и соответственно большего количества межфазовых контактов срастания, другой – на уменьшение прочности за счет «экранирования», т.е. ослабление срастания этих же межфазовых контактов.

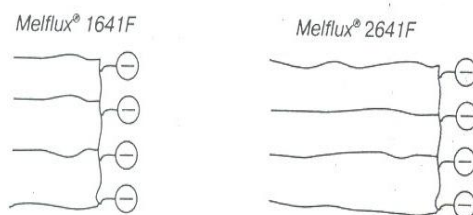


Таблица 1 – Влияние добавок С-3 и Melflux на водопотребность гипсового теста и гипсового раствора

Состав смеси, %			Расход пластификатора, %		В/Т	В/Г	Расплав теста, мм	Снижение расхода воды*, %
Гипс	карбонатный наполнитель	песок	С-3	Melflux				
100	-	-	-	-	0,6	0,6	180	-
100	-	-	0,7	-	0,55	0,55	182	8,3
100	-	-	0,7	-	0,6	0,6	220	-
100	-	-	1,5	-	0,52	0,52	175	13,3
100	-	-	1,5	-	0,55	0,55	210	-
100	-	-	-	0,2	0,48	0,48	180	20,0
100	-	-	-	0,2	0,6	0,6	250	-
100	-	-	-	0,4	0,39	0,39	182	39,0
100	-	-	-	0,4	0,48	0,48	240	-
100	-	-	-	0,7	0,30	0,30	180	50,0
100	-	-	-	0,7	0,39	0,39	250	-
50	50	-	-	-	0,55	1,1	180	-
50	50	-	1,5	-	0,47	0,94	175	14,5
50	50	-	1,5	-	0,55	1,1	225	-
50	50	-	-	0,4	0,28	0,56	178	49,1
50	50	-	-	0,4	0,35	0,7	220	-
50	-	50	-	-	0,51	1,02	180	-
50	-	50	1,5	-	0,45	0,9	181	11,7
50	-	50	1,5	-	0,51	1,02	222	-
50	-	50	-	0,7	0,22	0,44	179	60,0
50	-	50	-	0,7	0,26	0,52	235	-

*Рассчитана при одинаковой водопотребности смеси

От количества вводимого С-3 зависит преобладание первого или второго фактора действия добавки. Повышение содержания С-3 в вяжущем ведет к преобладанию второго фактора. Поскольку для существенного увеличения подвижности гипсового теста С-3 требуется вводить в повышенном количестве (2-2,5 %), то прочность образцов с его применением имеет тенденцию к снижению.

Результаты исследований по изучению влияния добавки гиперпластификатора Melflux на физико-механические свойства образцов на основе гипсовой смеси представлены в таблице 2.

Экспериментальные данные показывают, что при введении добавки Melflux при одинаковом В/Г смеси прочность образцов остается примерно на одном уровне, несмотря на то, что подвижность смеси с добавкой имеет литую консистенцию, а без добавки – на уровне нормальной густоты. Материал, удовлетворяющий требованиям СНиП, обеспечивается при введении добавки в количестве 0,4 %. В этом случае при литой консистенции теста (расплав по Суттарду равен 25 см) прочность затвердевших и высушенных образцов составляет 17,8 МПа. Такая прочность достаточна при устройстве стяжки под

обычные покрытия (линолеум, паркет и др.), но недостаточна для стяжек, укладываемых под полимерные монолитные покрытия. В последнем случае требуется прочность на сжатие не менее 20 МПа. Кроме того, изготавливать стяжки из теста, приготовленного из «чистого» гипсового вяжущего, представляется экономически нецелесообразным.

Таблица 2 – Влияние добавки гиперпластификатора Melflux на физико-механические свойства гипсовых образцов

Содержание гиперпластификатора Melflux, %	Показатели смеси		Показатели материала в сухом состоянии		
	В/Г	расплав по Суттарду, см	ρ , кг/м ³	$R_{сж}$, МПа	$R_{нз}$, МПа
1	2	3	4	5	6
-	0,6	18	1250	9,3	3,8
0,2	0,6	25	1230	9,1	3,5
0,2	0,48	18	1320	18,6	6,1
0,4	0,48	25	1325	17,8	5,8
0,4	0,39	18	1460	25,0	6,5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Василик П.Г., Голубев И.В. Особенности применения поликарбоксилатных гиперпластификаторов Melflux // Строительные материалы. 2003. № 9. С. 24-26.
- Гиперпластификатор Хидетал-ГП-9 для производства самоуплотняющихся и высокоподвижных бетонов // Технологии бетонов. 2007. № 5. С. 12.
- Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М., 1998. 768 с.
- Садуакасов М.С. Модификация гипсовых вяжущих нафталинформальдегидными суперпластификаторами и исследование свойств изделий на их основе: Дис. ... д-ра техн. наук. Алматы, 1994. 258 с.

МАЛЫБАЕВ С.К.,
ТОГИЗБАЕВА Б.Б.,
КЕНЕСБЕК А.Б.

Влияние физико-механических свойств руды на потерю сыпучести

Изучение физико-механических свойств рудной массы, ее состояние в различных условиях эксплуатации и установление наихудших условий, создающих экстремальные процессы, вызывающие потерю сыпучести, является главной задачей, решение которой может способствовать разработке мер и способов борьбы с указанным явлением и разработке методики расчета устройств, способствующих полной выгрузке рудной массы с целью предотвращения ее слеживания. Этому вопросу и посвящены данные исследования.

Для достижения поставленной цели необходимо более тщательно проанализировать исследования, посвященные данной проблеме, выявить основные факторы, влияющие на потерю сыпучести, составить модель загрузки, хранения и выгрузки мелкодробленой руды, определить основные параметры, влияющие на потерю сыпучести, и определить направления по экспериментальной проверке факторов, заложенных при аналитических исследованиях.

Для исследования процесса слеживания можно воспользоваться основными положениями механики сыпучих сред, то есть необходимо сделать следующие допущения.

Существуют две модели сыпучего материала. Согласно одной из них, в соответствии с законами механики сплошных сред, процесс рассматривается как изотропный. Малые, по сравнению с вмещающим сосудом, частицы столь тесно связаны между собой, что силовое воздействие обуславливает возникновение нормальных и касательных напряжений, а перемещение частиц в объеме материала возможно лишь при превышении действующими напряжениями предельных значений [1]. По мере измельчения частиц силы трения все сильнее как по своей природе, так и по значениям приближаются к касательным напряжениям среза, а среднее направление напряжений сжатия вследствие малого размера и многочисленности частиц стремится к направлению сжимающего усилия. Одновременно значительно возрастают силы сцепления между частицами, обуславливающие упругость. Очевидно, что при увеличении частиц и переходе к конечному отношению размеров сосуда и находящихся в нем кусков уменьшается правомерность аналогии между сыпучим материалом и сплошной средой.

Согласно другой теории, модель сыпучего материала представляется как совокупность твердых неизменяемых частиц, связь между которыми осуществляется только силами сухого трения.

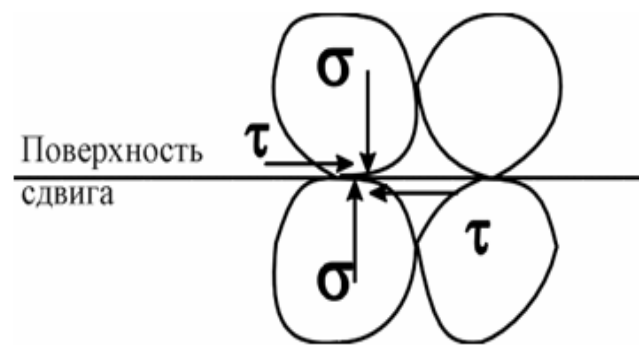
Для проверки адекватности модели мелкодробленой руды были проведены исследования физико-механических свойств рудной массы.

Однако модель мелкодробленой руды при различных условиях можно рассматривать с двух точек зрения. Чтобы определить, какую теорию

использовать при составлении модели, необходимо изучить влияние всех факторов.

Процесс слеживания проявляется больше в мелких фракциях сыпучего материала с размером кусков в интервале 0,13 мм - 2 мм и даже до 10 мм при влажности, превышающей (3...5) %. Наибольшие изменения в величинах показателей сдвига происходят в начальный период хранения.

Одним из основных факторов, определяющих величину начального сопротивления сдвигу, по мнению ряда авторов, является напряженное состояние сыпучего материала (рисунок). При воздействии внешних нагрузок на сыпучий материал происходит пластическая деформация, в результате этого сокращаются расстояния между отдельными частицами и усиливаются связи между ними. Напряженное состояние сыпучего материала определяется взаимодействием частиц, размерами бункера и условием загрузки. Последнее обстоятельство приобретает исключительно важное значение для бункеров, загружаемых через загрузочное устройство с большой высоты.



Напряженное состояние оценивается по величинам нормального давления на днище и бокового давления на стенки бункера.

Исследованиями [2] установлено, что боковое и вертикальное давления, создаваемые мелкими фракциями руд, больше, чем при аккумуляции крупнокускового материала. Увеличение бокового давления происходит даже при незначительном содержании мелких фракций в смеси, а при 20 % содержании мелочи величина давления может превышать значение, полученное для крупных фракций на 40 %. Вместе с тем, в работе [2] указывается, что вертикальное давление снижается при наличии в руде мелкой фракции.

Таким образом, при решении задач управления работой бункеров особую актуальность приобретает вопрос, связанный с влиянием высоты столба сыпучего материала на физические процессы, происходящие с рудой в бункере и при истечении его из отверстий. Наряду с предположениями о влиянии вертикального давления на движение сыпучего материала и данными о зависимости этого давления от

высоты столба имеются прямо противоположные им результаты. Так, Ю.И. Анистратов [1] показал независимость давления руды на дно сосуда или плоскость отверстия от высоты слоя и объяснил это сводообразованием, когда образующийся устойчивый параболический свод воспринимает нагрузку от вышележащих слоев. Соответственно, давление на плоскость отверстия определяется весом лежащего под сводом сыпучего материала. Взаимоисключающие оценки влияния высоты слоя характерны для работ, посвященных выявлению факторов, определяющих скорость истечения сыпучих материалов из отверстий. В то же время анализ литературных данных свидетельствует, что чем больше отношение высоты слоя к его поперечному сечению (диаметру выпускного отверстия), тем яснее проявлялась независимость вертикального давления от этой высоты, точнее постоянство его по достижении некоторой кратной размеру воспринимающей площадки высоты.

Заслуживает серьезного внимания, особенно с точки зрения методики экспериментов и выбора предпосылок при анализе, зависимость величины вертикального давления на днище от характера загрузки материалов. Так, при быстром высыпании порции активный вес составлял к моменту заполнения модели 15 % от общего веса столба материалов, а при длительном и непрерывном высыпании в течение нескольких минут он достигал 20...25 %. При сопоставлении данных видно, что исходная структура столба материала зависит как от энергии, приобретаемой частицами к моменту встречи с поверхностью засыпи, так и от возможности реализовать ее для перемещения в направлении заполнения возможных пустот и создания наиболее плотной, а следовательно, и обладающей наименьшей потенциальной энергией структуры слоя. В работе [1] показано, что плотность укладки частиц и коэффициент внутреннего трения в столбе материала зависит от способа формирования сыпучего тела и изменяется по высоте слоя в соответствии со следующей эмпирической зависимостью

$$f = f_1 + d [\exp (c H - 1)], \quad (1)$$

где d – диаметр выпускного отверстия, м;
 f – коэффициент внутреннего трения;
 H – высота слоя сыпучего материала, м;
 c – эмпирический коэффициент.

Анализ данного выражения показывает, что коэффициент внутреннего трения возрастает с увеличением расстояния от анализируемого горизонта до уровня засыпи. Последнее относится к неподвижному столбу материала. Очевидно, при его движении в результате выпуска из отверстия связь коэффициента внутреннего трения с высотой слоя будет иметь более сложный характер.

Повышение же влажности крупнокускового материала приводит к росту вертикального давления. Рост влажности мелкого материала характеризуется снижением вертикального уплотнения и увеличения бокового распора.

Исследованиями [2], проведенными для бункеров круглого сечения, установлено влияние их размеров на величину нормального давления. В работе [2] указывается, что увеличение сечения емкости приводит к росту уплотнения рудной массы (для бункеров диаметром 5,5 м давление на днище составляет 0,9 МПа, а для бункеров диаметром 11 м – 2 МПа). По данным работ [1, 2], минимальное уплотнение рудной массы имеет место при определенном соотношении высоты бункера к его диаметру. Опытным путем установлено, что для угля величина этого соотношения составляет (2...2,5) при влажности меньше 6 % и (1,8...2,2) при влажности больше 6 %. В работе [2] показано, что при углах наклона стенок бункера более 55° происходит снижение нормального давления. Более пологие углы наклона не влияют на величину напряженного состояния: с ростом коэффициента внешнего трения нормальное давление на днище бункера уменьшается. Для снижения вертикальных уплотняющих напряжений при аккумулировании малоподвижных материалов рекомендуется использовать бункер с гиперболическим профилем стенок.

В результате исследований показано, что оптимальное истечение сыпучего материала происходит из объемов, имеющих форму эллипсоидов вращения [1]. Параметры эллипсоида выпуска определяются размерами выпускного отверстия и свойствами сыпучего материала. Истечение сыпучего материала из объемов, лежащих вне эллипсоида выпуска, происходит лишь после достижения вершиной эллипсоида поверхности сыпучего материала. При этом на поверхности руды образуется воронка внедрения, по образующей которой и далее по вертикальному каналу рудная масса стекает к выпускному отверстию.

При выпуске малоподвижных материалов картина истечения усложняется. Существует мнение, что сыпучий материал участвует в комбинированном движении стекания и скольжения. Наблюдения за эксплуатацией бункеров на обогатительной фабрике корпорации «Казахмыс» показали, что при прямоугольной форме сечения бункера в плане рудная масса способна «залипать» в углах бункера, что приводит к значительному снижению полезной емкости, в бункере же с овальной формой сечения налипания сыпучего материала не наблюдалось.

Снижение величины «мертвых зон» в бункерах достигается с помощью потокоотделителя. Последнее уменьшает сегрегацию сыпучего материала при загрузке.

Бесперебойное истечение рудной массы из бункера и обеспечение необходимой производительности выпуска в значительной степени определяется правильным выбором формы и размеров выпускного отверстия, конструкции питателей и углов наклона днищ бункера.

Различными авторами предложен ряд формул для расчета наименьшего размера выпускного отверстия, исключаящих сводообразование.

Ю.И. Анистратов предложил формулу для определения диаметра выпускного отверстия в

зависимости от времени хранения сыпучего материала.

Результаты исследований влияния соотношений сторон выпускного отверстия на показатели выпуска противоречивы. Так, для плохосыпучих материалов в работе рекомендуется принимать отношение высоты отверстия к его ширине в диапазоне 0,6-0,9, а в работе – уже в пределах 2-3. Увеличение сечений выпускного отверстия приводит к росту производительности выпуска.

Установлено, что правильно выбранная конструкция питателя и режим его работы также оказывают существенное влияние на истечение

сыпучего материала из бункера. Наилучшие результаты дает использование вибрационных питателей. При взаимодействии вибрирующей плоскости питателя с сыпучим материалом происходит передача энергии в этот материал. Часть энергии расходуется на перемещение частиц, изменение плотности сыпучего материала, снижение сопротивления сдвигу и угла внутреннего трения. Аналогичный эффект улучшения сыпучих характеристик рудной массы достигается при применении вибрационных побудителей выпуска, представляющих собой вибрирующие элементы, устанавливаемые в опасных зонах бункеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анистратов Ю.И., Жабин Н.И., Мисник Ю.М. Теория и практика бункеризации склонной к слеживанию горной массы. М.: Наука, 1988.
2. Тогибаева Б.Б. Совершенствование средств и способов выпуска мелкодробленой медной руды из бункеров ОФ: Дис. канд.техн. наук.: 2002. – Караганда, 2002.

УДК 666.972.16

**РАХИМОВ М.А.,
СЕРОВА Р.Ф.,
РАХИМОВА Г.М.**

Реологические свойства бетонов с органоминеральным модификатором типа ОМД-М

Решение задач, связанных с улучшением качества технологических приемов и физико-технических свойств цементных материалов, в частности, тяжелого бетона с позиций современных представлений физико-химических поверхностных явлений и теории конгломератов, неразрывно связано с применением многокомпонентных модификаторов (добавок) [1].

В этой связи интерес представляют модификаторы, содержащие гидрофобизирующие ингредиенты, которые в составе многокомпонентных добавок обеспечивают регулирование конструктивных и деструктивных процессов в цементных материалах во времени (в период эксплуатации различных бетонных объектов, зданий и сооружений).

В настоящей работе сделан упор на конструирование составов модификаторов, которые обладают пролонгированным действием в направлении регулирования процессов формирования «жизнедеятельности» макро- и микроструктуры, массообмена, конструктивной и деструктивной кинетики процессов самозалечивания цементного камня, эксплуатируемого в тяжелых условиях. Применение комплексных модификаторов, в состав которых входят пластификаторы гидрофобно-пластифицирующего действия, соли неорганических кислот и др. вносят свою специфику на реологию цементных паст [2]. В этой связи были проведены опыты по определению влияния дозировок органоминеральных модификаторов (марок ОМД-МС и ОМД-МК с содержанием в качестве микронаполнителя – активного ультрадисперсного микрокремнезема, а в качестве гидрофобизирующего ингредиента, соответственно – синтетических жирных

кислот (СЖК) и кубовых остатков синтетических жирных кислот (КОСЖК)) на изменение величины нормальной густоты цементного теста. Результаты исследований сравнивали с действием достаточно изученного в России суперпластификатора С-3 и известной гидрофобно-пластифицирующей добавки (ГПД). В опытах были использованы два вида цемента, являющихся основными представителями цементов массового производства в Казахстане, которые отличаются химико-минералогическим веществом составом. Результаты опытов приведены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что с увеличением содержания модификаторов в цементном тесте его нормальная густота вначале резко снижается, а затем стабилизируется, то есть дальнейшее увеличение количества добавок практически не отражается на изменении изучаемой характеристики цементного теста. Каждый цемент, несмотря на различие в минералогическом составе, восприимчив к испытываемым добавкам (в действии конкретной добавки), реагирует почти одинаково. Если увязывать данные настоящей работы с данными В.Г. Батракова и М.И. Хигеровича, то оптимальными дозировками можно считать для ОМД-МС и ОМД-МК - 12...13 % от массы цемента; для С-3 и ГПД соответственно 0,4 % и 0,3 % от массы цемента. При оптимальных дозировках модификаторов определились и величины нормальной густоты цементных паст с модификатором ОМД-МС, равной 22,4 % и для ОМД-МК соответственно 23,9 % в сравнении с цементной пастой без модификаторов, у которой нормальная густота цементного теста составляет 26 %. Результаты показывают, что предпочтение следует отдавать модификатору ОМД-МС.

Также следует отметить, что лучшую реологию показывает модификатор ОМД-МС, благодаря умеренному структурирующему действию на цементные системы со стороны гидрофобизирующего ингредиента, а именно – синтетических жирных кислот (СЖК) в сравнении с кубовыми остатками синтетических жирных кислот (КОСЖК). Данный вывод согласуется с теоретическими воззрениями М.И. Хигеровича, который утверждал, что с увеличением молекулярного веса ПАВ возрастает вероятность создания более «жесткого молекулярного ворса», который и определяет в спокойном состоянии псевдожесткость цементных паст [3]. В этой связи можно сделать вывод, что снижение воды затворения на 25...27 % для получения теста нормальной густоты также обеспечивается спецификой действия гидрофобно-пластифицирующих добавок, имеющих в своем составе гидрофобизирующий ингредиент с меньшей молекулярной массой в сравнении с КОСЖК.

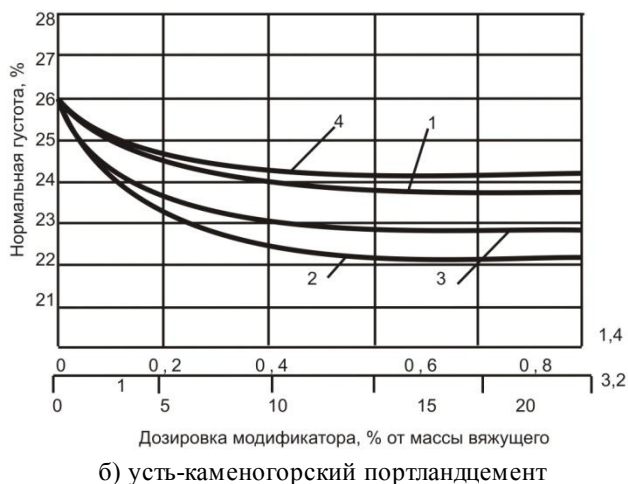
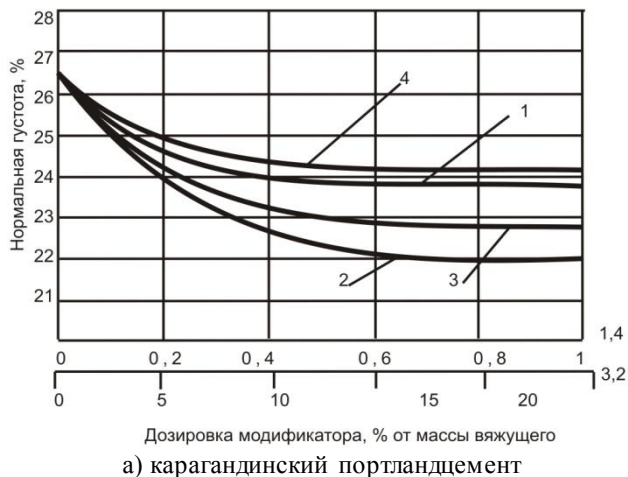


Рисунок 1 – Изменение нормальной густоты цементного теста в зависимости от вида и дозировки модификаторов: 1 – с модификатором 0,4 % С-3 плюс 4 % тиосульфата натрия (ТСН); 2 – с модификатором 0,3 % ГПД плюс 3 % тиосульфата натрия; 3 – с модификатором 12 % ОМД-МС; 4 – с модификатором ОМД-МК

Были проведены опыты по определению сроков схватывания и влиянию на них модификаторов ОМД-МС и ГПД (таблица 1).

Из таблицы 1 видно, что модификаторы в оптимальном количестве приводят к изменениям сроков схватывания в сравнении с контрольным, но не превышают нормы, установленные ГОСТ 10178-85.

Бетонную смесь удобней рассматривать как систему, состоящую из двух компонентов – цементного теста и заполнителя [4]. В этой связи вначале были проведены опыты по влиянию модификатора ОМД-МС на реологические свойства цементных паст, в связи с изменениями кинетики пластической прочности цементного теста (рисунок 2).

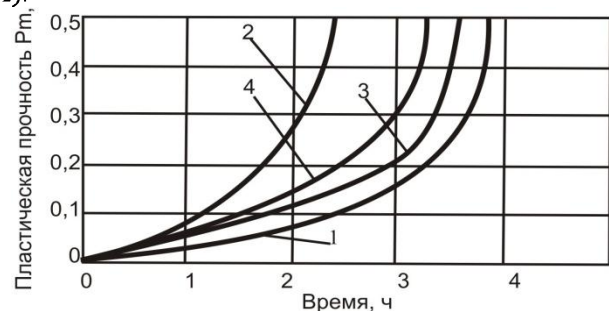


Рисунок 2 – Кинетика пластической прочности цементного теста: 1 – без добавки; 2 – с модификатором 12 % ОМД-МС; 3 – с модификатором 0,3 % ГПД; 4 – с модификатором С-3

Процессы структурообразования в начальный период времени изучались с помощью конического пластомера МГУ [5]. Результаты опытов представлены на рисунке 2, где видно, что пластическая прочность у цементных паст с модификатором ОМД-МС быстрее достигает своих максимальных значений, что свидетельствует о хороших формирующих свойствах цементной пасты. Определение вязкопластических свойств

цементных паст при ударно-динамическом воздействии определяли с помощью вискозиметра «Реотест» марки PV (таблица 2).

Модификаторы, содержащие ультрадисперсный микрокремнезем ОМД-МС и ОМД-МК на различных по интенсивности уровнях механических воздействий (таблица 2), показывают лучшую удобоукладываемость в сравнении с известными добавками-модификаторами С-3 и ГПД. При этом изменения удобообрабатываемости зависят от того, какова величина механического воздействия. Аналогичная зависимость отмечается в работах С.С.

Каприелова [1, 6], который отмечает особенности действия микрокремнезема, в частности, цементные пасты проявляют в спокойном состоянии свойства «псевдовязкости», при механическом воздействии – резкое повышение текучести. Полученные результаты указывают не только на то, что модификаторы позволяют получать в широком диапазоне удобообрабатываемые бетонные смеси, но и обеспечивают стабильность свойств смеси по однородности во время их транспортирования и укладки при бетонировании высотных конструкций или сооружений.

Таблица 1 – Нормальная густота и сроки схватывания портландцементов различного минералогического состава с гидрофобизирующими модификаторами

Добавка, % от массы вяжущего	Портландцемент	Минералогический состав клинкера				Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин	
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF		начало	конец
без добавки	карагандинский	47,92	19,09	8,65	13,6	26,5	2-40	8-35
12 % ОМД-МС						22,4	3-00	6-40
0,3 % ГПД плюс 3 % тиосульфата натрия						24,8	3-20	8-50
без добавки	усть-каменогорский	52,27	14,87	8,28	14,28	26,0	2-45	8-00
12 % ОМД-МС						22,3	3-10	6-50
0,3 % ГПД плюс 3 % тиосульфата натрия						24,5	3-42	9-00

Таблица 2 – Реологические характеристики цементных паст с модификатором ОМД-МС (В/Ц=0,4 температура 20 °С)

Вид модификатора	Показатели динамической вязкости, η , сП цементных паст при градиенте напряжений на срез, Д, с ⁻¹								
	1,8	3	9	16,2	27	48,6	81	243	437,4
без модификатора	2450	2270	2010	1475	990	740	610	383	279
12 % ОМД-МС	0	0	70	140	120	110	80	38	22
12 % ОМД-МК	0	0	86	159	132	121	91	44	23
0,3 % ГПД	0	82	90	105	90	87	73	49	41
0,4 % С-3	0	0	85	98	101	90	88	52	33

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Каприелов С.С. и др. Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформационными характеристиками // Бетон и железобетон. 2006. № 2. С. 4-6.
- Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алма-Ата: Наука, 1990. 112 с.
- Хигерович М.И. Гидрофобный цемент. М., 1957. С. 7-10.
- Баженов Ю.М. Технология бетона. М., 1978.
- Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. СПб.: Стройбетон, 2006. С. 511-547.
- Каприелов С.С. и др. Структура и свойства высокопрочных бетонов, содержащих комплексный органоминеральный модификатор «Эмбэлит». II Всероссийская Междунар. конф. по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – пути развития», 5-9 сентября 2005, Москва. Т. 3. С. 657-671.

УДК 691.3

САДУАКАСОВ М.,
АЙТЖАНОВ М.,
БАЙДЖАНОВ Д.

Шлакопортландцемент с высоким содержанием шлака для монолитного бетона

Высокая стоимость цемента в Казахстане соответствует мировому уровню, хотя доходы рядовых граждан на порядок меньше доходов зарубежных трудящихся. Это предопределяет необходимость поиска путей по уменьшению его

содержания в составах бетонов и растворов. Одним из радикальных способов снижения стоимости цемента является широкое производство и применение шлакопортландцемента. В то же время их массовое

использование сдерживается по следующим причинам:

- при повышении содержания шлака в составе клинкера до 60 % марка шлакопортландцемента снижается до 300 и менее;

- замедленный набор прочности при твердении в естественных условиях;

- примерно такая же стоимость, как и рядового портландцемента.

Для того чтобы шлакопортландцемент занял свою «нишу» на строительном рынке, необходимо не только устранить указанные недостатки, но и провести широкую рекламную кампанию о достоинствах, а также области применения шлакопортландцемента.

В КарГТУ совместно с НИИСтромпроект проводятся интенсивные исследования по разработке технологии шлакопортландцемента, в котором содержание шлака составляет до 80 %. Цемент с содержанием 20 % клинкера в составе, а остальное – доменный гранулированный шлак, который вводится при помоле клинкера, по себестоимости ниже портландцемента даже состава D20. С другой стороны, при переводе, например, 50 % мощности завода на выпуск шлакопортландцемента его годовой выпуск увеличится в 2,5 раза и при исходной мощности предприятия в 1 млн. тонн составит 2,5 млн. тонн продукции в год. Таким образом, из общего количества выпускаемого цемента выпуск портландцемента состава D20 составит 0,5 млн. тонн, а остальное количество, т.е. 2 млн. тонн составит шлакопортландцемент состава D80. Выгодность для предприятия очевидна, поскольку используя прежние обжиговые печи, а это основной топливно- и энергоемкий технологический аппарат цементного завода, а из оборудования добавляются только сушильные и помольные установки, достигается увеличение мощности в 2,5 раза.

В строительстве сложился стереотип применения цемента только марки М400. Вместе с тем существует ГОСТ (Цемент для общестроительных работ), который регламентирует выпуск цемента марки М200. Конечно, такой цемент нельзя использовать для формовки бетонных конструктивных изделий классов В25 и выше, но он с успехом может применяться для изготовления большой номенклатуры штукатурных, шпаклевочных и даже клеевых смесей. При

применении цемента только марки М400 допускается значительный перерасход вяжущего материала, что не только невыгодно с экономической точки зрения, но и неприемлемо для экологических норм. Согласно данным зарубежных специалистов, при производстве 1 т цемента в атмосферу выделяется около 1 т углекислого газа.

В связи с этим рациональное использование клинкерного фонда является важной государственной задачей.

При проведении экспериментов по получению шлакопортландцемента с высоким содержанием шлака были внесены определенные корректировки в технологию помола клинкера, а также использован комплекс химических добавок. Химический состав доменного гранулированного шлака – отхода производства завода компании «АрселорМиттал» (г. Темиртау) соответствует требованиям ГОСТ 3476-74.

Химический состав шлака, %: CaO – 35,61; MgO – 16,05; SiO₂ – 33,4; Al₂O₃ – 16,05; Fe₂O₃ – 2,41; MnO – 1,38; SO₃ – 1,36; п.п.п. – 0,81. Модуль активности шлака равен 0,9.

В качестве вяжущего использовали портландцемент завода АО «ЦентралАзияЦемент» (Карагандинская обл.), соответствующий требованиям ГОСТ 10178-85 (Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия). Физико-механические свойства портландцемента представлены в таблице 1, химический состав – в таблице 2.

Результаты полуколичественного анализа образца цемента АО «ЦентралАзияЦемент»:

Ca ₃ SiO ₅	76,0 %
Ca ₂ (Al,Fe) ₂ O ₅	17,0 %
Ca ₃ Al ₂ O ₆	10,1 %

Результаты экспериментов по модификации портландцемента представлены в таблице 3.

Полученные экспериментальные данные показывают, что несмотря на уменьшение в составе цемента содержания клинкера с 80 % до 20 %, при применении новой технологии и составов, обеспечивается получение шлакопортландцемента марки не только М400, но и М550 (состав 11). Согласно расчетам, с учетом стоимости добавок и других затрат, при выпуске шлакопортландцемента D80 по сравнению с портландцементом состава D20 достигается значительный экономический эффект.

Таблица 1 – Свойства портландцемента завода АО «ЦентралАзияЦемент»

Наименование показателей		Сроки схватывания, ч-мин		Предел прочности на изгиб, МПа, через 28 сут	Предел прочности на сжатие, МПа, через 28 сут
удельная поверхность, см ² /г	тонкость помола (остаток на сите 008), %	начало	конец		
2800	15,0	2-10	3-30	4,7	40,5

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что для успешного внедрения в строительство новых технологий, необходимо, в первую очередь, изменить

стереотип подхода строителей к вопросу применения цемента в зависимости от назначения бетонных и растворовых материалов.

Таблица 2 – Химический состав клинкера цементного завода АО «ЦентралАзияЦемент»

Содержание окислов, %						Потери при прокаливании, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
20,36	7,12	3,18	66,41	0,71	0,42	0,45

Таблица 3 – Прочность модифицированного шлакопортландцемента

Номер состава	Содержание шлака, %	Марка цемента по составу	Прочность на сжатие, МПа, после пропарки	Марка цемента по ГОСТ 10178-85
1	20	D20	26,0	ПЦ 400-2**
2*	20	D20	45,2	ПЦ 600-1
3	30	D30	28,4	ШПЦ 500-2
4*	30	D30	37,6	ШПЦ 600-2***
5	30	D30	41,4	ШПЦ 600-1
6	40	D40	29,0	ШПЦ 500-2
7*	40	D40	35,5	ШПЦ 600-2
8*	40	D40	38,9	ШПЦ 600-1
9	60	D60	23,0	ШПЦ 400-2
10*	60	D60	36,0	ШПЦ 600-2
11*	60	D60	46,1	ШПЦ 600-1
12	80	D80	16,0	ШПЦ 300-3
13*	80	D80	34,8	ШПЦ 500-1
14*	80		39,6	ШПЦ 600-1

* Модифицированные цементы;

** Группа по эффективности пропаривания;

*** Максимальная прочность для шлакопортландцемента по ГОСТу соответствует марке М500, в нашем случае марка достигает М600.

ӘОЖ 331.57(574)=512.122

ТӘЖІБЕКОВА К.Б.

Кедейшілік және жұмыссыздық мәселелерін шешудегі «Жол картасы» бағдарламасының алар орны

Қандай елде болмасын кедейшілік және жұмыссыздық мәселесі әрқашан болып тұрады, бұл табиғи құбылыс десе де болады, бірақ әр мемлекет осы мәселелерді шешуде өзінің белсенді немесе пассивті саясатын жүргізе алады. Осы жүргізілген саясатқа қарай бұл мәселелерді тиімді шешу жолына қол жеткізуге болады. Ең алдымен, бұл мәселелердің мемлекеттің дамуына кері әсерін тигізіп, елдегі адамның дамуын төмендетеді, сол себепті бұл мәселені зерттеу әрқашан өзекті мәселе болып табылады. Біздің елдегі жасалып жатқан оң шараларды қарастырмас бұрын, осы мәселелердің жағдайына сипаттама беріп көрейік. Келесі кестеде кедейшілік жағдайын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер динамикасы екі жыл бойынша сипатталған.

2009 жылдың мәліметі толық есептелмегендіктен 2007-2008 жылдардағы көрсеткіштерді сипаттайық. 2008 жылы өткен жылға қарағанда кедейшілік деңгейінің жалпы алғанда 1 пайызға төмендегенін көруге болады. Әрине бұл өте аз деңгей, оған қарамастан елімізде көбінесе кедейшілік деңгейін құрайтындар әлеуметтік қолдауды қажет ететін халық тобы болып табылады, сондықтан мемлекет 2010 жылдың 1 қаңтарынан бастап өмір сүру минимумы, ең төменгі еңбек ақы және барлық жәрдемақы мөлшерлерін көтерді. Атап айтатын болсақ, ең төменгі еңбек ақы мөлшері 2009 жылы 13700 теңгені құраса, 2010 жылдың 1 қаңтарынан бастап 14952 теңгені құрады және бұл мөлшер өмір сүру минимумына теңесті. Осыған сәйкес айлық есептік көрсеткіш 2009 жылдағы 1270 теңгеден 2010 жылы 1413 теңгеге дейін көтерілді.

1 – кесте – Қазақстан Республикасындағы кедейшілік көрсеткіштері, %

	Табыстары төмен халық үлесі		Кедейшілік тереңдігі	Кедейшілік күрделілігі	Джини коэффициенті	Қор коэффициенті
	өмір сүру деңгейі көлемінен	сәйкесті азық түлік қоржыны				
2007	12,7	1,4	2,4	0,8	0,309	7,17
2008	12,1	1,2	2,3	0,7	0,288	6,17

Зейнетақы мөлшерлері де көтеріліп, 2010 жылы мемлекеттік базалық төлемі 5981 теңге құрап, ең төменгі зейнетақы мөлшері 12344 теңгеге жетті.

Осы көрсеткіштердің өсуімен қатар, келесі себептерге байланысты әлеуметтік төлемдерде көтеріледі:

– еңбекке қабілеттілігін жоғалту бойынша 26405 адам алады екен, олардың жәрдем ақыларын көтеру үшін бюджеттен 151770 мың теңге қаражат қажет, яғни әр адамға шаққанда ай сайын тек 500 теңгеден қосылады деп есептеуге болады;

– асыраушысынан айырылу бойынша 9295 адам алады, олардың жәрдемақыларын көтеру үшін 79516

мың теңге қаражат қажет, ол әр адамға шаққанда әр ай сайын 712 теңгеде ақша қосылады.

Нақты ақшалай табыстарды қарайтын болсақ, 2010 жылдың қаңтарында 2009 жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда 11 пайызға өсіп, 35251 теңгені құрады.

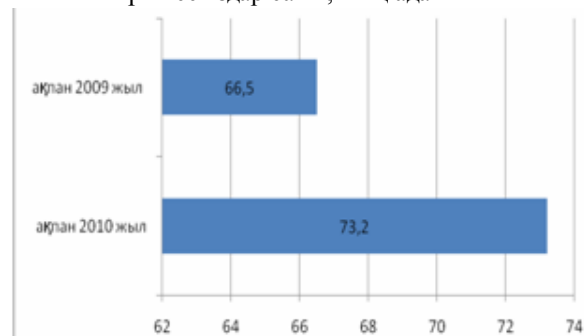
Ендігі кезекте ең төменгі күнкөріс мөлшерінің өзгеруін қарастырайық.

ҚР Статистика агенттігінің деректері бойынша негізгі тамақ өнімдерін тұтынудың ең төменгі нормаларынан есептелген, облыс халқының жан басына орта есеппен алғандағы, күнкөріс мөлшері 2009 жылғы желтоқсанмен салыстырғанда 0,3%-ға жоғарылап (ҚР бойынша – 0,7%-ға), 11045 теңгені (азық-түлік тағамдары – 6627 теңгені, азық-түлікке жатпайтын тауарлар мен ақылы қызметтер – 4418 теңгені) құрады, республикалық орташа көрсеткіш 12262 теңге болғанда. Ең жоғары күнкөріс мөлшері Алматы қаласында (15467 теңге), ең төмені – Оңтүстік Қазақстан облысында (10697 теңге) байқалды.

Осы кедейшілік деңгейіне тура әсер ететін негізгі фактор жұмыссыздық болып табылады, осы мәселенің жағдайын сипаттайық.

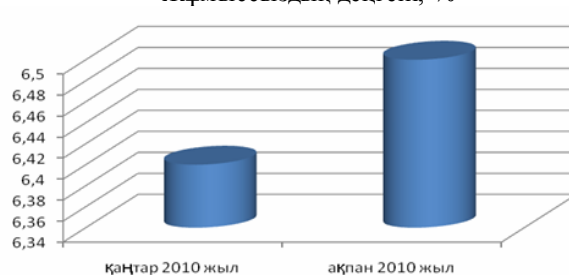
2010 жылы өткен жылмен салыстырғанда жұмыссыздар саны 10,1 пайызға өскен, сәйкесінше бұл елдің өмір сүру деңгейінің төмендегенін сипаттайды. Ал енді жұмыссыздық деңгейін қарайтын болсақ, ол 2010 жылдағы екі айды сипаттасақ, оның 0,1 пайызға өскенін көруге болады.

Жұмыссыздар саны, мың адам



1 – сурет – Жұмыссыздар санының динамикасы

Жұмыссыздық деңгейі, %



2 – сурет – ҚР жұмыссыздық деңгейі

Осы мәселелерді шешуде елде «Жол картасы» бағдарламасы 2006 жылдан бастап қолданыла бастады, елде тек жұмыссыздық пен кедейшілік мәселесін шешіп қоймай, тұтастай елдің игілік жағдайына әсер ететін бағдарлама 2009-2011 жылдары өзінің екінші кезеңін бастады. Оның нәтижесінде келесідей көрсеткіштерге қол жеткіздік.

Мемлекет басшысының сындарлы саясатының нәтижесінде ел экономикасының дамуына ықпал ететін маңызды бағдарламалар кезең-кезеңімен өмірге жолдама алып отыр. Осылайша қазақстандықтардың көңілінен шыққан әрі әлеуметтік жағынан қорғалуын көздеген «Жол картасы» бағдарламасының орны ерекше деуге толық негіз бар.

2 – кесте – Ең төмен күнкөріс мөлшері, бір айға есептегенде, теңгемен

	Жан басына орта есеппен алғанда			
	2008ж. желтоқсан	2009ж. қаңтар	Қаңтар %-бен	
			2008ж. желтоқсанға	2008ж. қаңтарға
Қазақстан Республикасы	12179	12262	100,7	108,6
Ақмола	11269	11284	100,1	108,5
Ақтөбе	12401	12404	100,0	108,6
Алматы	12401	12404	100,0	108,6
Атырау	13057	13047	99,9	100,8
Батыс Қазақстан	11153	11208	100,5	109,1
Жамбыл	10784	10836	100,5	105,4
Қарағанды	11012	11045	100,3	107,1
Қостанай	11306	11324	100,2	113,6
Қызылорда	12096	12177	100,7	112,9
Маңғыстау	15142	15221	100,5	112,7
Оңтүстік Қазақстан	10671	10697	100,2	107,8
Павлодар	10783	10794	100,1	111,1
Солтүстік Қазақстан	11519	11525	100,1	113,8
Шығыс Қазақстан	11455	11491	100,3	112,7
Астана	14358	14495	101,0	112,9
Алматы	15193	15467	101,8	103,1

«Жол картасының» басталуына дейін жалпы жұмыссыздық деңгейі облыста 6,8 пайызды құраса, байыпты жұмыс нәтижесінде өткен жылдың аяғында едәуір төмендеді. Облыста инвестициялық жобаларды жүзеге асыру үшін 19597 жұмыс орнын құруға 12,7 млрд теңге көлемінде қаржы бөлінсе, әлеуметтік жұмыс орындарын құру және жастар орындарын құру және жастар практикасы бағдарламаларын кеңейтуге республикалық бюджеттен – 728 млн теңге, кадрларды даярлау мен қайта даярлауға 1,1 млрд теңгеден астам қаржы қарастырылып, көптеген жұмыстардың тиянағы келтірілді. Мәселен, шешімін күткен 303 жоба қамтылып, оның 58-ін тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық нысандары, 95-ін жол жөндеу жұмыстары, 87-сін әлеуметтік, 63-ін қалалардағы және ауылдардағы әлеуметтік-мәдени орындар құрады. Осы аталған жұмыстарға 19847 жұмыс орны құрылып, орналастырылғандардың 82 пайызы немесе 16276 адам жұмыспен қамту органдарының жолдамасы арқылы жіберілгенін атап айтқан жөн.

Бағдарлама шеңберінде ТКШ-ны қайта жаңғырту жөнінде 58 жобаны іске асыруға бағдарламаға бөлінген қаржының үштен бір бөлігі немесе 4,8 млрд теңгесі жұмсалды. Нәтижесінде 67,1 шақырым сумен жабдықтау желілері, 23,9 шақырым канализациялық жүйелер, 8 канализациялық насос стансалары, 19,9 шақырым жылу желілері жөнделіп, жылу жүйесінің 4 нысаны қайта іске қосылды және 44,6 шақырым электр желілері, 17,2 газ жеткізу жүйесі қайта жасалып, сұйық газға арналған 47 топтық қойма қалпына келтірілді. Талдықорған қаласының 7 мыңнан астам тұрғыны орталық газға қосылу мүмкіндігін пайдаланып отыр.

Бірнеше жылдан бері алғаш рет жылумен қамтамасыз ету желілерін жөндеу мен қайта қалпына келтіруге 2 млрд теңгеден астам қаржы бөлініп, Қапшағай, Талдықорған, Іле, Қарасай аудандарындағы жылу қазандықтары мен жылыту желілері жөнделді. Жол жөндеу жұмыстарына 2,8 млрд теңгелік 95 жоба іске асырылып, 394,5 шақырым жолға орташа, 459,8 мың шаршы метр жолға ағымдағы жөндеу жұмыстары жүргізілді.

«Жол картасын» іске асыру шеңберінде 53 білім беру, 27 денсаулық сақтау, 4 мұражай, 2 спорт және 1 әлеуметтік нысанды жөндеу және жылыту жұмыстары қатар жүргізіліп, жағдай жақсарды.

«Жол картасындағы» басты бағыттардың бірі – кадрларды даярлау және қайта даярлау. Бұл алдыңғы жылдарға қарағанда кәсіптік білім беру жүйесінің мүмкіндігін барынша пайдалануға жол ашты. Оқуға жұмыссыз азаматтармен қатар, қосымша кәсіптік білім беру жүйесінің мүмкіндігін барынша пайдалануға жол ашты. Оқуға жұмыссыз азаматтармен қатар, қосымша кәсіп алу үшін толық емес режимде жұмыспен қамтылған азаматтар жіберіліп, 9704 адамды даярлау және қайта даярлау үшін республикалық бюджеттен 1,1 млрд теңгеден астам қаржы бөлінеді. Кадрларды кәсіптік оқыту және қайта даярлау 32 оқу орнында 36 кәсіп пен мамандықтың түрі бойынша өткізілсе, шетелдік жұмыс күшін алмастыруды көздейтін бірқатар күрделі мамандықтар бойынша

кадрларды даярлау оқу орындарының жұмыс біреушілермен келісім-шарт жасауы арқылы тікелей кәсіпорындарда жүргізілген айтуға болады.

Облыста дағдарыстың алдын алу, жұмыссыздықты болдырмау мақсатында облыс әкімінің 2009 жылғы «Қызметкерлерді жаппай жұмыстан босатудың алдын алу мәселелерін қарау және еңбек рыногын тұрақтандыру шараларын қабылдау жөніндегі жұмыс тобын құру туралы» қаулысына сәйкес «Жол картасының» жүзеге асырылуына тұрақты мониторинг жүргізіліп, бақылау орнатылады.

Әлеуметтік жұмыс орындарын құру бағдарламасы халықтың нысаналы тобының ішінен лайықты жұмыс таба алмаған санаттағы тұлғаларды жұмыспен қамтуға, ал, «Жастар практикасы» бағдарламасы жас түлектердің еңбек рыногында бағдарлануына және жарты жыл бойы 15000 теңге көлемінде жалақы алуына мүмкіндік берді. Осылайша әлеуметтік жұмыс орындарын құруға 532 млн теңге бөлініп, 5911 адамды, жастар практикасын ұйымдастыруға 196 млн теңге бөлініп, оқу орнының 2177 түлегін қамту жоспарланса, осы мақсатта 2168 кәсіпорын, ұйымдармен келісім-шарт жасалады.

Халықтың нысаналы тобының ішінен 7673 адам әлеуметтік жұмыс орындарымен қамтамасыз етіліп, «Жастар практикасы» бағдарламасы барлық аумақтарда кеңінен етек алып, белсенді дамуға ие болды. Оған жіберілгендердің саны 2922 адамға жетіп, бағдарлама нәтижесінде бүгінгі күні жас түлектер өздеріне лайықты жұмыс табуға толық мүмкіндік алды және 1016 жас маман тұрақты жұмысқа орналасқанын айтуға болады.

2009 жылы «Жол картасын» іске асыру еңбек нарығындағы ахуалды біршама тұрақтандыруға мүмкіндік берді, 380 мыңнан астам жұмыс орны құрылды, жұмыссыздық деңгейі 0,3 пайыздық пунктке төмендеп, 2010 жылдың 1 қаңтарына 6,3 пайызды құрады. 1 млн астам адам жұмыс істейтін 8 мыңдай кәсіпорын жұмыс орындарын сақтау, қызметкерлердің еңбек құқықтарын және кепілдіктерін сақтау жөнінде меморандумға қол қойды, сонымен бірге олардың ұжымдық-шарттық қатынастар жүйесімен қамтылуы 2008 жылғымен салыстырғанда 2,5 есеге артты.

Бұл жұмыс 2010 жылы да, оның ішінде «Жол картасы» аясында да өз жалғасын табатын болады. Қазіргі уақытта инвестициялық жобалардың тізбесі, азаматтарды жұмысқа орналастыру үшін жұмыс орындарын құру жөніндегі негізгі тапсырмалар мен осыларға байланысты қаржы шығындары айқындалды. Өткен жылғыдай барлық инвестициялық жобаларды жылжытудың қатаң да шынайы мониторингін қамтамасыз ету қажет. Мұның бәрі ағымдағы міндеттер. Алайда елімізді жеделдетіп индустриализациялау жөніндегі басты басымдықты іске асыру еңбек нарығы мен жұмыспен қамту саласын мемлекеттік реттеудің ұзақ мерзімді перспективалық бағдарламасын әзірлеуді талап етеді.

Айта берсек, мұндай игілікті істер жеткілікті. Әрине, ағымдағы жылы да бұл жұмыстар одан әрі жалғасатыны анық. Бұл бағыттағы жұмыстарға жыл басынан жан-жақты дайындық өрістетіліп келеді.

«Жол картасы» өңірдегі елді мекендердің дәулеті мен сәулетіне өзіндік қолтаңбасын қалдырумен қатар халықтың күнкөрісін жақсартып, өмірлерін өзгертті деуге толық негіз бар.

Бұл ретте адамдарды әлеуметтік қорғау қатер жағдайына тап болған азаматтар мен жергілікті атқарушы органдардың арасындағы «өзара міндеттемелер» қағидатына негізделетін болады. Әлеуметтік қолдауға ие болу құқығы жұмыссыздар мен халықтың өзге нысаналы топтарының еңбекке қабілетті бөлігінің жергілікті атқарушы органдар іске асыратын бағдарламаларға қатысу міндеттерімен үйлестірілетін болады. Осы мақсатқа көші-қон заңнамасын еліміздің әлеуметтік-экономикалық даму мүдделерінде жетілдіруге бағытталған көші-қон саясаты да бағынатын болады (қазіргі уақытта «Халықтың көші-қоны туралы» заң жобасы Қазақстан Республикасы Парламентінің қарауында жатыр).

Өткен жылы еліміздің үш өңірінде «Нұрлы көш» бағдарламасының қанатқақты жобалары іске асырылып, 253 оралман отбасы тұрғын үйлі болды. 2010 жылы осындай қанатқақты жобалар еліміздің 6 өңірінде іске асырылатын болады. Бұл ретте, көші-қонның барлық түрін (этникалық, еңбек және ішкі) реттеу жекелеген аумақтардың әлеуметтік-экономикалық және демографиялық болжамдары мен бағдарламаларының деректеріне сүйенетін болады.

2009 жылы әлеуметтік қамсыздандыру және әлеуметтік көмекке кеткен шығыс 2005 жылғымен салыстырғанда 2,3 есеге көбейтіліп, 812,9 млрд теңгеге жетті, немесе республикалық бюджеттің 24,1 % немесе мемлекеттік бюджеттің 21,6 % құрады. 2010 жылы әлеуметтік қамсыздандыру және әлеуметтік көмек шығыстары 922,4 млрд теңгені, 2011 жылы – 1026,2 млрд теңгені құрайтын болады, бұл 2009 жылғымен салыстырғанда тиісінше 13,5 және 26,2 пайызға көп.

Сонымен қатар, отбасы, ана мен бала институтын нығайту жөнінде жұмыстары да жалғасын табады. Ағымдағы жылы төртінші және одан кейінгі балалар үшін біржолғы жәрдемақы мөлшері 30 АЕК-тен 50 АЕК-ке дейін, ал бала күтімі жөніндегі ай сайынғы жәрдемақы мөлшері орта есеппен 1,3 есе арттырылды.

Осы жылдан бастап әлеуметтік төлемдердің жаңа түрі – мүгедек балаларды тәрбиелеп отырған ата-аналарға, қамқоршыларға берілетін жәрдемақы енгізілді, оның мөлшері бір ең төмен жалақыны (14 952 теңге) құрайды.

Көп балалы аналарды «Алтын алқа», «Күміс алқа» белгілерімен марапаттаудың шарттары өзгертілді. «Алтын алқа» белгісімен жеті (бұрын – он және одан да көп) және одан да көп баласы бар аналар, «Күміс алқа» белгісімен алты (бұрын – сегіз) баласы бар аналар марапатталатын болды. «Алтын алқа», «Күміс алқа» белгілерімен марапатталған немесе бұрын «Батыр ана» атағын алған, сондай-ақ I және II дәрежелі «Ана даңқы» ордендерімен марапатталған көп балалы аналарға берілетін арнаулы мемлекеттік

жәрдемақылардың мөлшері 1,7 есеге өсті. 2015 жылға қарай мемлекеттік әлеуметтік жәрдемақылардың мөлшері 2010 жылғымен салыстырғанда 1,2 есе артатын болады.

1941-1945 жылдардағы Ұлы Отан соғысындағы Жеңістің 65 жылдығына дайындалу және оны мерекелеуге қатысты ардагерлерді әлеуметтік қолдаудың қосымша шаралары қабылданады. 2010 жылғы 1 қаңтардан бастап ай сайынғы арнаулы мемлекеттік жәрдемақылардың мөлшері: Кеңес Одағының Батырларына, үш дәрежелі Даңқ орденінің иегерлеріне 15 айлық есептік көрсеткіштен 130 айлық есептік көрсеткішке (АЕК) немесе 183690 теңгеге дейін; Ұлы Отан соғысының қатысушылары болып табылатын Социалистік Еңбек Ерлеріне – 15-тен 70 АЕК немесе 98910 теңгеге дейін арттырылды.

Бұл мақсатқа республикалық бюджеттен барлығы 4,8 млрд теңге бөлінеді.

Әлеуметтік-еңбек саласында қабылданатын шаралардың барлығы Қазақстан халқының тұрмыс деңгейін жақсартуға ықпал етеді. Осы бағдарламалармен қатар, кедейшілік және жұмыссыздық деңгейін төмендету үшін келесі шараларды қолдану қажет.

Кедейшілік деңгейін төмендетудегі мемлекеттік органдардың қызметін жетілдіру жөніндегі шаралар:

- халықты еңбекпен қамтуды көтеру мақсатында облыс экономикасын өсіруді қамтамасыз ету үшін ықпалдырақ шаралар қабылдау;

- қолданылып жүрген нормативтер негізінде әлеуметтік салалар қызметтерімен (білім, денсаулық сақтау, мәдениет және спорт) облыс халқын қамтамасыз ету жөнінде шаралар қабылдау;

- алғашқы медициналық көмек көрсетуге, базалық білім беруге, атаулы көмек көрсетуге бағытталған қаражаттардың мақсатты жұмсалыуына бақылауды күшейту;

- ауылдық жерлердегі әлеуметтік салалар объектілерін ашуға жәрдемдесу;

- кедейшілікті төмендету мәселесі бойынша мемлекеттік органдар мен мүдделі қоғамдық бірлестіктер арасында өзара байланыс тәжірибесін енгізу;

- бұқаралық ақпарат құралдарын, оның ішінде жеке меншік, кедейшілікті төмендетудегі оңды тәжірибелерді насихаттауға қатыстыру.

Кедейшілік деңгейін төмендетудегі үкіметтік емес ұйымдардың және кәсіподақтардың жұмысын жетілдіру шаралары:

- мұқтаж болғандардың жарамды санына негізделген кедейлерді қолдауға деген бюджеттік қажеттілікті қалыптастырудағы үкіметтік емес ұйымдардың қатысын қамтамасыз ету;

- Қазақстан Республикасының «Мемлекеттік атаулы әлеуметтік көмек туралы» 2001 жылдың 17 шілдесінде шыққан Заңына сәйкес аймақтар әкімдерімен құрылған учаскелік комиссиялардың құрамына үкіметтік емес ұйымдардың өкілдерін міндетті түрде ендіру;

- үкіметтік емес жастар ұйымының қатысуымен білім сапасы аймағында зерттеу жүргізу.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Казахстанская правда. 10 марта 2010 года. № 88.

2. Сайт акима Карагандинской области // <http://ru.government.kz/site/news/2009/05/113>.
3. Интервью министра труда и социальной защиты населения РК Г.Абдыкановой
//<http://ru.government.kz/documents/publications/251>.
4. Статистические материалы РК //Банки Казахстана. № 1. 2010 г.

Раздел 5

Автоматика. Энергетика. Управление

УДК 621.365:369.045

ХАЦЕВСКИЙ К.В.

Создание установок для электрофизической обработки жидкостей в электромагнитных полях

Исследование и разработка методов расчета индукционных систем нагрева жидкостей [1] позволили создать электротехнологические установки принципиально нового типа, в которых с использованием электромагнитных полей за счет интенсификации электродиффузии и термодиффузии в десятки и сотни раз увеличивается скорость протекания различных химических реакций. Это позволяет осуществлять новые электротехнологические процессы: переработка жидких отходов, снижение жесткости воды, опреснение морской воды и т.д.

Общий анализ рабочих режимов обработки жидкости в рассматриваемых устройствах позволил выделить три одновременно протекающих взаимосвязанных процесса:

1. Нагрев и принудительное движение жидкости в рабочем объеме за счет перепада давлений жидкости на входе и выходе устройства.

2. Нагрев и конвективное движение жидкости при взаимодействии непосредственно с нагревающей поверхностью и реализацией различных режимов (нагрев в температурной области без насыщения, нагрев при объемном, поверхностном или пузырьковом кипении с одновременным протеканием термохимических процессов).

3. Движение катионов и анионов за счет объемно распределенных электромагнитных сил, действующих локально на паропроводящую смесь в рабочем пространстве индукционных систем нагрева (электромагнитное вихревое перемешивание), с одновременной интенсификацией термохимических

процессов в электромагнитном поле. Рассмотрим последовательно эти три процесса.

Принудительное движение жидкости за счет перепада давлений на входе и выходе нагревательного устройства определяет циркуляцию потока жидкости и интегральный теплообмен с коаксиальными цилиндрами. Основные принципы расчета и эффективность эксплуатационных характеристик индукционных нагревателей такого типа приведены в [1-4]. Теплообмен жидкости с нагревающими цилиндрами в этом процессе определяется законом Ньютона и, следовательно, коэффициентом теплоотдачи.

Интенсивность взаимодействия жидкости с нагревающей поверхностью зависит от удельной плотности теплового потока при теплообмене и определяет характер движения жидкости совместно с электродинамическими процессами непосредственно около поверхности нагрева (объемное или поверхностное кипение, нагрев без парообразования). Коэффициент теплоотдачи в этом случае зависит от характера взаимодействия с нагревающей поверхностью и, следовательно, целого ряда факторов: температур теплоотдающей поверхности $T_{нагр}$ и тепловоспринимающей среды T_n , формы и геометрических размеров нагревающих стенок, характера конвективного движения жидкости со скоростью V_T , изменяющегося за счет действия электродинамических сил, возникающих при взаимодействии электропроводной воды с электромагнитным полем, физических свойств жидкости (теплоемкости (c), теплопроводности (λ),

плотности (ρ), вязкости (η), одновременно зависящих от температуры). Величина теплового потока, поступающего в жидкость от нагревающей поверхности, в свою очередь, определяется тепловыделением в короткозамкнутых витках индукционной системы нагрева и оценивается на основе решения уравнения теплопроводности с внутренними источниками тепла [5]. Кинетика химико-термических процессов, протекающих в жидкости при ее нагреве, зависит от скорости нагрева и характера процессов, развивающихся в объеме жидкости, которые могут рассматриваться как дополнительные оптимизационные параметры для процессов снижения солесодержания в теплоносителе.

Одновременность протекания электротермохимических и теплофизических взаимодействий в нагреваемой воде определяет необходимость изучения влияния на эти процессы напряженностей электромагнитного поля и электродинамических сил, возникающих в гидродинамических потоках нагреваемой воды. В качестве модельного объекта исследований целесообразно рассматривать водопроводную воду со стандартным солесодержанием 6...7 мг-экв/кг.

Направленность термохимических процессов и интенсивность их протекания можно оценить на основе анализа эксплуатационных характеристик существующих и наиболее распространенных на практике систем нагрева воды. Отопительные электроустановки, выпускаемые промышленностью, обеспечивают нагрев воды при плотностях теплового потока $(2...8) \cdot 10^4$ Вт/м². Длительность безремонтного периода работы такой системы на основе трубчатых электронагревателей (ТЭН) ограничивается скоростью роста отложений (накипи) на поверхности нагревателя и при толщине отложений в 0,5 мм составляет 800...1000 часов. Электродные электроды, в которых нагрев воды осуществляется за счет пропускания через воду электрического тока, сохраняют свои нагрузочные характеристики в течение 200...300 часов. Затем происходит снижение мощности из-за накопления на электродах отложений. Эти же процессы формирования отложений протекают в любой теплосети, включая системы централизованного теплоснабжения от ТЭЦ и котельных.

Химический анализ отложений показывает, что к основным составляющим относятся карбонатные соединения (Ca, Mg, Fe)-CO₃, сульфатные CaSO₄ · 3H₂O, гидроокиси магния Mg(OH)₂, оксиды железа в различных формах (гидроокиси Fe(OH)₃, Fe(OH)₂, гематиты Fe₂O₃, вюситы FeO), шпинелиды, магнетиты Fe₃O₄. Силикаты в отложениях встречаются как в виде безводных соединений, так и в виде гидратированных молекул.

Коррозионная агрессивность воды определяется содержанием диоксида углерода CO₂, кислорода O₂, сероводорода H₂S, окислов железа и ионов Cl и SO₄²⁻. Химический состав воды в системах отопления может изменяться в процессе эксплуатации за счет коррозии металла труб в теплосети, взаимодействия воды с воздухом и поступлением добавочной воды. Поэтому,

несмотря на расход солей в процессе накипеобразования и формирования отложений в трубах, радиаторах и на нагревателях, коррозионная способность воды самовосстанавливается, а формирование отложений происходит непрерывно. Этому способствуют реакции окисления железа с образованием бикарбоната: $\text{Fe} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2$, с последующим образованием оксидов железа и вторичной двуокиси углерода: $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

Проведенный анализ химико-термических процессов накипеобразования в замкнутых системах отопления показал, что особенно перспективным является создание устройства, которое бы не только обеспечивало нагрев воды, но и интенсифицировало проведение рассмотренных химических реакций до скоростей, превышающих скорость восстановления коррозионных способностей воды, с получением нерастворимых соединений в объеме нагреваемой воды без осаждения продуктов реакции на каких-либо поверхностях.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования на кафедре Автоматизированных электротехнологических установок Новосибирского государственного технического университета [4] показали, что такой практический результат возможно получить при реализации электронагрева в режимах пузырькового кипения в индукционных системах с движущимися слоями воды, если обеспечить необходимые критические тепловые потоки и оптимальные напряженности электромагнитного поля в областях солеобразования. Взаимодействие пароводяной смеси с электромагнитным полем, величина электродинамических сил, возникающих при этом взаимодействии, во многом определяются скоростями движения и электропроводностью этой смеси, которая зависит от солесодержания и интенсивности теплофизических режимов нагрева воды.

Как установлено экспериментально [4], для интенсификации термохимических реакций в жидкости определяющим являются не столько абсолютные значения возникающих электродинамических сил, сколько вихревой характер поля этих сил. При этом скорости движения элементарных объемов жидкости должны быть соизмеримы со скоростями протекающих химических реакций в жидкости. Обеспечивая в цилиндрической системе индукционного нагрева оптимальный угол α между направлениями $\vec{B}_a$ и $\vec{V}_a = f(z, r, \varphi)$ создаются условия трехмерного характера растекания тока, составляющие которого зависят как от $\vec{B}_a$, так и от $\vec{V}_a$.

При атмосферном давлении электропроводность паровой фазы значительно ниже электропроводности водяной фазы. Поэтому пароводяную смесь можно рассматривать как систему, состоящую из двух компонент – проводящей электрический ток (воды) и диэлектрика (пара). Электропроводность такой гетерогенной системы зависит от проводимости водяной фазы, объемного паросодержания и

структуры пароводяной смеси. Для конкретной объемноодинаковой пароводяной смеси можно аналитически рассчитать электропроводность на основе теории Максвелла [6] для проводников с диэлектрическими включениями. Такой расчет обеспечивает достаточную точность, если паровая фаза (диэлектрик) присутствует в проводнике в виде равномерно распределенных шаровых пузырей одного размера при небольшом объемном содержании пара в смеси.

При реализации нагрева воды в индукционных системах проточного типа пароводяная смесь имеет сложную структуру, включающую пузыри размерами от долей миллиметра до миллиметра с последующим исчезновением после взаимодействия с менее нагретыми объемами воды. Кроме этого, температура воды и, следовательно, паросодержание в пароводяной смеси изменяется от входа потока воды в установку до ее выхода. Для таких сложных структур определять электропроводность пароводяной смеси можно только экспериментальным путем.

Пароводяная смесь и вода относятся к слабопроводящим (полупроводниковым) веществам и характеризуются ионной электропроводностью за счет диссоциации самой жидкости (собственная электропроводность) и примесей (примесная

электропроводность). Удельное электрическое сопротивление воды и пароводяной смеси может изменяться в диапазоне от $5 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^5$ Ом·м в зависимости от содержания солей и пара. Поэтому интенсивность взаимодействия воды с электромагнитными полями будет менее ярко выражена, чем с электропроводными металлами. Однако экспериментально установлено, что локальное взаимодействие силового электродинамического поля и напряженностей электромагнитного поля на область насыщенных растворов при нагреве воды существенно увеличивает скорости образования нерастворимых в воде солей и, тем самым, обеспечивает снижение ее жесткости в индукционных системах нагрева.

В электротехнологиях практически не рассматривались электродинамические процессы в воде и других жидкостях с ионной электропроводностью, находящихся в электромагнитных полях индукционных систем нагрева. В связи с этим в настоящее время созданы экспериментальные установки, в которых повышение технологической эффективности осуществляется за счет интенсификации электродиффузии в рассматриваемых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чередниченко В.С. Индукционные нагреватели с электромагнитными экранами // Электричество. 1970, № 2. С. 40-44.
2. Чередниченко В.С. Расчет потерь энергии в кожухе индукционных электропечей // Электротермия. М.: Информэлектро, 1967. Вып. 98. С. 7-8.
3. Cherednichenko V.S., Ivlikov S.U., Inkin A.I. Calculation of induction heating system with coaxial cylinders design / Proceeding of the international seminar on Heating by Internal Sources. September 12-14, 2001. Padua (Italy): Servizi Grafici Editoriali, 2001. P. 481-486.
4. Хацевский К.В. Электронагрев жидкостей и газов в индукционных установках с коаксиальными цилиндрами. Павлодар: ЭКО, 2002.
5. Чередниченко В.С., Новиков Ю.П. Расчет тарельчатого аппарата для разделения и очистки металлов возгонкой в вакууме // Вакуумные процессы в цветной металлургии. Алма-Ата: Наука, 1971. С. 95-100.
6. Maxwell J.C. A treatise on Electricity and magnetism, Edition, Oxford Univ. Press, 1891.

УДК 621.315.616.9039.83
БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х.

Высоковольтные кабели с изоляцией из полиимидных пленок

1 Изоляция высоковольтных кабелей
Электрическая изоляция силовых кабелей служит для изолирования токопроводящей жилы от жил других фаз и другого напряжения и заземленных оболочек кабеля. Радиальные размеры высоковольтных кабелей в значительной степени определяются толщиной изоляции. В целях уменьшения габаритных размеров и стоимостей кабелей выбирают достаточно высокие рабочие напряженности в электрической изоляции. В силовых кабелях широко применяются бумажно-масляная изоляция и изоляция из полиэтилена, поливинилхлоридного кабельного пластика, резины [1].

Широкое применение в кабелях находят полимерные материалы. Накладываемая экструзией на токопроводящую жилу полимерная изоляция не

требует дорогостоящей свинцовой или алюминиевой оболочки. Наибольшее распространение в кабелях высокого напряжения получил полиэтилен. Полиэтилен имеет низкий $\text{tg} \delta$ и небольшую относительную диэлектрическую проницаемость. Кратковременная электрическая прочность полиэтилена достигает в небольших толщинах 300-500 МВ/м. Однако при длительном приложении напряжения в полиэтилене развиваются дендриты, завершающиеся пробоем изоляции. Дендриты развиваются от местных неоднородностей и загрязнений полиэтилена. Поэтому для увеличения долговечности изоляции кабеля полиэтилен необходимо тщательно очищать. Высокий температурный коэффициент линейного расширения полиэтилена ($0,00015-0,00018 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) приводит к появлению в полиэтилене высоких механических

напряжений при смене температуры, что вызывает снижение срока службы изоляции [1].

В настоящее время полиэтилен применяется в кабелях на напряжение до 220 кВ, а с изоляцией из сшитого полиэтилена до 500 кВ. В целях повышения нагревостойкости полиэтилен подвергают сшиванию, при котором линейная структура переходит в пространственную. Сшивание полиэтилена осуществляется либо его облучением электронами или γ -лучами, либо химическим путем. Радиационное сшивание полиэтилена дает более высокое качество материала, так как при этом не вносятся никаких добавок. Химическое сшивание полиэтилена осуществляется путем введения в него перекисных соединений, которые несколько снижают его электроизоляционные свойства.

Поливинилхлоридный пластикат имеет повышенный $\text{tg}\delta$, что ограничивает его применение из-за тепловой неустойчивости кабелей при высоком напряжении, обусловленное высокими диэлектрическими потерями. Поэтому кабели на основе поливинилхлоридного пластиката изготавливают на напряжение до 10 кВ.

Кабели с резиновой изоляцией для стационарной прокладки применяют на напряжение до 35 кВ. Основным недостатком резиновой изоляции является ее сравнительно быстрое старение, приводящее к перестройке структуры каучука и вызывающее отказ кабеля.

Бумажно-масляная изоляция применяется в кабелях практически на все напряжения. Существенным достоинством бумажно-масляной изоляции являются ее не высокая стоимость и большая долговечность. Толщина кабельной бумаги от 80 до 170 мкм. Недостатки бумажно-масляной изоляции: высокий $\text{tg}\delta$, повышенные требования к качеству изготовления кабелей, потребность к герметичной металлической защитной (свинцовой или алюминиевой) оболочке. Повышение значения $\text{tg}\delta$ требует применения в кабелях на напряжение 500 кВ и выше форсированного охлаждения. С целью снижения $\text{tg}\delta$ ведутся работы по использованию в кабелях неполярных полимерных пленок, к таким относятся полиимидные слабополярные пленки.

2. Применение полиимидных пленок ароматического строения в высоковольтных кабелях и проводах

Основная область применения полиимидных пленок – электрическая изоляция кабелей и проводов, пазовая и межфазная изоляция в электрических машинах. Конструкция авиационного кабеля с изоляцией из пленки Kapton – F. Пленка Kapton – F – комбинированная, с одно- или двухсторонним покрытием фторопластом Teflon FEP (сополимер тетрафторэтилена с гексафторпропиленом; в РК известен под маркой фторопласт-4 МД). Это покрытие придает пленке способность свариваться с такой же пленкой и другими материалами. Кроме того, оно увеличивает химическую стойкость, а также повышает термоокислительную стабильность. Металлическая жила обертывается двумя слоями полиимидно-фторопластовой ленты Kapton – F марок

F029 и F616, которые имеют толщину фторопластового покрытия 12,5 мкм и 2,5 мкм соответственно. Намотка каждого слоя производится в противоположных направлениях по спирали, с 50 %-м перекрытием. При нагревании слой фторопласта плавится и прочно соединяет ленты с образованием однородного покрытия. Внешняя оболочка изготавливается из фторопласта или полиимида (в последнем случае значительно возрастает сопротивление изоляции продавливанию) [2].

За счет высокой прочности и термостабильности полиимидной пленки можно снизить толщину изоляции в 2-3 раза по сравнению с изоляцией из двух материалов. Это дает экономию до 25, а по размерам – до 50 %. Преимущество по габаритам проводов с пленочной полиимидной изоляцией хорошо видно при сопоставлении его с кабелем того же сечения, изоляция которого выполнена из сшивающихся карбоцепных полимеров поливинилиденхлорида и полиолефина методом экструзии. Срок службы кабелей с изоляцией Kapton – F при 250 °C превышает 2000 ч, а при 275 °C – более 600 ч. Благодаря многослойности изоляции увеличивается ее надежность. Большим достоинством кабелей с полиимидной изоляцией является их негорючесть. Внесенный в пламя газовой горелки кабель обугливается лишь в месте, омываемом пламенем; дальше горение не распространяется.

В РФ освоен промышленный выпуск комбинированной полиимидно-фторопластовой пленки на основе пленки ПМ с односторонним (ПМФ-351) и двухсторонним (ПМФ-352) покрытием из фторопласта-4 МД. Эти пленки сохраняют на высоком уровне механические и электроизоляционные характеристики в интервале температур от –60 до +200 °C, обладают повышенными химической и влагостойкостью и способностью образовывать прочный сварной шов при сварке Ф-4 МД + Ф-4 МД, например, двухсторонней пленки.

Пленка ПМФ выпускается трех марок: С, А и Б – с толщиной полиимидной основы 40 и 60 мкм и толщиной фторопластового покрытия 10 мкм. Возможен выпуск пленки с толщиной полиимидной основы 30 мкм и толщиной фторопластового покрытия 5 мкм. При разработке кабелей с изоляцией на основе полиимидно-фторопластовых пленок, удовлетворяющих требованиям эксплуатации высоковольтных кабелей, необходимо обеспечить следующие условия:

- герметизацию и монолитность изоляции, за счет чего достигаются высокие значения физико-механических и электрических параметров;
- хорошую адгезию изоляции к жиле, что в сочетании с первым требованием должно гарантировать высокую эластичность изоляции и стойкость к многократным перегибам в процессе прокладки кабеля;
- адгезионную способность поверхностного слоя изоляции к пропитывающим или цементирующим составам, применяемым при изготовлении кабелей.

Указанные проблемы могут быть решены применением в конструкции изоляции как

двухсторонних, так и односторонних полиимидно-фторопластовых пленок и обеспечением надежной сварки этих пленок между собой в процессе термообработки при изготовлении кабеля. При этом двухсторонняя пленка накладывается непосредственно на жилу, а односторонняя – в наружном слое изоляции фторопластом внутрь, полиимидом наружу. За счет фторопластового покрытия обеспечиваются сваривание пленок между собой и адгезия к жиле, а поверхность изоляции кабеля из чистого полиимида позволяет накладывать внешнюю полимерную оболочку из таких материалов, как поливинилиденфторид, фторопласт методом экструзии.

В таблице 1 представлены основные технические характеристики пленки ПМ толщиной 40 мкм, односторонней ПМФ-351С и двухсторонней ПМФ-352С пленок с толщиной полиимидной основы 40 мкм.

При изготовлении высоковольтных проводов, а не кабелей, марки ППИ-У с применением пленок марки ПМФ-С производства России, выполненных на основе пиромеллитового диангидрида, т.е. полипиромелитимидных пленок, номинальная толщина изоляции составляет 0,23 мм. При этом толщина полиимидной основы пленки ПМФ-С равна 40 мкм при общей толщине двухсторонней пленки 60 мкм и односторонней 50 мкм. При изготовлении таких же проводов, но из пленки Каптон – F толщина изоляции составила 0,225 мм. Различие в конструкции объясняется толщиной пленки Каптон – F, которая составляет 25 мкм при общей толщине двухсторонней пленки 50 мкм и односторонней 38 мкм. Как уже указывалось ранее, вышеназванные полиимиды относятся к группе ароматических полиимидов.

3. Применение полиимидных пленок алициклического строения в высоковольтных кабелях и проводах

Аналогичным образом возможен расчет изоляции кабеля из разработанного полиимида алициклического строения марки ПИФ_{АБ} [3, 4], электромеханические характеристики которого не уступают, а иногда и превосходят характеристики полиимидов ароматического строения. Так, например, толщину полиимидной основы можно формовать до 200 мкм. Оптимальной толщиной основы считается 150-160 мкм. В данном случае для расчета берем толщину

полиимидной основы, равной 160 мкм, и по 10 мкм с двух сторон покрытие из фторопласта.

Толщина изоляции кабелей на высокие напряжения находится из условия, чтобы ее пробивное напряжение было выше наибольшего действующего в эксплуатации. Существенное значение имеет выбор рабочей напряженности в изоляции кабеля. Максимальную рабочую напряженность поля получим по формуле

$$A\delta\alpha\alpha = \frac{A\dot{\gamma}\delta}{K_1K_2K_3K_4K_5} \quad (1)$$

Электрическая прочность E_{np} определяется на основе экспериментов как среднее значение и зависит от толщины листов пленки, времени приложения напряжения и других факторов. Электрическая прочность полимерной изоляции уменьшается с увеличением ее толщины, площади электродов, температуры и экспозиции напряжения. С повышением толщины пленки E_{np} как на переменном, так и на импульсном напряжении снижается. Так, например, для полиимида алициклического строения при толщинах 140 мкм и 200 мкм на переменном напряжении E_{np} снижается от 220 до 180 кВ/мм соответственно. При толщине 160 мкм E_{np} составляет 200 кВ/мм.

Коэффициент k_1 учитывает наибольшее повышение рабочего напряжения в кабельной сети, так, при классе напряжений 35-220 кВ k_1 равен 1,15.

Коэффициент k_2 учитывает возможную кратность перенапряжений в электрических системах. Аппараты защиты в зависимости от класса напряжения имеют различный уровень срабатывания. Поэтому коэффициент k_2 зависит от класса напряжений: при классах напряжения от 3 до 500 кВ коэффициент k_2 находится в пределах от 5, до 2,5. Для напряжения 220 кВ $k_2 = 3$.

Коэффициент k_3 учитывает разброс электрических прочностей твердой изоляции, а также допустимые технологические отклонения ее размеров и принимается равным 1,3 – 1,5.

Коэффициент k_4 учитывает снижение электрической прочности при длительном приложении напряжения. Скорость снижения электрической прочности со временем зависит от вида применяемого электроизоляционного материала. Так, для полимерного материала можно принять $k_4 = 1,2$.

Таблица 1 – Технические характеристики полиимидных пленок [2, 3]

Характеристики		Марка пленки			
		ПИФ _{АБ}	ПМ	ПМФ-351С	ПМФ-352С
1	Толщина и допускаемые отклонения, мкм	160±4	40±4	50±6	60±7
2	Прочность при разрыве в продольном направлении, МПа, при температуре: 15-35 °С 200 °С	185 –	177 –	88 64	78 49
3	Относительное удлинение при разрыве в продольном направлении, %, при температуре: 15-35 °С 200 °С	55	40 –	70 60	75 60

4	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м, при температуре: 15-35 °С 200 °С	$1 \cdot 10^{16}$ $1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{14}$ $1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$ $1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$ $1 \cdot 10^{14}$
5	Электрическая прочность при частоте 50 Гц, МВ/м, при температуре: 15-35 °С 200 °С	180-200	180 –	160 120	160 120
6	Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁹ Гц	2,2-3,5-4,7	–	2,7	2,7
7	Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ⁹ Гц	$2 \cdot 10^{-3}$	–	$6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$
8	Адгезионная прочность сварного соединения, Н/м, при сварке фторопласт + фторопласт	200	–	245	245
9	Плотность, г/см ³	1,47	1,42	1,55	1,63

Коэффициент k_5 учитывает снижение E_{np} изоляции под другими факторами, такими как давление, влажность, действие агрессивных сред и т.д. и принимается равным 1,1 – 1,2. Общий коэффициент запаса в зависимости от вида изоляции и класса напряжения находится в пределах от 32 до 5 [1], для рассматриваемого случая коэффициент получился равным 7,5-8, выбрали 8.

С учетом всех коэффициентов, а также класса напряжения (220 кВ) и электрической прочности, равной 200 кВ/мм для полиимидной пленки толщиной в 160 мкм, $E_{раб}$ получается равным 25 кВ/мм.

В большинстве случаев важны максимальная E_{max} и минимальная E_{min} величины напряженности электрического поля.

Выбрав рабочую напряженность поля, определим внешний радиус изоляции по соотношению

$$R_2 = R_1 \exp \frac{U_{ii}}{\sqrt{3} \cdot \bar{A}_{\partial\partial} R_1}, \quad (2)$$

где R_2 и R_1 – внутренний и внешний радиусы изоляции;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение кабельной линии.

Внутренний радиус изоляции равен внешнему радиусу полупроводящего экрана по токопроводящей жиле. Полупроводящий экран или слой полупроводящего покрытия токопроводящей жилы применяется для уменьшения влияния проводочности и исключения частичных разрядов между жилой и изоляцией. Материал полупроводящего экрана должен иметь хорошую адгезию к изоляции, а температурные коэффициенты расширения экрана и изоляции должны быть равны. Полупроводящий материал получают путем введения в него мелкодисперсной сажи. Толщину полупроводящего экрана принимают в пределах 0,2 – 0,8 мм в зависимости от технологии ее наложения. Для рассматриваемого случая толщина полупроводящего полиимида алициклического строения равна 0,2 мм. Формула (2) применяется для расчета негра-

дированной изоляции с круглыми жилами. Рассчитанный по данной формуле внешний радиус по изоляции для жилы радиусом 5 мм равен 13,8 мм. Толщина изоляции в этом случае равна 6,6 мм.

Толщина изоляции кабелей с полимерной изоляцией можно определить и по формуле

$$\Delta_{\partial\partial} = \frac{U_{ii}}{\sqrt{3} \cdot \bar{A}_{\partial\partial, \partial\partial}} \cdot 1. \quad (3)$$

Рассчитанная по данной методике толщина алициклической полиимидной изоляции кабеля получается равной 5 мм. С учетом коэффициента запаса принимаем толщину, равную 6,6 мм. При радиусе жилы 15 мм внешний радиус по изоляции получился равным 21,24 мм, соответственно, толщина изоляции равна 6 мм. С увеличением сечения жилы толщина изоляции уменьшается и это закономерно.

Для данного класса напряжения (220 кВ) при применении, например, бумажно-масляной изоляции толщина изоляции при радиусе жилы 5 мм равна 58,5 мм, а при радиусе жилы 15 мм толщина равна 20 мм. Из этого видно, что применение полиимидной пленочной изоляции ПИФ_{АБ} дает возможность снизить толщину в 4-10 раз по сравнению с бумажно-масляной изоляцией.

Выводы

1. Изоляция из полиимидных пленок ПИФ_{АБ} по электрическим и механическим характеристикам не уступает существующей полиимидной изоляции ароматического строения и может быть использована при проектировании и производстве высоковольтных электрических кабелей.

2. Применение полиимидной пленочной изоляции ПИФ_{АБ} дает возможность снизить толщину в 4-10 раз по сравнению с бумажно-масляной изоляцией.

3. Применение изоляции на основе пленок ПИФ_{АБ} позволяет существенным образом повысить технико-экономические характеристики современных кабелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриевский В.С. Расчет и конструирование электрической изоляции. М.: Энергоиздат. 1981. 392 с.
2. Жубанов Б.А., Кравцова В.Д., Бекмагамбетова К.Х. Новые полимерные системы на основе алициклических полиимидов // Журнал прикладной химии. РФ. М.: 2006. Т. 79. Вып 11. С. 1890-1891.
3. Гнедин А.А., Мещанов Г.И. Обмоточные провода с пленочной изоляцией // Электротехн. пром-сть. Сер. 19. Кабельные изделия. Обзор. иформ. 1987. Вып. 2 (7). 67 с.

4. Жубанов Б.А., Бекмагамбетова К.Х., Кравцова В.Д., Пленки из алициклических полиимидов и их основные электрические свойства // Химический журнал Казахстана. Алматы. 2009. №3. С. 68-91.

УДК 658.26

САГИТОВ П.И.,
САДЫКБЕК А.Т.

Подтверждение соответствия качества электрической энергии и защита прав потребителей

Для обеспечения защиты интересов потребителей в вопросах качества электрической энергии, устранения технических барьеров в торговле, обеспечения конкурентоспособности электрической энергии на внутреннем и внешнем рынках и создания необходимых условий для деятельности физических и юридических лиц на едином товарном рынке Казахстана, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле назрела необходимость разработки организационно – технических и правовых основ подтверждения соответствия качества электрической энергии в Казахстане.

В Республике Казахстан приняты законы «О техническом регулировании», «О защите прав потребителей» [1,2], однако по настоящее время не осуществляют сертификацию электрической энергии, нет национальных стандартов, гармонизированных с международными, так как она отсутствует в перечне товаров, подлежащих к обязательной сертификации [3].

Нормативные документы в области электроэнергетики и электротехники, используемые в странах СНГ, в том числе и ГОСТ 13109-97 [4], гармонизированный с международными стандартами, относят вопросы качества электрической энергии (КЭ) к общей проблеме обеспечения электромагнитной совместимости технических средств, например, в Российской Федерации [5] электрическая энергия включена в этот перечень, и качество её как товара, продаваемого энергоснабжающей организацией потребителю, согласно Гражданскому Кодексу РФ (2, ст. 542), должно соответствовать требованиям, установленным государственными стандартами. При значительном росте тарифов на электрическую энергию вопросы обеспечения качества порождают в условиях рыночной экономики чёткое обозначение взаимных обязательств и взаимоотношений между энергоснабжающей организацией (гарантирующим поставщиком) и потребителем. Вводится классификация потребителей на искажающие КЭ и неискажающие на основе соотношения разрешённой мощности потребителя на присоединение к мощности короткого замыкания в точке общего присоединения (ТОП) для определения ответственности сторон за поддержание КЭ в ТОП в установленных пределах.

Если потребитель является неискажающим, то энергоснабжающая организация несёт всю ответственность за поддержание в ТОП всех показателей качества электрической энергии (ПКЭ) в установленных пределах; если искажающий, то ответственность за поддержание в ТОП в установленных пределах тех ПКЭ, по которым

данный потребитель признан искажающим, несёт сам потребитель. Для искажающего потребителя устанавливается диапазон допустимого долевого вклада в искажение того или иного ПКЭ в ТОП от минимально допустимого до максимально допустимого. Минимальный устанавливается пропорционально разрешённой мощности потребителя и предоставляется потребителю на весь срок действия выданных технических условий на присоединение. Максимальный – исходя из фактических условий, присущих данной ТОП, и действует до тех пор, пока значения ПКЭ в ТОП не превысят норм ГОСТ 13109-97.

Установление максимально допустимого вклада ограничивает возможность энергоснабжающей организации распоряжаться по своему усмотрению запасом, который она имеет по отдельным ПКЭ (в пределах норм ГОСТ), уравнивает права всех потребителей, искажающих КЭ, делает процедуру выяснения конфликтных ситуаций «прозрачной». Если суммарный уровень фактических искажений в ТОП превышает нормы стандарта, то энергоснабжающая организация обязана рассмотреть все возможные мероприятия по снижению уровня искажений в ТОП, в первую очередь – малозатратные. Если с их помощью не удастся снизить уровень искажений в ТОП, то именно она направляет уведомление всем искажающим потребителям о необходимости внесения инвестиций на технические мероприятия по снижению искажений пропорционально доле их (потребителей) фактических искажений.

ГОСТ 13109-97 устанавливает показатели и нормы КЭ в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трёхфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей. ГОСТ устанавливает 11 основных ПКЭ: установившееся отклонение напряжения δU_y ; размах изменения напряжения σU_i ; доза фликера P_f ; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ; коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$; коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ; отклонение частоты Δf ; длительность провала напряжения Δt_n ; импульсное напряжение $U_{имп}$; коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$.

Нормируются на выводах приёмников электрической энергии нормально допустимые и предельные отклонения напряжения: $\delta U_{у.норм} = \pm 5\%$ и

$\delta U_{y,пред} = \pm 10\%$. Отклонения обусловлены изменением потерь напряжения, вызываемых изменением мощностей нагрузок. Наиболее эффективными средствами регулирования отклонений являются: использование трансформаторов с регуляторами напряжения под нагрузкой (РПН); использование регулируемых источников реактивной мощности; в электрических сетях напряжением до 1 кВ – выбор сечений проводников по допустимой потере напряжения.

Колебания напряжения характеризуются размахом изменения напряжения δU_t и дозой фликера P_t . Нормы размаха определяют зависимости δU_t от частоты их возникновения. Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера P_{st} при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,38 (для ламп накаливания $P_{st} = 1,0$), а для длительной дозы фликера P_{Lt} при тех же колебаниях напряжения равно 1,0 (для ламп накаливания $P_{Lt} = 0,74$). Причиной возникновения колебаний напряжения является наличие потребителей электроэнергии с резкопеременным графиком потребления мощности (особенно реактивной). Наиболее эффективным средством уменьшения колебания напряжения является нормирование допустимой мощности потребителей с резкопеременным графиком нагрузки (не более 10 % от номинальной мощности питающего трансформатора). Из технических средств уменьшения колебаний напряжения можно выделить: статические быстродействующие источники реактивной мощности, отрабатывающие реальный график потребления реактивной мощности потребителей с резкопеременным графиком; установки продольной компенсации, компенсирующие часть суммарного индуктивного сопротивления сети (использование этих технических средств обходится дорого).

Несинусоидальность напряжения характеризуется коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения K_U (являющимся отношением суммарного действующего значения всех высших гармоник к действующему значению напряжения основной гармоники) и коэффициентом n -й гармонической составляющей $K_{U(n)}$ (являющимся отношением действующего значения напряжения n -й гармоники к действующему значению напряжения первой гармоники). Причиной возникновения несинусоидальности напряжения является наличие потребителей с нелинейной вольтамперной характеристикой. Основной вклад в несинусоидальность напряжения вносят тиристорные преобразователи. Наиболее чувствительны к несинусоидальному напряжению конденсаторы компенсирующих устройств, которые не только перегружаются токами высших гармоник, но и способствуют возникновению резонанса на одной из гармоник, сопровождающегося многократным увеличением напряжения резонансной гармоники [6]. Наиболее эффективным средством выполнения норм по несинусоидальности является нормирование мощности тиристорных преобразователей (до 10 % от

мощности питающего трансформатора). Из технических средств можно выделить: увеличение числа пульсности преобразовательных агрегатов; использование токовых фильтров высших гармоник на основе емкостных и индуктивных элементов; различные схемные решения.

Допустимые значения $K_{U,норм}$ и $K_{U,пред}$ приведены в (таблице 1).

Таблица 1

$K_{U,норм}$, % при $U_{ном}$, кВ				$K_{U,пред}$, % при $U_{ном}$, кВ			
0,38	6-20	35	110-220	0,38	6-20	35	110-220
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Несимметрия трёхфазной системы напряжений характеризуется коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} . Допустимые значения этих показателей следующие: в нормальном режиме $K_{2U,норм} = K_{0U,норм} = 2\%$; предельно-допустимые нормы $K_{2U,пред} = K_{0U,пред} = 4\%$. Основной причиной возникновения несимметрии являются потребители с несимметричным потреблением мощности по фазам (однофазные потребители, трёхфазные с несимметричным потреблением мощности по фазам). Наиболее чувствительна к несимметрии напряжения электродвигательная нагрузка, обладающая малым сопротивлением обратной последовательности.

Область допустимых несимметричных режимов может быть оценена по максимально допустимой однофазной нагрузке, при которой показатели несимметрии не выходят за пределы нормы в нормальном режиме. При преобладающей неподвижной нагрузке максимально допустимая однофазная нагрузка составляет 10 % от номинальной мощности питающего трансформатора; при преобладании электродвигательной – 20 % [7, 8]. Таким образом, электродвигательная нагрузка, являясь наиболее чувствительной к несимметрии напряжения, одновременно способствует увеличению доли допустимой однофазной нагрузки. Из технических средств уменьшения выделяется использование симметрирующих устройств. Теоретически при любой несимметричной нагрузке можно создать симметрирующие устройства на базе емкостных и индуктивных элементов, которые полностью компенсируют напряжения обратной и нулевой последовательности на нагрузке. Однако реальная несимметрия напряжения нестационарна, а регулируемые симметрирующие устройства сложны, дороги и их применение порождает новые проблемы (в частности, несинусоидальность напряжения). Поэтому положительного опыта использования симметрирующих устройств в странах СНГ нет.

Отклонение частоты характеризует разность между действительным и номинальным значениями частоты напряжения в системе электроснабжения. Нормы составляют: $\Delta f_{норм} = \pm 0,2$ Гц; $\Delta f_{пред} = \pm 0,4$ Гц.

Провал напряжения является кратковременным снижением напряжения, характеризуемым глубиной ΔU_n и длительностью Δt_n . Глубина провала

напряжения может изменяться от 10 до 100%, длительность – от сотых до нескольких десятых секунды (в некоторых случаях – секунды). Основной причиной появления провалов напряжения в системе электроснабжения являются короткие замыкания в отходящих от цепи питания данного узла нагрузки ответвлениях электрической сети высокого (35-220 кВ), среднего (6-10 кВ) напряжений и в сетях с напряжением до 1 кВ [9]. Провалы напряжения не нормируются, поскольку они неизбежны настолько, насколько неизбежны короткие замыкания. Однако знать статистику по частоте, глубине и длительности провалов напряжения в системе электроснабжения необходимо для аргументированного использования агрегатов и источников бесперебойного питания с целью электроснабжения особенно чувствительных к провалам напряжения потребителей.

Импульсное напряжение – величина, равная максимальному мгновенному значению напряжения в электрической сети в течение времени существования импульса напряжения (резкое изменение напряжения, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему значения за промежуток времени до нескольких миллисекунд). В электрическую сеть 220/380 В может проникать импульсное напряжение величиной до 3-6 кВ. Причинами возникновения импульсов напряжения являются: все виды грозových перенапряжений [10], коммутационные [11] и резонансные перенапряжения. Наиболее чувствительны к импульсным напряжениям электронные и микропроцессорные элементы систем управления и защиты, компьютеры, серверы и компьютерные станции. Основным способом защиты от импульсных напряжений является использование ограничителей перенапряжения на основе металлооксидных соединений.

В стандарте указаны наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ: энергоснабжающая организация – отклонения напряжения и частоты, провалы напряжения, импульсное напряжение, перенапряжения; потребители-колебания напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжения. Для проверки соответствия действительных значений ПКЭ (кроме Δt_n , $U_{имп}$, $K_{перУ}$) в ТОП нормам ГОСТ 13109-97 стандарт устанавливает минимальный интервал времени измерений, равный 24 ч. Рекомендуемая общая продолжительность измерений – 7 суток. Контроль КЭ проводят энергоснабжающие организации. Периодичность контроля: для отклонений напряжения – не реже двух раз в год, а при наличии автоматического встречного регулирования в центре

питания – не реже одного раза в год. Остальные ПКЭ – не реже одного раза в два года. Потребители, ухудшающие ПКЭ, должны проводить контроль в точках собственных сетей, ближайших к ТОП, а периодичность контроля согласовывать с энергоснабжающей национальной организацией.

Одним из способов снижения уровней электромагнитных помех в цеховых электрических сетях напряжением до 1 кВ, не требующим значительных затрат, является включение цеховых трансформаторов на параллельную работу, что позволяет выравнять суммарные графики нагрузки, повышать загрузку трансформаторов при уменьшении их числа по сравнению со схемой раздельной работы, уменьшать число переключений регулируемых конденсаторных установок 0,4 кВ, обеспечивать более высокую чувствительность и надёжность срабатывания релейных защит, а также снижать колебания, несимметрию, несинусоидальность и провалы напряжения в цеховых электрических сетях [9, 10, 11].

В настоящее время известно несколько схем параллельной работы цеховых трансформаторов (ЦТ), позволяющих улучшить показатели у качества электрической энергии в цеховой электрической сети [7], в том числе снизить провалы напряжения [9]. Условно эти схемы можно разделить на две группы: схемы параллельной работы ЦТ, питающихся от одного источника, и схемы параллельной работы ЦТ, питающихся от разных источников.

Выводы

В соответствии с законами РК в перечень хозяйственных товаров, подлежащих обязательной сертификации, необходимо ввести электрическую энергию и утвердить Постановлением Правительства РК. Необходимо разработать государственный стандарт, гармонизированный с межгосударственным и международным стандартами, устанавливающий показатели и нормы качества энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей.

Разработать методику измерения качества электроэнергии в системах электроснабжения. Создать орган по подтверждению соответствия качества электрической энергии как товара, продаваемого энергоснабжающей организацией потребителю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон РК «О техническом регулировании». Астана: КазИнСт, 2004.
2. Закон РК «О защите прав потребителей». Астана: КазИнСт, 2000.
3. Постановление Правительства РК от 20 апреля 2005, № 367 «Об утверждении перечня продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации».
4. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения».
5. Постановление Правительства РФ от 13 августа 1997 г. № 1013 «Об утверждении перечня товаров, подлежащих обязательной сертификации, и перечня работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации»

6. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат, 2000. 331 с.
7. Гамазин С.И., Садыкбеков Т.А., Переходные процессы в системах электроснабжения с электродвигательной нагрузкой. Алма-Ата: Гылым, 1991. 302 с.
8. Гамазин С.И., Анчарова Г.В., Былкин М.В., Цырук С.А. Область допустимых несимметричных нормальных режимов в системах электроснабжения // Промышленная энергетика. 2000. № 5. С. 21-27.
9. Гамазин С.И., Цырук С.А., Наумов О.А. Исследование провалов напряжения в электрических сетях до 1000 В, вызванных короткими замыканиями в сетях высокого напряжения // Промышленная энергетика. 1995. № 11. С. 12-20.
10. Гамазин С.И., Цырук С.А., Зинчук Д.Е. Импульсные напряжения в низковольтных распределительных сетях, вызванные молниеразрядами // Промышленная энергетика. 2000. № 2. С. 26-31.
11. Гамазин С.И., Цырук С.А., Зинчук Д.Е. Импульсные напряжения в низковольтных распределительных сетях, вызванные коммутационными процессами // Промышленная энергетика. 2000. № 3. С. 28-33.

УДК 622.416:681.518.

ГЕРЦЕН Д.В.,
АВДЕЕВ Л.А.

Исследование показателей надежности автоматизированной системы контроля рудничной атмосферы для угольных шахт

В настоящее время на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау» эксплуатируются две автоматизированные системы аэрогазового контроля:

1) Централизованная система контроля «Безопасность» предназначена для централизованного контроля текущих значений и анализа динамики изменения параметров, характеризующих безопасность проведения работ в подземных выработках угольных шахт. Система предназначена также для многофакторного анализа на ПЭВМ первичной информации, распознавания и предупреждения опасных ситуаций, а также дисплейного представления информации диспетчеру в режиме активного человека-машинного диалога.

Система включает в себя следующие составные части:

- устройство приемно-командное УПК;
- распределитель групповой РГ;
- преобразователь телеизмерения ПТИ;
- устройство связи УС «АПИ – IBM»;
- преобразователь депрессии и скорости воздуха ПДС;
- два ПЭВМ типа IBM;
- датчики метана ДМТ-4.

Данной системой оснащены следующие шахты: «Тентекская», «Абайская», «Саранская», им. В.И. Ленина, им. Т. Кузембаева, им. И.А. Костенко.

2) Система АГК с применением промышленных логических контроллеров (ПЛК) фирмы «Davis Derby» (Великобритания), датчиков концентрации окиси углерода, газа метана и скорости воздуха в выработке фирмы «Woelke Industrielektronik GMBH» (Германия), а также датчик скорости воздуха в вентиляционном ставе фирмы «Ингортех» (Россия).

Название системы и ее условное обозначение – автоматизированная система контроля рудничной атмосферы (АСК РА).

Система АСК РА является трехуровневой системой. Информация от датчиков контроля рудничной атмосферы собирается подземными контроллерами, анализируется ими и передается на поверхность для представления оператору и диспетчеру.

В состав системы АСК РА входят:

- поверхностный компьютерный комплекс;
- барьеры искробезопасности, предназначенные для гальванического разделения искроопасных цепей поверхностного оборудования общего назначения от искробезопасных цепей подземного оборудования;
- обмен информацией между подземными контроллерами и поверхностным компьютерным комплексом осуществляется по кабельной линии связи, представляющей собой 2 пары витого кабеля;
- подземные контроллеры, расположенные в выработках шахты;
- датчики контроля состава и параметров рудничной атмосферы;
- устройства звуковой и/или световой сигнализации;
- источники питания с искробезопасным выходным напряжением.

На рисунке 1 показана структурная схема АСК РА.

Данной системой в 2009 году были оснащены две шахты УД АО «АрселорМиттал Темиртау»: «Шахтинская» и «Казахстанская».

Уровень надежности автоматизированных систем управления (АСУ) зависит от надежности и других свойств ее технического обеспечения (комплекса технических средств), программного обеспечения и персонала, участвующего в функционировании АСУ.

Аппаратура АСУ, как и другое общепромышленное оборудование, по надежности характеризуется следующими нормативными показателями:

- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность.

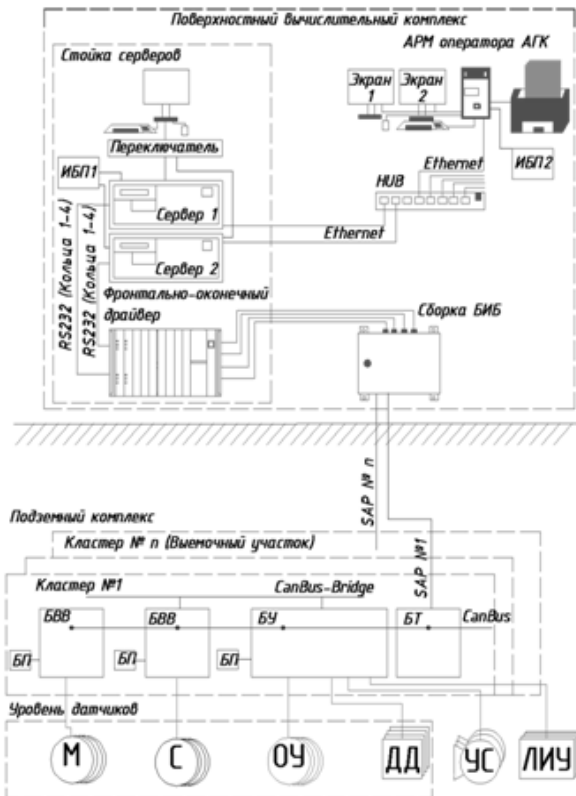


Рисунок 1 – Структурная схема технических средств АСК РА

Надежность АСУ определяется следующими единичными показателями:

- средняя наработка системы на отказ – $\bar{T}_o$
- интенсивность отказов системы – λ .

Нарботка на отказ задается в часах календарного времени или числом срабатывания (циклов), среднее время восстановления задается в минутах или в часах, средний срок службы – в годах.

$$\bar{T}_o = \frac{\sum_{i=1}^K (N_i \cdot t_i) - \sum_{i=1}^K (n_i \cdot T_{ai})}{\sum_{i=1}^K n_i},$$

где N_i – число компонентов одного вида системы, установленных на шахте;

K – число шахт, в условиях которых эксплуатируется система;

t_i – время работы i -го компонента, часов;

T_{ai} – среднее время восстановления

работоспособности i -го компонента, часов;

n_i – число отказавших компонентов.

Интенсивность отказов компонента является обратной величиной. Отсюда

$$\lambda = \frac{1}{\bar{T}_o}.$$

Расчет показателей надежности функционирования компонентов автоматизированной системы контроля рудничной атмосферы (АСК РА) производится за период опытной эксплуатации – от даты проведения предварительных шахтных испытаний до момента окончания опытной эксплуатации. В течение 2009 г. были оснащены 40 технологических объектов шахт «Шахтинская» (20 объектов), «Казахстанская» (20).

Оценка надежности функционирования автоматизированной системы управления «Безопасность» произведена как среднее значение надежности всех систем за период с даты ввода их в эксплуатацию на каждой шахте по 20.06.03 год.

Результаты исследования показателей надежности АСУ «Безопасность» и АСК РА приведены в таблице 1.

Анализ полученных результатов показывает:

1) надежность линий связи АСК РА намного выше чем у АСУ «Безопасность», это связано с тем, что линии связи АСУ «Безопасность» изношены, при восстановлении линии связи соединялись счалками, а не в клеммных коробках, как линий связи АСК РА;

2) показатели надежности технических средств поверхностного вычислительного комплекса АСУ «Безопасность» и АСК РА близки, это связано с обновлением технических средств (ЭВМ) и централизованным техническим обслуживанием АСУ «Безопасность»;

3) эксплуатационные показатели программного обеспечения ПВК АСУ «Безопасность» превосходят показатели надежности программного обеспечения ПВК АСК РА, это связано с постоянной доработкой и усовершенствованием, а также с регулярным техническим обслуживанием. Доработкой и усовершенствованием программного обеспечения ПВК АСК РА занимается фирма изготовитель – «Davis Derby» (Англия), поэтому из-за значительного удаления фирмы изготовителя от места эксплуатации нет возможности оперативно исправлять ошибки и своевременно обновлять программное обеспечение.

Таблица 1 – Показатели надежности систем АГК

Компоненты системы АГК	Показатели надежности			
	АСУ «Безопасность»	АСК РА	АСУ «Безопасность»	АСК РА
	Нарботка на отказ, ч		Интенсивность отказов, 1/ч·10 ⁻⁶	
Программное обеспечение ПВК	$T_{о.по}=603$	$T_{о.по}=0,667$	$\lambda_{по}=1658$	$\lambda_{по}=1499250$
Технические средства ПВК	$T_{о.пвк}=6295$	$T_{о.пвк}=6506$	$\lambda_{пвк}=158,8$	$\lambda_{пвк}=153,7$
Датчик скорости воздуха в выработке	$T_{о.пдс}=7952$	$T_{о.вма}=43362$	$\lambda_{пдс}=125,7$	$\lambda_{вма}=23$
Линии связи, км	$T_{о.уд}=194246$	$T_{о.уд}=10415397$	$\lambda_{уд}=5,148$	$\lambda_{уд}=0,096$

УДК: 681.323.697.34

БРЕЙДО И.В.,
ТОМИЛОВА Н.И.**Автоматизированная информационная система
поддержки принятия решений для управления
теплоснабжением мегаполиса**

Винфраструктуре жизнеобеспечения современных мегаполисов Казахстана и стран СНГ теплоснабжающие системы реализуют стадию конечного использования энергетических ресурсов в средне- и низкотемпературных тепловых процессах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха, разнообразного технологического теплопотребления и должны обеспечивать достойное качество жизни людей в достаточно суровых климатических условиях.

Динамичный рост экономики и интеграция в мировую экономику мотивируют энергетические компании разрабатывать перспективные схемы энергоснабжения мегаполисов исходя из требований надежности и энергоресурсосбережения, которые в законодательном порядке определяют энергетическую политику всех стран СНГ, обладающих значительными запасами энергетических ресурсов.

Для решения всех проблем энергосбережения и повышения надежности энергоснабжающих комплексов мегаполисов неизбежны реконструкции энергетических предприятий, внедрение новых технологий производства энергии, замена технологического оборудования, обновление инженерных коммуникаций. Внедрение новых и реконструкция действующих технологий производства энергии должны быть сопряжено с одновременным оснащением их автоматизированными информационными системами поддержки принятия решения (СППР) для управления технологическим и организационным процессами эксплуатации и проектирования систем теплоснабжения мегаполисов (СТМ).

Специфической характеристикой архитектуры системы управления технологическими и организационными процессами эксплуатации и проектирования в системах централизованного теплоснабжения мегаполисов с совместной выработкой тепловой и электрической энергии является масштабная распределенность их технологических объектов, которая предопределяет многоуровневый объектный подход к построению систем управления. Каждому уровню управления соответствует один или несколько технологических объектов управления. Такой подход позволяет строить системы управления методом постепенного наращивания и интеграции отдельных частных систем.

Система управления технологическими и организационными процессами в системе теплоснабжения мегаполиса может быть представлена следующими уровнями.

Первый уровень управления отождествляется с управляющим центром и представлен следующим

рядом функционально-ориентированных систем обработки данных, обслуживающих информационные потребности действующих служб энергетических компаний, совместно реализующих эксплуатацию и развитие всех объектов теплоснабжающей системы мегаполиса:

- Система оперативно-диспетчерского управления технологическими и организационными процессами эксплуатации СТМ.

- Система разработки и реализации сезонных, нормативных и перспективных теплогидравлических режимов СТМ.

- Система ведения кадастра теплопроводов, технологического оборудования и решения производственно-технических задач эксплуатации СТМ.

- Система коммерческого учета тепла и теплоносителей и ведения финансовых расчетов за тепловую энергию.

- Система мониторинга теплообеспеченности потребителей тепла для неоперативного административно-технического персонала энергетических компаний мегаполиса.

- Система оперативно-дистанционного мониторинга состояния изоляции предизолированных труб тепловых сетей мегаполиса.

С позиции системо-технической реализации каждой из функциональных систем должна быть сопоставлена одна или несколько подсистем управления, являющихся узлами информационных сетей, связывающих функциональные службы энергетической компании.

Второй уровень обеспечивает управление всеми технологическими установками СТМ:

- водоподготовительными установками ТЭЦ,

- районными котельными,

- сетевыми насосными станциями,

- контрольно-распределительными и центральными тепловыми пунктами,

- индивидуальными тепловыми пунктами потребителей тепла.

Данный уровень должен быть представлен подсистемами управления и контроллерами, связанными промышленной сетью с объектами первого и третьего уровней управления.

Третий уровень управления имеет место в среде систем управления каждой из упомянутых выше технологических установок и объединяет отдельные контроллеры с выносными блоками ввода-вывода и интеллектуальными приборами:

- датчиками температуры, давления, расхода энергоносителя, тепловой и электрической мощности,

тока, напряжения, вибрации, влажности тепловой изоляции теплопроводов, состава дымовых газов и др.

– исполнительными механизмами регуляторов, электроприводами запорной арматуры, насосных агрегатов и прочих механизмов технологической схемы установки.

Информационно-графическая система (ИГС) ТГИД является автоматизированной информационной СППР первого уровня управления СТМ и представляет собой пример интегрированной системы объединения различных методов и технологий в единый комплекс, созданной при интеграции технологий автоматизированной информационной системы и интеграции данных на основе географической информации и ориентированной на пользовательские модели данных системы централизованного теплоснабжения и системы имитационного моделирования статических теплогидравлических режимов работы СТМ.

База данных автоматизированной информационной СППР должна обеспечивать информационные потребности неоперативного административного, оперативного диспетчерского и технологического персонала при решении всех задач, предусмотренных служебным регламентом для субъектов деятельности и алгоритмами работы для управляющих систем.

База данных верхнего уровня ТСМ ориентирована на совместное использование рассредоточенными пользователями, которые оснащены соответствующими автоматизированными рабочими местами (АРМ), связанными посредством локальных и глобальных сетей на базе телефонов и модемов или радиомодемов.

Структура базы данных первого уровня ТСМ является сложной, состоящей из нескольких подбаз данных, покрывающих информационные потребности персонала предприятий ТСМ:

– Географическая База данных – или цифровая модель местности, содержащая пространственное описание объектов теплоснабжающей системы, отношений между ними, а также других объектов местности городской инфраструктуры, актуальных для профессиональной деятельности эксплуатационного персонала предприятий ТСМ.

– База данных анимационных моделей – или цифровые модели оперативно-диспетчерских, технологических, электрических, мнемонических и других схем технологических объектов, используемых в профессиональной деятельности технологического и диспетчерского персонала.

– База данных строительных планов – или цифровые модели строительных планов: генпланов, планов зданий и сетевых сооружений и т.п., используемых в профессиональной деятельности технологического персонала при производстве ремонтно-восстановительных работ.

– База данных имитационного моделирования режимов – или цифровые модели гидравлических и температурных цепей, используемых для многовариантного моделирования эксплуатационных и аварийных теплогидравлических режимов ТСМ.

– База данных характеристик объектов – таблицы текстово-числовых и графических характеристик технологических объектов и их составного тепломеханического и электромеханического оборудования, используемых в производственно-технической деятельности и диспетчерском управлении.

– База паспортно-документальных данных – паспорта технологических объектов, наряды на АВР, договора на присоединение, нормативно-справочные таблицы и т.п.;

– База телемеханических сигналов. Все сигналы формируются средствами измерения и цифрового управления многотерминальных комплексов типовых систем автоматики и телемеханики, построенных на аппаратной платформе микропроцессорных контролеров, персональных компьютеров, рабочих станций и сетевого программно-аппаратного оборудования.

Помимо вышеперечисленных баз данных, особо необходимо отметить базу данных, создаваемую при моделировании теплоснабжающей системы в ИГС ТГИД. База данных содержит информацию о предметной области «Система централизованного теплоснабжения мегаполиса» и представляет собой прикладную БД с реляционной моделью данных, в которой свойства объектов размещены в структурированных таблицах, объединенных в одном файле формата mdb.

Связи между данными таблиц формируются автоматически при создании слоя расчетной схемы ТСМ в ИГС ТГИД, реализующей комплекс задач разработки и поддержания плановых, фактических, нормативных и перспективных теплогидравлических режимов ТСМ.

Объекты предметной области ТСМ, представленные таблицами в БД, разделены на два типа: не визуальные и визуальные.

Визуальный объект информационной модели предметной области, представляет собой группу однородных объектов, физически присутствующих в технологической схеме системы централизованного теплоснабжения и имеющих измеряемые свойства.

Каждый выделенный визуальный объект имеет местоположение на территории мегаполиса, описываемое графическими и семантическими данными, которые представляют координатные и атрибутивные данные объекта для определения тематической направленности и графического представления средствами векторной графики, для отображения их как на картографическом плане города, так и в произвольной системе координат (без привязки к карте местности).

Каждый не визуальный объект описывается только семантическими данными, которые представляют атрибутивные данные объекта для определения тематической направленности предметной области.

Процессы формирования распределенных баз данных, управления и манипулирования условно постоянными и непрерывно измеряемыми данными реализуются в средах сетевых систем управления базами данных, которые становятся неотъемлемой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасев Н.И., Крицкий А.Б., Томилова Н.И., Фешин Б.Н. Направления исследований теплоснабжающих систем мегаполисов средствами программно-информационных комплексов // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2007. № 2. С. 90-94.

УДК 622.232.72.001.24-52

ПАРШИНА Г.И.,
ФЕШИН Б.Н.

Критерии оценки качества знаний персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий

Понятие «эффективное функционирование электрооборудования добычных участков угольных шахт» интуитивно понятно и в первом приближении не связано с уровнем знаний персонала электротехнических служб горно-рудных предприятий. Но последствия от неквалифицированных действий персонала и от ошибочных проектных решений при монтаже, наладке, настройке и эксплуатации схем электроснабжения и электрооборудования приводят к нарушению функционирования добычных участков угольных шахт, к авариям, катастрофам, в том числе и с человеческими жертвами.

Для перспективных вариантов управляемых электротехнических комплексов современных угледобывающих машин, механизмов и агрегатов, установленных в лавах, разрабатывающих наклонные и пологие пласты средней мощности, определим взаимосвязи между целевыми функциями управления угледобывающими комплексами и критериями оценки знаний персонала электротехнических служб, методы оценки знаний и последствия от снижения уровня знаний ниже теоретически возможного допуска.

Целевые функции управления комплексом «машинист – комбайн – лава» определены в [1], а комбайнами с регулируемыми электроприводами механизмов подачи, резания и скребковыми забойными конвейерами с регулируемым электроприводом – [2].

Рассмотрим перспективный вариант иерархического управления комплексом с супервизорной многосвязной системой управления автоматизированными электроприводами горно-добывающих машин (АЭП ГДМ) на верхнем уровне [3] для выполнения основной цели горного предприятия и определим, какую форму необходимо придать при этом целевым функциям и функционалам качества работы АЭП ГДМ.

Варианты ГДМ, которые можно рассматривать как наиболее реальные, это:

1. Типовой угледобывающий комбайн (например, типа КПС-32), скребковый забойный конвейер типа С-53 и насосная станция типа ЧНУ5. Нерегулируемые асинхронные электроприводы. Системы дистанционного управления. Гидроэлектромеханический механизм подачи типа Г405 [4].

2. Тот же комплекс машин с типовой системой автоматического управления САУК-М и регулятором нагрузки типа УРАН [5].

3. Угледобывающий комбайн типа КШЭ с отдельным электроприводом исполнительных органов и механизмов подачи. Тиристорный регулируемый электропривод постоянного тока для механизмов подачи и асинхронный регулируемый привод исполнительных органов. Маслонасосная станция типа ЧНУ5. САУК-М и регулятор нагрузки типа УРАН. Возможны варианты с зарубежными аналогами оборудования (например, комбайн типа SL 300 (Германия)).

4. Автоматизированный электромеханический угледобывающий комплекс на базе тиристорного электропривода постоянного тока и/или переменного тока [6].

Глобальная цель управления АЭП ГДМ средствами иерархической системы управления (ИСУ) заключается в получении экономического эффекта Э от эксплуатации комплекса горнодобывающих машин за весь срок их эксплуатации, равный значению долговечности T_0 наименее надежной машины среди комплекса ГДМ.

Характеризуем оценку $\bar{Y}$ как случайную величину, равную разности между доходом $\bar{Y}_d$ и затратами $\bar{Y}_c$, тогда с вероятностью λ значение Э определяется в некотором доверительном интервале I_λ

$$P((\bar{Y} - \bar{Y}) < \varepsilon_Y) = \lambda, \quad (1)$$

где $\bar{Y}$ – несмещенная оценка Э, определяемая как математическое ожидание $M(\bar{Y}) = \bar{Y}$.

Диапазон возможных значений Э при замене ее на $\bar{Y}$ будет равен $\pm \varepsilon$ и (1) можно будет переписать в виде [7]:

$$E((\bar{Y} - \varepsilon_Y) < \bar{Y} < (\bar{Y} + \varepsilon_Y)) = \lambda. \quad (2)$$

Равенство (2) означает, что значение Э с вероятностью λ попадает в интервал

$$I_\lambda = \{(\bar{Y} - \varepsilon_Y), (\bar{Y} + \varepsilon_Y)\}. \quad (3)$$

В рассматриваемой постановке величина Э не случайна, зато случаен интервал I_λ . Случайным является положение интервала I_λ , которое определяется центром $\bar{Y}$, случайна также длина интервала, равная $2 \cdot \varepsilon_Y$.

Определим зависимость целевой функции Э от условий и параметров эксплуатации АЭП ГДМ. Предположим, что если комплекс ГДМ выдержит весь период паспортной эксплуатации T_0 , тогда

$$\dot{Y} = \bar{Y}_A - \bar{Y}_C, \quad (4)$$

$$\bar{Y}_A = \sum_{i=1}^{n=T_0} \ddot{A}_i \cdot S_i + \sum_{i=1}^{n=T_0} \ddot{A}_{\bar{A} \bar{I}_i} \cdot S_{\bar{A} \bar{I}_i}, \quad (5)$$

где S_i – цена 1 т угля в i -м месяце [у.е.];

$\ddot{A}_i$ – месячная добыча угля заданного качества в i -м месяце;

T_0 – расчетная (паспортная) долговечность ГДМ, [месяц];

$\ddot{A}_{\bar{A} \bar{I}_i}$ – доля высоко- и низкачественного угля в процентах от $\ddot{A}_i$;

$S_{\bar{A} \bar{I}_i}$ – доплата или штраф за качество, [у.е./%].

Эта переменная может иметь отрицательный знак тогда, когда существует доля низкачественного угля среди $\ddot{A}_i$.

В течение месяца объем добычи с помощью ГДМ определяется уравнением

$$\ddot{A}_i = Q_j \cdot N_M \cdot N_C = N_M \cdot N_C \sum_{j=1}^{N_B} (\gamma \cdot B \cdot H_j \cdot V_{Ij} \cdot T_j), \quad (6)$$

где Q_j – мгновенная добыча [1], [тонн];

N_M – число рабочих дней в месяце;

N_C – число смен в сутки;

N_B – математическое ожидание числа включений ГДМ в работу (в течение одной смены);

T_j – математическое ожидание длительности j -го включения ГДМ в работу;

γ – удельный вес угля, [т/м];

B – ширина захвата УМ, [м];

H_j – вынимаемая мощность пласта при j включении УМ, [м];

V_{Ij} – скорость подачи УМ при j -м включении, [м/с].

В (6) N_M , N_C , B , $\gamma = \text{const}$. Приняв, в первом приближении, что связанные с организацией технологического процесса факторы N_B и H_j , в течение смены остаются неизменными, мы получим только два фактора, позволяющие управлять мгновенной и сменной добычей ГДМ: V_{Ij} и T_j .

Относительно T_j в [1] отмечено, что время T_j определяется организацией работы транспорта на участке, горно-геологическими условиями, техническим состоянием оборудования. В отличие от ситуации, рассмотренной в [1], наличия ИСУ и супервизорной МСАУ АЭП ГДМ позволяет влиять на T_j . Это достигается путем решения задачи организационного управления производством и контроля ресурса ГДМ на верхнем уровне ИСУ технологического участка и шахты в целом.

Вопрос должен стоять не о необходимости увеличивать T_j , а о выборе оптимального значения T_j для конкретного периода времени на всем интервале $\{0, T_0\}$ эксплуатации ГДМ и с учетом накопленного суммарного значения ресурса ГДМ.

Значение V_{Ij} , практически у всех типов угледобывающих машин (УМ) являющееся варьируемым фактором в диапазоне $\{0, V_{Ij\max}\}$, непосредственно определяет возможный уровень Q_j , но, аналогично значению T_j , в ИСУ необходимо оптимизировать значение V_{Ij} исходя из системного подхода на всем интервале $\{0, T_0\}$ эксплуатации ГДМ.

Системный подход заключается в учете условий и ограничений, характеризующих совместную работу отдельных машин, технологических участков и шахты как единой системы. Эти условия-ограничения связаны:

– с работой конвейерной установки участка [1]

$$Q_{\bar{e}0j} \geq Q_j, \quad (7)$$

где $Q_{\bar{e}0j}$ – мгновенная производительность скребковой конвейерной установки (КУ) технологического участка;

– состоянием и пропускной способностью системы электроснабжения шахты [9]

$$\left. \begin{aligned} U_{I \text{ } \bar{O} \bar{N} \bar{E}_{Aij}} &\geq U_{I \text{ } \bar{O} \bar{N} \bar{E}_{\min}}, \\ U_{H_{Aij}} &\geq U_{H_{\min}} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

– пылегазовым режимом работы технологического участка [10]

$$S_{CH4j} \leq S_{CH4 \bar{A} \bar{I}_j}, = \quad (9)$$

– поддержанием кровли с помощью механизированной крепи [10]

$$L_0 - \Delta L \leq L_0 + \Delta L, \quad (10)$$

– динамической нагруженностью (ресурсом) конструктивных элементов машин и их привода

$$\Theta(t) \leq |\Delta \Theta_z(t)|, \quad (11)$$

– достижением экономически обоснованного уровня угледобычи за заданный период времени

$$Q_{pj} \geq Q_{Pzi}. \quad (12)$$

В (1), ..., (6) используются следующие обозначения факторов:

$Q_{\bar{e}0j}$ – мгновенная производительность скребковой конвейерной установки технологического участка;

$U_{I \text{ } \bar{O} \bar{N} \bar{E}_{Aij}}, U_{I \text{ } \bar{O} \bar{N} \bar{E}_{\min}}, U_{H_{Aij}}, U_{H_{\min}}$ – соответственно,

фактное фактическое и минимально допустимое пусковое и номинальное напряжение i -го двигателя в j -й момент времени;

$S_{CH4j}, S_{CH4 \bar{A} \bar{I}_j}$ – фактическая и допустимая

концентрация метана в j -й момент времени;

$L, L_0, \Delta L$ – фактическое и заданное отставание механизированной крепи от УМ, а также допустимое отклонение от L_0 ;

$\Theta(t), \Theta_z(t)$ – векторы фактических и заданных критериев качества работы АЭП ГДМ как динамических объектов управления;

Q_{pj}, Q_{pzi} – фактическая и заданная производительность комплекса ГДМ за заданный j -й временной интервал.

Второе слагаемое в (5) зависит в первом приближении от сопротивляемости угля резанию $A(t)$, а также от принятого режима управления УМ.

Известно, что качество добываемого угля определяется толщиной стружки $h(t)$ [11]

$$h(t) = f(l_r(V_f/V_p)), \quad (13)$$

где l_r – среднее расстояние между резами в линии резания;

V_{II}, V_p – соответственно, линейная скорость подачи и резания УМ.

В [12] доказано, что минимальным энергозатратам и наилучшей сортности угля соответствуют такие режимы управления работой УМ, когда обеспечивается условие

$$CF1 = \{V_f/V_p = const, P_{\text{зв}} = const\}, \quad (14)$$

где $P_{\text{зв}}$ – мощность, потребляемая УМ.

Значение второй слагаемой в (5) существенно зависит от возможности существующего комплекса ГДМ и их системы управления обеспечить условие (14). Фактором, препятствующим этому, является закономерность изменения сопротивляемости угля резанию $A(t)$ вдоль длины лавы. Для нормального закона распределения $A(t)$ (3) при длине лавы $L = 200$ м интервал корреляции $\tau_{\text{кор}} = 6$ м [1]. Это означает, что в пределах лавы значения $A(t)$ и связанные с ней параметры ГДМ изменятся не менее чем 33 раза: $L/\tau_{\text{кор}} \approx 33$. Поэтому достижение условия (14) возможно с помощью систем управления адаптивного типа.

Вторая компонента в (4) $\bar{Y}_c$ связана, прежде всего, с затратами на восстановление (ремонт, профилактика, эксплуатация и т.п.) машин, т.е. в конечном итоге на обеспечение их надежности и долговечности.

Условие минимизации затрат, как отмечено выше и в [8], достигается обеспечением оптимальных режимов работы резания (14) и транспортирования угля (7) [13], а надежность и долговечность ГДМ обеспечивается путем снижения динамической нагруженности элементов машин средствами автоматического управления [14].

Существующая серийная аппаратура управления режимами работы УМ и КУ [15] обеспечивает решение задачи локальной статической оптимизации в рамках функциональных возможностей комплексов ГДМ и стабилизацию динамической нагруженности машин путем управления скоростью подачи УМ при условии, что параметры, характеризующие свойства разрушаемого угольного массива, не выходят за пределы 2δ [17].

Однако с учетом интервала корреляции $\tau_{\text{кор}}$ вероятность выполнения условий статической оптимизации (14), а также условий динамической нагруженности ГДМ (11) при ограничениях (7), ..., (12), (13) вдоль всей лавы весьма мала. Предположим, что у нас имеются варианты комплексов ГДМ, выделенные выше, и рассмотрим, какие целевые

функции управления могут соответствовать им при условии наличия иерархической супервизорной системы управления.

Вариант 1.

Отсутствие локальных САУ ГДМ не исключает возможность оптимизации режимов работы ГДМ. В этом случае в разомкнутой системе управления управляющей ЭВМ должны формироваться рекомендации (в виде задающих воздействий), машинистам комбайна, конвейеров и маслораспределительных станций.

При отсутствии датчиков, характеризующих режимы работы машин, рекомендации вырабатываются в функции от априорной информации о свойствах разрушаемого угольного массива вдоль лавы, то есть

$$V_{ic}(t) = f(L, A(t), H), \quad \left. \begin{array}{l} \text{и} \\ \text{где } V_p = const \end{array} \right\}, \quad (15)$$

где V_{II} – рекомендуемое машинисту угольного комбайна значение скорости подачи, м/с.

Так как сопротивляемость угля резанию $A(t)$ является случайным процессом, изменяющимся в соответствии с нормальным законом распределения, то и значение $V_{II}(t)$ следует рассматривать как случайный процесс, а в конкретной точке очистного забоя l_j – как случайную величину с вероятностью P_{ic} , изменяющуюся в доверительном интервале I_{ic} .

Целевые функции управления в статическом режиме работы комплекса ГДМ определяются функциональными свойствами машин и с учетом отсутствия возможности управления скоростью резания могут быть рекомендованы в виде

$$CF2 = \{V_i(t) \leq |\bar{V}_{ic_j}(t) \pm \Delta V_{ic}|, \text{ нпу } V_p(t) = V_{PH}(t) = const,$$

$$0 < T_j < T_{jmax}; Q_{pj} = k \cdot V_i(t) \cdot T_j;$$

$$QG \leq |QGZ \pm \Delta QGZ| \} \quad (16)$$

или

$$CF3 = \{V_p/V_{II} = const, \text{ нпу } V_p(t) = V_{PH}(t) = const;$$

$$0 < T_j < T_{jmax}$$

$$Q_{pj} = k \cdot V_i(t) \cdot T_j; V_i(t) \leq |\bar{V}_{ic_j}(t) \pm \Delta V_{ic}|,$$

$$QG \leq |QGZ \pm \Delta QGZ| \}, \quad (17)$$

где $\bar{V}_{ic_j}(t) = f(A(t))$ – математическое ожидание рекомендуемой скорости в l_j точке очистного забоя;

$\Delta V_{ic}(t)$ – допустимое среднеквадратичное

отклонение V_{ic_j} ;

T_j, T_{jmax} – фактический и максимальный период

включения ГДМ, являющийся в рассматриваемом варианте комплекса ГДМ эвристической величиной, определяемой оператором (машинистом комбайна) УМ;

$$QG = \{Q_{E0j}, U_{i \text{ } \hat{O} \hat{N} \hat{E} \text{ } A_{ij}}, U_{H \text{ } A_{ij}}, S_{CH4j}, L, \Theta(t), \Theta_z(t)\},$$

$$QGZ = \{ Q_j, U_{i \text{ ON } \dot{E}_{\min}}, S_{CH4 \text{ AI } j}, L_0, \Theta_z(t) \}.$$

Очевидно, функция (16) соответствует «минимальному» варианту автоматического регулирования УМ, а (17) – варианту «параметрической» стабилизации [1], но и в том и в другом случае следует учесть вероятностный характер изменения $V_{II}(t)$. Минимизация динамической нагруженности ГДМ и, прежде всего, привода УМ, в рассматриваемом варианте комплекса ГДМ полностью зависит от опытности машиниста УМ и не может как-либо управляться иерархической системой ввиду отсутствия датчиков и устройств воздействия на машины.

Так как $V_{II}(t) = f[A(t)]$ и $T_{j_{\max}}$ – значения эвристически формируемые операторами УМ, то оптимизация глобальной целевой функции (4) в рассматриваемом варианте комплекса ГДМ практически невозможна.

Варианты 2, 3.

Локальная система управления УМ типа САУК-М с регулятором нагрузки типа УРАН и иерархическая система управления с супервизорной МСАУ ГДМ позволяет осуществить как статическую, так и динамическую оптимизацию режимов работы ГДМ с учетом автоматического выполнения множества ограничений (7)-(12).

Рассмотрим целевые функции в этом случае. Сигналы, характеризующие режим работы ГДМ, формируются минимальным набором датчиков, имеющихся в аппаратуре автоматизации УМ, КУ и МНС, и с учетом локальных АЭП ГДМ обеспечивают возможность выполнения целевых функций-аналогов (16), (17), а также статической и динамической оптимизации ГДМ

$$CF4 = \{ V_P/V_{II} = \text{const}, n_{pu} V_P(t) = V_{PH}(t) = \text{const}; \\ 0 < T_{j_2} < T_{j_{\max i \dot{o}}} \};$$

$$Q_{Pj} = k \cdot V_{BH}(t) \cdot T_j = |Q_{Ej} \pm \Delta Q_{Ni}|;$$

$$V_I(t) \leq |\bar{V}_{i \text{ C}_f}(t) \pm \Delta V_{i \text{ C}_f}|;$$

$$QG \leq |QGZ \pm \Delta QGZ|; ; U(t) \leq U(t)_{\max};$$

$$\dot{Z}(t) = f(Z(t), U(t), Z_c(t), f(t));$$

$$Z(t) = f(Y(t), U(t)); Y(t) = [I_P, I_{II}, V_{II}, W_P, I_{KV}, V_{KV}];$$

$$Z_c(t) = [Q_{Pj}, V_P/V_I, T_{j_{\max i \dot{o}}}, Y_c(t), QGZ] \}, \quad (18)$$

где $Y(t), U(t)$ – векторы реально измеряемых координат и управляющих воздействий АЭП ГДМ;

$T_{j_{\Sigma}}$ – суммарное время включения ГДМ в течение смены;

$T_{j_{\max i \dot{o}}}$ – формируемое ИСУ значение максимального времени включения ГДМ из условия обеспечения глобальной целевой функции (4);

$Q_{Pji}, V_P/V_I, Y_c(t), QGZ$ – формируемые ИСУ

заданные значения основных координат статических и динамических режимов ГДМ.

В отличие от локальных САУ на средствах САУК, УРАН, ИПИР иерархическая система управления в статических режимах обеспечивает выполнение условий минимальной ($V_{II} = \text{const}$) или параметрической ($V_P/V_{II} = \text{const}$) оптимизации в вероятностной интерпретации, т.е. Оптимизирует режимы работы ГДМ вдоль всей длины лавы, где, с учетом интервала корреляции $\tau_{кор}$, математическое ожидание основного возмущения $A(t)$ меняется, по крайней мере, $L/\tau_{кор}$ раз. Одновременно ИСУ обеспечивает, на рассматриваемом интервале времени, равном продолжительности одной смены, выполнение глобального критерия оптимизации (4), путем формирования значения $T_{j_{\max i \dot{o}}}$ с учетом ресурса ГДМ.

В динамических режимах работы локальная АЭП УМ обеспечивает оптимизацию динамической нагруженности в соответствии с функционалом [1]

$$CF5 = J(U_o) = \int_0^{\infty} (\alpha^2 \cdot \varepsilon^2 + \beta^2 \cdot U_o) dt \rightarrow \min, \quad (19)$$

где $\varepsilon(t) = I_{EC}(t) - I_P(t)$,

$U_y(t) = U_{II}(t)$ – управляющее воздействие по каналу скорости подачи, равное в варианте 2 величине эксцентриситета гидравлического механизма подачи, а для двигателя УМ типа КШЭ (или SL 300) – напряжению на якорной обмотке двигателя подачи;

или модифицированного критерия, обеспечивающего защиту электродвигателя резания от опрокидывания по техническим причинам, путем обеспечения максимального быстрого действия на начальном участке переходного процесса

$$CF6 = J(U_o) = \int_0^{t1} U_{o_{\max}} dt + \int_{t1}^{\infty} (\alpha^2 \cdot \varepsilon^2 + \beta^2 \cdot U_o) dt \rightarrow \min. \quad (20)$$

Супервизорные многосвязные АЭП ГДМ на верхнем уровне ИСУ в вариантах 2, 3 выполняют задачи:

- статической оптимизации по критерию «минимально» или «параметрической оптимизации»;
- глобальной статической оптимизации в соответствии с целевым функционалом;
- оптимизации динамической нагруженности ГДМ по векторным интегрально-квадратичным функционалам типа [14]

$$CF7 = J = M \left[(Z_c(t) - Z(t))^T \cdot Q_r \cdot (Z_c(t) - Z(t)) \right] + \\ + U^T(t) \cdot Q_r \cdot U(t) \rightarrow \min, \quad (21)$$

$$CF8 = J = 1/2 \left\{ \left[(Z_c(T) - Z(T))^T \cdot S_k \cdot (Z_c(T) - Z(T)) \right] \right\} + \\ + \int_{t_0}^T \left\{ \left[(Z_c(t) - Z(t))^T \cdot Q_n \cdot (Z_c(t) - Z(t)) \right] + \right. \\ \left. + U^T(t) \cdot R_n \cdot U(t) \right\} dt \rightarrow \min. \quad (22)$$

Оптимизация по (21), (22) выполняется в соответствии с принципом разделения [17].

В (21), (22):

M – символ математического ожидания;
 Q_r, R_r, S_k, Q_n, R_n – матрицы постоянных коэффициентов;
 $U(t)$ – вектор управляющих воздействий в многосвязной АЭП ГДМ.

Вариант 4.

Раздельный управляемый электропривод исполнительных органов и механизмов, входящих в ГДМ обеспечивает возможность выполнения всех приведенных выше критериев и реализации вариантов:

– максимальной оптимизации режимов резания [1]

$$V_P = var, V_{II} = var, \quad (23)$$

– экстремальных САУ УМ по критериям оптимизации энергозатрат [1]

$$P_P \rightarrow min, P_{II} \rightarrow min, \quad (24)$$

а также позволяет резко повысить качество управления динамической нагруженностью машин путем оптимизации функционалов CF7, CF8, в которых векторы $Z(t)$ включают координаты раздельно управляемых электроприводов всех ГДМ.

Целевые функции управления угледобывающими комплексами (1), ..., (24) характеризуют нормальные и технически требуемые режимы работы механического оборудования и электротехнических комплексов. Для каждого из функций (1), ..., (24) для конкретного представителя персонала электротехнической службы (ЭТС) могут быть определены списки вопросов, знания ответов на которые и составляют объем знаний отдельных представителей ЭТС.

Введем понятие и обозначения множества упомянутых списков вопросов (СВ) и списков ответов (СО), которые, в отличие от СВ, могут иметь вероятностную интерпретацию:

$$CB = \{CB(i, c, j): I = \overline{1, n}; c = \overline{1, \dots, 24}; j = \overline{1, m}\}, \quad (25)$$

$$CO = \{CO(i, c, j): I = \overline{1, n}; c = \overline{1, \dots, 24}; j = \overline{1, k}\}, \quad (26)$$

где i – условный номер представителя персонала ЭС.

Максимальное значение $I = n$;

c – номер множества целевых функций управления соответствующие $\{(1), \dots, (24)\}$;

j – множество формализованных для конкретного i -го вопроса по конкретной целевой функции c из множества $\{(1), \dots, (24)\}$;

m, k – соответственно размер множества вопросов и ответов;

y – множество ответов на вопросы СВ (i, c, j) ;

k – размерность множества ответов, которая в общем случае может быть $k \geq m$. Ответы могут иметь вероятностную характеристику.

СВ и СО составят базу знаний дистанционной системы (ДС) повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий на базе экспертных алгоритмов оценки знаний, автоматизированных рабочих мест энергетических служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий (ЭК ГРП), специальной технологии дистанционного обучения инженерного корпуса [19, 20].

Будем считать множество СО максимально допустимым уровнем знаний отдельного представителя ЭТС и ЭТС в целом, а с учетом вероятностного характера отдельных ответов из множества СО выделим минимально допустимое подмножество $\min CO$, соответствующее знаниям представителя ЭТС и ЭТС в целом. Определение вероятностных оценок СО и $\min CO$ возможно методом экспертных оценок [21, 22]. Наличие целевых функций (1), ..., (24) и множеств СВ, СВ, $\min CO$ позволяет поставить задачу построения математических моделей знаний представителей ЭТС в рамках ДС [19, 20] и в соответствии с теоретическими положениями [21, 22]. Тогда критерием знаний представителей ЭТС может быть принята функция R [22]:

$$R = R_{jR} = \frac{\sum_{i_R \in O_A} R_{iR} \cdot C_{iR}}{\sum_{i_R \in O_A} C_{iR}}, \quad (27)$$

где $R = R_{jR}$ – критерий знаний по множеству

вопросов СВ(i, c, j) для множества $jR = j = \overline{1, m}$,

R_{jR} – оценка за вопрос j ;

C_{iR} – коэффициент сложности (возможно вероятностная характеристика) вопроса СВ(i, c, j), $j = iR$;

Q_c – подмножество вопросов, относящихся к целевой функции C_i .

R идентифицируется путем тестирования представителей ЭТС по эталонной модели знаний, включающей множества СВ и СО, с последующей оценкой отклонения фактических знаний от эталонных и сравнением с $\min CO$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация привода выемочных и проходческих машин. Научная / Под. ред. чл. – кор. АН СССР А.В. Докукина. М.: Недра, 1983. 264 с.
2. Брейдо И.В. Структурно-параметрическая оптимизация управляемых электроприводов подземных передвижных машин: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 1996. С. 32.
3. Авдеев Л.А., Фешин Б.Н., Калинин А.А., Фешин М.В. Оптимизация режимов работы схем электроснабжения технологических участков угольной шахты средствами ППП «АРМ главного энергетика» // Труды международной научной конференции «Научно-технический прогресс – основа развития рыночной экономики» (26-27 июня 1997г., КарГТУ). Караганда, 1997. С. 58-61.
4. Солод В.И., Зайцев В.И., Перов К.И. Горные машины и автоматизированные комплексы. М.: Недра, 1981. 503 с.
5. Захаров В.Н., Кириченко К.И., Силаев В.И., Сарченко В.Н. Аппаратура автоматизации очистных комбайнов. М.: Недра,

1986. 128 с.
6. Пименов Н.И., Фешин Б.Н. Методические рекомендации по исследованию и проектированию систем автоматического управления угледобывающими машинами с регулируемыми приводами исполнительных органов резания и механизмов подачи / Изд-во ИГД им. А.А. Скочинского. М., 1985. 150с.
 7. Росин М.Ф. Статистическая динамика и теория эффективности систем управления. М.: Машиностроение, 1970. 336 с.
 8. Брейдо И.В. Оптимальный электропривод шахтных скребковых конвейеров // Горный журнал. 1990. № 10. С. 109-114.
 9. Стариков Б.Я., Азарх В.Л., Рабинович З.М. Асинхронный электропривод очистных комбайнов. М.: Недра, 1981. 288 с.
 10. Толпежников Л.И. Автоматизация подземных горных работ. М.: Недра, 1976. 374 с.
 11. Картавый Н.Г., Глушко В.В., Ульшин В.А. Автоматическое регулирование режимов работы горных машин. М.: Недра, 1970. 140 с.
 12. Позин Е.З. Сопротивляемость угля разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972. 239 с.
 13. Бырька В.Ф., Фешин Б.Н. Комплекс программных средств для математического моделирования динамических систем и машин. Караганда, 1990. 130 с.
 14. Слободская Т.К., Фешин Б.Н. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для исследования и проектирования систем автоматического управления электроприводом горных машин // Автоматическое управление технологическими процессами в горной промышленности / Сб. науч. тр. СГИ. Свердловск, 1991. -3с.
 15. Брейдо И.В. Установление оптимальных режимов работы регулируемого тиристорного электропривода скребковых конвейеров угольных шахт: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1982. 16 с.
 16. Молдавский Л.А., Финкельштейн Э.Л., Верклов Б.А. Виды повреждений и долговечность трансмиссий горных машин. М.: Недра, 1981. 192 с.
 17. Позин Е.З. Изменчивость сопротивляемости угля разрушению // Разрушение горных пород механическими способами. М.: Наука, 1966. С. 23-24.
 18. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. М.: Наука, 1969. 588 с.
 19. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Дистанционные системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2008. №4. С. 98-101.
 20. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Структура экспертных систем оценки качества знаний сотрудников электротехнических служб горно-рудных предприятий. Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2009. №4. С. 88-90.
 21. Экспертные системы. Принципы работы и примеры / Пер. с англ. А. Брукинг, П. Джонс, Ф.Кокс и др.; Под ред. Р. Форсайта. М.: Радио и связь, 1987. 224с.
 22. Рыбина Г.В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы. Искусственный интеллект и принятие решений. М., 2008. С. 22-46.

УДК 656.2(073):658.7

МУРЗАБЕКОВА К.А.

Система моделей оценки крупномасштабных транспортных проектов

Исходя из представления о многослойном характере неопределенности, имеющей место при оценке ожидаемой эффективности крупномасштабных транспортных проектов (КТП), то логично снижать ее степень послойно и последовательно на макро-, мезо- и микроуровнях. На каждом из них неопределенность уменьшается с помощью построения и анализа специальной модели, учитывающей особенности информационной обеспеченности проекта на рассматриваемом этапе его жизненного цикла. Поэтому переменные и параметры моделей измеряются в разных шкалах – качественных и количественных, причем первые преобладают на макроуровне, а вторые – на микроуровне. Соответствующие модели в рамках могут применяться как автономно, для сравнения эффективности конкурирующих проектов на разных этапах их жизненных циклов, так и для сравнения вариантов одного и того же проекта в скользящем режиме.

Основой формулируемой ниже системы моделей является известная рационалистическая установка необходимости сопоставления полных затрат и результатов по всему жизненному циклу КТП с учетом факторов времени и неопределенности. К реализации принимается такой проект из числа конкурирующих, который гарантирует с приемлемым уровнем риска получение неотрицательного сальдо при сопоставлении затрат и результатов. Величина именно этого сальдо, в дальнейшем именуемая ожидаемой эффективностью КТП, и служит критерием определения предпочтительного проекта.

В общей форме основные этапы такого анализа применительно к оценке КТП выражаются в виде ряда соотношений [1].

Уравнение:

$$E=f(x) \quad (1)$$

показывает, что для любого из вариантов решения проблемы, например, транспортной, возникающей при проектировании переправы через водную преграду, выгоды E от создания переправы являются функцией альтернативы x , выбранной из ряда технически осуществимых альтернатив (мост, тоннель, паром).

Аналогично формулирование модели затрат заключается в нахождении зависимости между альтернативами x и затратами C :

$$C=m(x). \quad (2)$$

Эффективность U проекта определяется соотношением выгод E , которые естественно нужно максимизировать, и затрат C , которые столь же

естественно – минимизировать. Тогда, если имеется несколько конкурирующих альтернатив, проблема получения наибольшей эффективности сведется к максимизации $U(x_i)$ по $i \in \{1, \dots, n\}$ (в нашем примере $n = 3$).

Можно, например, определить эффективность соотношением:

$$U=E/C \quad (3)$$

и ввести ограничение $U \geq R$, где R – некий «барьерный» уровень эффективности, указывающий минимальную приемлемую для инвестора эффективность проекта. Тогда все альтернативы, не удовлетворяющие ограничению, должны быть отвергнуты. Заметим, что показатель эффективности (3) корректен только при сопоставлении альтернатив примерно одинакового масштаба.

Более корректным способом задания ограничений для статического случая является фиксация единого уровня допустимых затрат по сравниваемым альтернативам. Тогда при заданном уровне затрат находится альтернатива с максимально возможным уровнем выгоды U . Можно задать также минимально допустимый уровень выгоды, одинаковый для всех альтернатив, и искать наименее затратную из них.

Во всех трех случаях затраты и выгоды каждой альтернативы КТП сопоставляются попарно для того, чтобы:

- в первом случае – определить наиболее эффективную альтернативу, когда альтернативы различаются выгодами и затратами;
- во втором случае выбрать наиболее выгодную альтернативу из тех, для которых затраты не выше указанного уровня;
- в третьем случае – выбрать альтернативу с минимальными затратами из альтернатив, выгоды которых не ниже указанного уровня.

Описанная модель «затраты – выгоды» является универсальным отражением общей рационалистической установки, независимо от способов и возможностей измерения и соотнесения затрат и выгод в каждом частном случае. При конкретизации модели и выясняются ее важные модификации.

1. Если затраты и выгоды однозначно измеримы в денежных единицах, то можно оценить экономическую эффективность альтернативных КТП во всех трех указанных выше постановках, пользуясь, например, соотношением (3). При динамической постановке задачи, естественно, следует учитывать неравноценность разновременных затрат и выгод.

2. Если затраты и выгоды в денежных единицах невозможно оценить однозначно, то, чтобы учесть фактор неопределенности, необходимо трансформировать (3) и максимизировать по $i \in \{1, \dots, n\}$ функцию:

$$U(x_i, y_L, \dots, y_m), \quad (4)$$

где $y_L, \dots, y_m$ – сценарии развития внешней среды проекта, от характеристик которых U зависит не в меньшей степени, чем от характеристик альтернативы x_i .

Набор характеристик x_i выбирается, поэтому номер альтернативы есть управляемый параметр (переменная задачи). Сценарии же не выбираются, и, в случае неопределенности, которая имеет место на предпроектном этапе, невозможно предсказать, какой из сценариев y_j реализуется. Поэтому функция U зависит не от одного сценария, а от всей совокупности сценариев, которая описывает возможные состояния внешней среды в период реализации проекта. В предположении, что можно оценивать эффективность u_{ij} альтернативы x_i в сценарии y_j , можно считать, что эффективность x_i при неопределенности сценария зависит от множества значений $\{u_{ij} | 1 \leq j \leq m\}$. В такой ситуации как при статической, так и при динамической постановке задачи оценки проекта U называют показателем ожидаемой экономической эффективности.

3. При первоначальной оценке КТП стремятся, как правило, учесть фактор так называемой «радикальной неопределенности» крупномасштабных затрат и стратегических выгод, например, политического характера, которые не могут быть измерены в денежных единицах, т.е. в количественной шкале. В этом случае и всегда, когда некоторые компоненты потерь и/или выгод измерены в качественно-количественных шкалах, во всех трех вариантах общей рационалистической установки (см. п.п. 1,2,3) U в (4) называют показателем ожидаемой стратегической эффективности. Задачу оценки ожидаемой стратегической эффективности, ввиду сложности, формулируют обычно как статическую или полудинамическую.

Задача оценки в модификации п. 3 относится к макроуровню и решается на предпроектном этапе КТП, когда имеет место «радикальная неопределенность». На этом этапе проблема, на разрешение которой направлен проект, сформулирована еще нечетко, а ее компоненты и связи между ними описываются как в количественных, так и в качественных терминах. Здесь используется сильно агрегированная модель КТП, которая приблизительно отображает инвестиционный проект на стадии уточнения проектного замысла и инвестиционных намерений его участников. Модель позволяет на ранней стадии КТП осуществить предварительный анализ его достоинств и недостатков и ориентировочно оценить эффективность взаимодействия ключевых переменных проекта – агрегатов выгод и затрат.

Можно показать, как с помощью логической и экономико-математической моделей структурируются

на макроуровне рационалистические установки в модификации п. 3, для того чтобы должным образом учесть и экономические, и неэкономические цели КТП, а затем, опираясь на экспертные технологии и специальные правила принятия решений в условиях неопределенности (Вальда, Сэвиджа и Гурвица), оценить ожидаемую стратегическую эффективность КТП [2, 3].

На мезоуровне, т.е. на этапе технорабочего проектирования, когда на предыдущем уровне «вскрыта» радикальная неопределенность и имеет место так называемая вероятностно описанная неопределенность, в качестве базовой при оценке эффективности в модификации п. 2 можно использовать модель дисконтированного денежного потока КТП. В отличие от модели макроуровня она является полудинамической, отражает неравноценность разновременных затрат и результатов. Альтернативные сценарии развития внешней среды, как и в предыдущем случае (на макроуровне), считаются неизменными в течение расчетного периода реализации проекта. Вероятность (объективная или субъективная) актуализации сценариев исчисляется на основе статистической информации или определяется экспертами, а вероятностная неопределенность «вскрывается» с помощью специальных критериев Лапласа и Байеса.

Особенность этой модели состоит также и в том, что при оценке параметров альтернатив проекта и сценариев развития внешней среды предполагается использование так называемых экономических цен, учитывающих КТП. Это позволяет, в принципе, оценить эффективность КТП с позиций экономики в целом, однако определение значений таких цен связано со значительными методологическими трудностями и, по сути, является экспертной процедурой [4].

Можно привести рекомендации по выбору наиболее предпочтительных вариантов проекта на этапе технорабочего проектирования с помощью агрегированной полудинамической модели денежного потока и ограничений, наложенных на продолжительность жизненного цикла КТП, по критериям, использующим ожидаемые величины чистого дисконтированного денежного дохода (ЧДД).

На микроуровне, т.е. на этапе проектирования организации строительства, динамика затрат и результатов КТП может быть определена уже не ориентировочно и в агрегированной форме денежного потока, как это сделано на предыдущей стадии, а в дезагрегированной, более точной форме, учитывающей технологическую упорядоченность строительных работ и финансовые ограничения КТП в период строительства. На этом уровне общая рационалистическая установка и критерии оценки ожидаемой эффективности альтернатив, использованные на предыдущем уровне, сохраняются, а динамика притока и оттока денег в модели денежного потока генерируется с помощью укрупненной сетевой модели проекта. Последнее дает возможность сравнить альтернативные календарные планы организации строительства проектируемой

железнодорожной линии и выявить наиболее предпочтительный календарный план при наличии сетевых ограничений в условиях определенности в предположении, что радикальная и вероятностная неопределенности «вскрыты» на макро- и микроуровне соответственно.

Можно разработать сетевую экономико-математическую модель КТП, формализующую динамическую задачу выбора наиболее предпочтительного укрупненного календарного плана строительства при ограничениях на его финансовую реализуемость. При многокритериальной постановке задачи можно показать приемы выявления множества Парето – оптимальных календарных планов и способы нахождения на соответствующей переговорной кривой точки приемлемого компромисса [5, 6].

Описанная выше система моделей оценки является «мягкой», качественно-количественной. Она последовательно, «сверху вниз», от макроуровня к микроуровню «вскрывает» сначала радикальную

неопределенность, затем вероятностную неопределенность, наконец, неопределенность выбора того проекта, который является наиболее предпочтительным после осуществления всех проведенных процедур по учету фактора неопределенности. Логические и математические модели в этой системе дополняют друг друга, причем связи между моделями разных уровней являются нежесткими. Система может быть построена по принципу дезагрегирования, перехода от макроэкономического к микроэкономическому взгляду на КТП и его ожидаемую эффективность. Описанная система моделей имеет эмпирико-прикладной характер, поэтому при ее применении к анализу КТП существенную роль играют интуиция и субъективные суждения экспертов [7]. Такова специфика системного анализа как метода исследования и разрешения сложных, слабоструктуризованных проблем, к числу которых относится проблема оценки ожидаемой эффективности КТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бешелев С.Д. Метод «затраты – эффективность» (Обзор) // Экономика и математические методы. 1970. Т. VI. Вып. 5. С. 718-731.
2. Теория прогнозирования и принятия решений: учеб. пособие / Под ред. С.А. Саркисяна. М.: Высш. школа, 1977. 351 с.
3. Ланге О. Оптимальные решения. М.: Прогресс, 1967. 285 с.
4. Лившиц В.Н. Проектный анализ: методология, принятая во Всемирном банке // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30. Вып. 3. С. 37-50.
5. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето – оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. 256 с.
6. Вилкас Э.И. Оптимальность в играх и решениях. М.: Наука, 1990. 256 с.
7. Петровский А.Л., Попкова Л.А., Шнейдерман М.В. Организация экспертных процедур. М.: Наука, 1999. 305 с.

УДК 331.4(574)

**АЛЕСЕВ В.Г.,
ЖАЛКОВСКИЙ В.В.,
НАМАНБАЕВА Ж.А.,
АЛЕКСЕЕВА Т.М.,
ШАРИПОВА С.А.**

Разработка комплексного исследования опасности производственной среды и управления профессиональными рисками

Наряду с изучением организационных возможностей снижения профессиональных рисков, предлагается учитывать такие новые механизмы управления безопасностью труда, как обязательное страхование профессиональных рисков, самостоятельность предприятий в определении стратегии своей деятельности, региональные рычаги влияния на состояние охраны труда.

Как и ряд других актуальных проблем, имеющих отношение непосредственно к выживанию человека (экология, здравоохранение, социальное обеспечение), проблема создания цивилизованных условий труда еще не осознается обществом в полной мере. Во многом этому способствует тот факт, что общество не имеет достаточно ясного представления о реальных масштабах крайне неблагоприятного положения дел с условиями труда и последствиях, которые из этого вытекают [1].

Современный период, характеризующийся переходом народного хозяйства к рыночной экономике, диктует необходимость постановки

вопроса об охране труда в новой плоскости с учетом ее экономических аспектов и рыночных возможностей стимулирования ее совершенствования.

Такое расширение подхода к проблеме охраны труда дает возможность, во-первых, рассматривать научно-технический и социальный аспекты этой проблемы на единой, экономической основе; во-вторых, обоснованно определять вид и масштабы инвестиций в данную сферу и, в-третьих, выяснить истинное значение и необходимость функционирования большого числа технических, медико-социальных, государственных и общественных структур, имеющих отношение к сфере охраны труда.

С экономической точки зрения мероприятия по улучшению условий труда во имя сокращения травматизма и заболеваний неизбежно требуют определенных затрат. Однако даже по скромным подсчетам эти затраты не идут ни в какое сравнение с потерями, которые несет государство и частные фирмы в связи с компенсациями за причиненный вред

на производстве, полной потерей трудоспособности и смертью, оплатой лечения. В общей сложности потери государства в результате несчастных случаев на производстве и профессиональной заболеваемости, даже если их принять на уровне, характерном для стран-членов ЕС (от 2,8 до 3,6 % от ВВП), исчисляются суммой, соизмеримой с крупными статьями бюджетных расходов страны.

Наряду с прямыми потерями каждое предприятие и общество в целом несет громадные косвенные потери, связанные с утратой опытных, квалифицированных кадров, наймом и обучением новых работников на их место, а также неизбежным падением производительности труда и качества продукции.

Следует обратить особое внимание на то обстоятельство, что с переходом к рыночной экономике в Казахстане создалась ситуация, характеризующаяся изобилием рабочей силы и низким уровнем оплаты труда. В связи с этим механизм экономического влияния на состояние охраны труда будет постоянно наталкиваться на преграду — низкую стоимость рабочей силы.

В рамках рыночного подхода к управлению охраной труда должен быть решен и ряд других фундаментальных проблем, в частности, проблема замены на большинстве казахстанских предприятий устаревших, контрпродуктивных основных фондов, представляющих угрозу для здоровья работников.

Значительную трудность на пути совершенствования охраны труда в условиях рыночной экономики представляет психологическая неподготовленность общества к новым трудовым отношениям. Попытки форсированного преодоления этого барьера путем переноса зарубежного опыта сталкиваются со значительными трудностями, связанными с принципиальными различиями европейских и казахстанских традиций организации производства и своеобразием национальных менталитетов. Очевидно, что необходимо создание отечественной системы охраны труда, поскольку даже исключительно удачные решения теряют свою эффективность при переносе из одной национальной системы в другую.

Нельзя не признать, что к настоящему времени в области охраны труда существует большое число аналитических разработок, действующих нормативных актов, постановлений Правительства РК, законов, публикаций в отраслевой периодической печати. Тем не менее, закрепленное законодательством право на охрану труда на производстве реально не обеспечивается и носит в основном декларативный характер.

Наличие большого количества рабочих мест с высокоинтенсивным и тяжелым физическим трудом, вредными условиями, неблагоприятными режимами и сверхурочными работами, сочетание дискомфортных условий труда с деградацией природной среды обитания человека, неполноценным питанием и неразвитостью социально-бытовой сферы приводит к истощению и перенапряжению трудового потенциала

страны, а во многих случаях и сокращению его воспроизводства.

Неблагоприятное положение дел в системе охраны труда в нашей стране не исчерпывается только прямым поражающим действием плохих условий труда на людей. По своим общечеловеческим последствиям эта проблема намного шире и глубже. В своем негативном виде она формирует такие качества, как общественная пассивность, безразличия работника к своему здоровью и к самому себе как к личности, расширение наркомании и алкоголизма.

Ежегодно, как свидетельствует статистика, в стране регистрируется свыше 16 тыс. производственных травм, по этой причине погибает около 600 человек. За последнее десятилетие зарегистрировано свыше 12 тысяч больных с впервые установленным диагнозом профзаболевания. По данным Республиканского научно-исследовательского института охраны труда МТСН РК, затраты, связанные с экспертизой и компенсациями за ущерб здоровью на предприятиях достигает 60 % фонда оплаты труда.

Наиболее травмоопасной отраслью экономики является угольная промышленность. При этом, по данным Республиканского научно-исследовательского института охраны труда МТСН РК, порядка 82 процентов случаев смертельного травматизма в угольной промышленности происходит на подземных горных работах. Именно в силу данных обстоятельств вопросы охраны труда на угольных шахтах являются предметом специального исследования.

Для того чтобы исправить положение в области охраны труда на предприятиях, необходимо решить целый ряд научных, технико-технологических, экономических, социальных и организационных проблем. Их решение немыслимо без возможности оценивать профессиональные риски, анализировать положение дел с охраной труда на предприятиях и в отраслях экономики, исследовать на объективной основе причины травматизма и профессиональной заболеваемости.

Реалии современного общества требуют взглянуть на проблему управления профессиональными рисками по-новому. Если ранее исследовались лишь организационные возможности снижения профессиональных рисков, то в настоящее время, наряду с традиционными, необходимо учитывать такие новые механизмы управления безопасностью труда, как обязательное страхование профессиональных рисков, самостоятельность предприятий в определении стратегии своей деятельности, региональные рычаги влияния на состояние охраны труда.

Таким образом, актуальность работы определяется как перманентной актуальностью проблемы безопасности труда на предприятиях, так и появлением новых возможностей в управлении профессиональными рисками, до настоящего времени системно не исследовавшихся в науке. В целом решаемая научная проблема включает в себя ключевые аспекты концепции сохранения трудового

потенциала страны и повышения эффективности его использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Умнов А.Е. Охрана труда в горно-рудной промышленности. М.: Недра, 1999. 208 с.

УДК 621.315.616.9039.83
БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х.

Распределение напряженности электрического поля в высоковольтных кабелях с изоляцией из полиимидов алициклического строения

В большинстве случаев при конструировании электрической изоляции не удается использовать ее форму с точки зрения получения наиболее выгодного для работы электроизоляционных материалов равномерного поля. Действительно, трудно представить кабель с токопроводящими жилами в виде бесконечных плоских электродов, при которых только и можно получить равномерное поле. В равномерном поле участки электроизоляционного материала нагружаются практически одинаковой напряженностью поля, т.е. имеет место наилучшее его использование. В неравномерном поле отдельные участки электроизоляционной конструкции несут повышенную электрическую нагрузку, что может привести к быстрому разрушению материалов перегруженных областей, а на оставшиеся части будет действовать повышенная напряженность поля, что поведет к их разрушению.

В связи с этим представляет интерес расчет напряженности электрического поля кабеля на напряжение 500 кВ, изолированного пленкой марки ПИФАБ из полиимида алициклического строения. Этот полиимид был разработан в Институте химических наук им. АБ. Бектурова, имеет алициклическое строение и по всем электрофизическим параметрам не уступает полиимидам ароматического строения.

Полученные расчетные геометрические параметры для рассматриваемого кабеля, а также параметры кабеля для данного класса напряжения из сшитого полиэтилена (СШПЭ) разных сечений, приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Сравнительные размеры кабелей с изоляцией из СШПЭ и ПИФАБ на напряжение 500 кВ, сечение жилы 800 мм²

Параметры	Кабель из СШПЭ	Кабель из ПИФАБ
Радиус жилы	$r = 16$ мм	$r = 16$ мм
Радиус по изоляции	$R = 51,5$ мм	$R = 27,5$ мм
Диаметр по изоляции	$\varnothing = 103$ мм	$\varnothing = 55$ мм
Толщина изоляции	$\Delta = 34$ мм	$\Delta = 11,5$ мм
Сечение экрана	$S_{\text{экp}} = 185$ мм ²	$S_{\text{экp}} = 185$ мм ²
Толщина защитного покрова	$\Delta = 8,5$ мм	$\Delta = 8,5$ мм
Наружный диаметр кабеля	$\varnothing = 120$ мм	$\varnothing = 72$ мм

Таблица 2 – Сравнительные размеры кабелей с изоляцией из СШПЭ и ПИФАБ на напряжение 500 кВ, сечение жилы 3000 мм²

Параметры	Кабель из СШПЭ	Кабель из ПИФАБ
Радиус жилы	$r = 36$ мм	$r = 36$ мм

Радиус по изоляции	$R = 69$ мм	$R = 45,3$ мм
Диаметр по изоляции	$\varnothing = 138$ мм	$\varnothing = 91,6$ мм
Толщина изоляции	$\Delta = 31$ мм	$\Delta = 9,6$ мм
Наружный диаметр кабеля	$\varnothing = 158$ мм	$\varnothing = 111,6$ мм
Сечение экрана	$S_{\text{экp}} = 185$ мм ²	$S_{\text{экp}} = 185$ мм ²
Толщина защитного покрова	$\Delta = 10$ мм	$\Delta = 10$ мм

Проведенные комплексные исследования по изучению основных электрических и механических свойств этих полиимидов показали, что они могут использоваться в качестве надежной изоляции электрических машин взамен или наряду с другими полимерами.

Как видно из таблиц 1 и 2, толщина изоляции кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФАБ, почти в 3 раза меньше, чем при изоляции из сшитого полиэтилена, что соответственно изменяет вес и габариты кабеля также в 3 раза. При этом необходимо учитывать, что все электрические и тепловые характеристики у пленок ПИФАБ гораздо выше, чем у СШПЭ.

Для расчета напряженности электрического поля необходимо учесть, что сети с номинальным напряжением 3-35 кВ имеют изолированную или резонансно-заземленную нейтраль, а 110 и выше – заземленную нейтраль. Таким образом, рабочее напряжение электрической изоляции класса 3-35 кВ принимается равным наибольшему рабочему напряжению электрооборудования, а класса 110 и выше – наибольшему фазному напряжению, т.е. наибольшему рабочему напряжению электрооборудования, деленному на $\sqrt{3}$. Для класса напряжения 500 кВ наибольшее рабочее напряжение равно 525 кВ. Для расчета напряженности электрического поля принимаем U равное $525/\sqrt{3}$.

Напряженность электрического поля получают из общей зависимости:

$$E = \frac{U}{2,3 \lg R/r} [\text{А}/\tilde{m}]. \quad (1)$$

В большинстве случаев важны максимальная и минимальная величины напряженности электрического поля, получаемые из общей зависимости (2) и (3):

$$E_{\text{max}} = \frac{U}{2,3 \lg R/r} [\text{А}/\tilde{m}], \quad (2)$$

$$E_{\text{min}} = \frac{U}{2,3 \lg R/r} [\text{А}/\tilde{m}]. \quad (3)$$

Напряженность электрического поля у поверхности с меньшим радиусом имеет максимальное значение. Таким образом, если вблизи внутреннего электрода материал напряжен до предела, то у внешней поверхности он недогружен. Это подтверждается расчетами, проведенными для кабелей разных сечений, изолированных полиимидом и сшитым полиэтиленом. Например, для кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФ_{АБ}, сечением 800 мм²:

$$A_{\max} = \frac{525}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 \cdot 16 \cdot \lg \frac{27,5}{16}} = 35 \text{ êÅ/ìì},$$

$$A_{\min} = \frac{525}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 \cdot 27,5 \lg \frac{27,5}{16}} = 20,375 \text{ êÅ/ìì}.$$

Аналогичным образом рассчитаны значения максимальных и минимальных напряженностей поля для кабеля сечением 3000 мм² и кабелей, изолированных сшитым полиэтиленом (таблица 3).

Таблица 3 – Напряженности электрического поля в кабелях

Кабели	Сечение S, мм ²	Изоляция из ПИФ _{АБ}	Изоляция из СШПЭ
$E_{\max}$, кВ/мм	800	35	16,25
$E_{\min}$, кВ/мм	800	20,4	5,42
$E_{\max}$, кВ/мм	3000	36,7	12,96
$E_{\min}$, кВ/мм	3000	29,2	6,9

Из таблицы видно, что разница между максимальными и минимальными значениями напряженностей электрического поля составляют,

примерно, 10-15 кВ/мм. Для пленки ПИФ_{АБ} электрическая прочность составляет, примерно, 200-220 кВ/мм, с этой точки зрения перепад в 10-15 кВ/мм считается неопасным и по величине сопоставимым с перепадом напряженностей у кабеля с изоляцией из СШПЭ. Но в любом случае, для данной изоляции есть возможность получения пленок с различными величинами диэлектрической проницаемости и можно провести градирование изоляции по емкости. В стандартных кабелях, выпускаемых заводами-изготовителями, изолированными сшитым полиэтиленом (СШПЭ) градирование не проведено, хотя перепад напряженностей электрического поля примерно такой же, как и в нашем случае. В этих кабелях применили экранирование по жиле и по изоляции полупроводящим полиэтиленом.

Выводы

1. Приведены параметры электрического кабеля, рассчитанные с новой изоляцией из полиимидов алициклического строения (ПИФ_{АБ}) на 500 кВ с разными сечениями и показаны для сравнения габаритные размеры кабелей на такое же напряжение с изоляцией из сшитого полиэтилена (СШПЭ).

2. Установлено, что толщина изоляции кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФ_{АБ} почти в 3 раза меньше, чем при изоляции из сшитого полиэтилена, что соответственно изменяет вес и габариты кабеля также в 3 раза.

3. Напряженность электрического поля кабеля у жилы имеет максимальное значение, близкое к допустимой рабочей напряженности. Распределение напряженности по толщине изоляции соответствует общепринятым закономерностям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михалков А.В. Техника высоких напряжений в примерах и задачах. М.: Высшая школа. 1965. 228 с.
2. Дмитриевский В.С. Расчет и конструирование электрической изоляции. М.: Энергоиздат 1981. 392 с.
3. Украинский Ю.М., Пак В.М. Создание современных электроизоляционных материалов и систем изоляции для тяговых электродвигателей нового поколения электровозов // Электротехника. 1999. № 3. С. 53-55.
4. Жубанов Б.А., Бекмагамбетова К.Х., Кравцова В.Д., Пленки из алициклических полиимидов и их основные электрические свойства // Химический журнал Казахстана. Алматы: 2009. № 3. С. 68-91.
5. Жубанов Б.А., Кравцова В.Д., Бекмагамбетова К.Х. Новые полимерные системы на основе алициклических полиимидов. // Журнал прикладной химии. РФ. М.: 2006. Т. 79. Вып 11. С. 1890-1891.

УДК 669.777:1546.244+536.631

РУСТЕМБЕКОВ К.Т.

Калориметрия нового дителлурицинката кальция

В современной неорганической химии получение новых соединений, изучение их разнообразных химических и физических свойств не только обогащают наши знания о природе вещей, но и имеет научное и прикладное значение для науки и техники. Это касается и новых неорганических соединений, потенциально обладающих ценными электрофизическими свойствами. В этом аспекте исследование химических и физико-химических свойств соединений на основе оксидов теллура (IV), d-элементов и карбонатов щелочно-земельных (щелочных) металлов имеет теоретическое и

прикладное значение в связи с их возможными уникальными электрофизическими свойствами.

На кафедре неорганической и технической химии КарГУ им. Е.А. Букетова на протяжении ряда лет проводятся систематические исследования по поиску и разработке научных основ направленного синтеза новых оксосоединений селена и теллура с уникальными электрофизическими свойствами [1]. Современная, взаимосогласованная термодинамическая информация новых сложных оксосоединений селена и теллура необходима для определения направления протекания реакций,

протекающих в этих системах, для решения вопроса о возможности самопроизвольного протекания той или иной реакции в заданных условиях, определения значений констант равновесия, а также для решения ряда теоретических проблем, связанных с определением энергии и природы химической связи. Знание термодинамических и термодинамических свойств сложных оксосоединений необходимо также для создания информационного банка данных термодинамических величин, моделирования процессов синтеза новых веществ с заданными характеристиками и выявления фундаментальной зависимости «структура – энергетика – свойства» у синтезируемых веществ.

В данной работе приводятся результаты калориметрического исследования теплоемкости нового дителлуриитоцинката кальция или теллурита кальция-цинка – $\text{CaZn}(\text{TeO}_3)_2$. Для синтеза двойного теллурита использовали оксид теллура (IV) марки «ос.ч.», оксид цинка и карбонат кальция квалификации «х.ч.». Методика синтеза аналогична, приведенной в работе [2]. Индивидуальность соединения контролировалась методами рентгенофазового и химического анализов.

Теплоемкость теллурита исследовали методом динамической калориметрии [1, 2] на серийном приборе ИТ-С-400 в интервале температур 298,15 – 673 К (табл. 1).

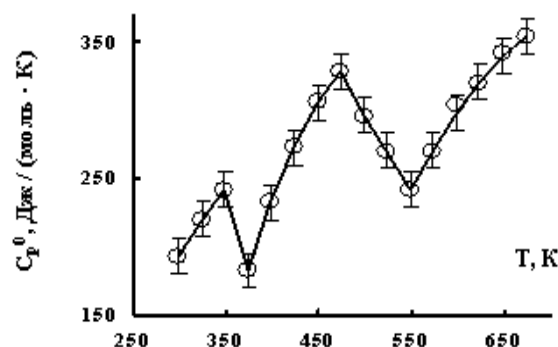
Погрешности измерения теплоемкости в исследуемом температурном диапазоне находятся в пределах точности прибора ($\pm 10\%$) [3, 4]. Для усредненных значений удельных теплоемкостей при каждой температуре определяли среднеквадратичные отклонения $\bar{\delta}$, а для мольных теплоемкостей – случайные составляющие погрешности Δ [5]. Случайные составляющие погрешности опытных значений теплоемкостей укладываются в пределах погрешности прибора. Проверку работы калориметра проводили измерением теплоемкости $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Найденное опытным путем значение $\bar{N}_0^0(298,15)$ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ составило 76,0 Дж/(моль·К), что вполне удовлетворяет справочному (79,0 Дж/(моль·К)) [6].

При исследовании зависимости теплоемкости теллурита $\text{CaZn}(\text{TeO}_3)_2$ от температуры при 348 и 473 К обнаружены резкие аномальные λ -образные скачки, связанные, вероятно, с фазовыми переходами II-рода. Эти переходы могут быть связаны с катионным перераспределением, с изменением коэффициента термического расширения и изменением магнитного момента синтезированного теллурита (рисунок).

На основании экспериментальных данных (табл. 1), с учетом температур фазовых переходов II-рода выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости теллурита (табл. 2).

С использованием опытных данных по $C_p^0 \square f(T)$ и расчетного значения $S^0(298,15)$ [7] по известным соотношениям в интервале 298,15 – 673 К вычислены температурные зависимости функций $C_p^0(T)$, $S^0(T)$, $H^0(T) - H^0(298,15)$ и $\Phi^{xx}(T)$ теллурита (таблица 3).

В ходе изменения теплоемкости от температуры при 348 и 473 К обнаружены λ -образные эффекты, вероятно, относящиеся к фазовым переходам II-рода, свидетельствующие о ценных электрофизических свойствах нового теллурита кальция-цинка.



Температурная зависимость теплоемкости $\text{CaZn}(\text{TeO}_3)_2$ в интервале 298,15-673 К

Таким образом, методом динамической калориметрии в интервале 298,15 – 673 К исследована изобарная теплоемкость нового дителлуриитоцинката кальция или теллурита кальция-цинка, на основе которой выведены уравнения зависимости $C_p^0 \square f(T)$ и определены термодинамические функции. На кривой $C_p^0 \square f(T)$ при 348 и 473 К обнаружены резкие аномальные скачки, связанные, вероятно, с фазовыми переходами II-рода. Наличие фазового перехода II-рода на кривой теплоемкости дает возможность сделать предположение о том, что данное соединение может обладать уникальными электрофизическими свойствами.

Результаты исследований могут представлять интерес для направленного синтеза халькогенидов с заданными свойствами, физико-химического моделирования химических и металлургических процессов с участием соединений теллура, а также могут служить исходными данными для фундаментальных справочников и информационных банков по термодинамическим константам неорганических веществ.

Таблица 1 – Экспериментальные данные по удельной и мольной теплоемкостям $\text{CaZn}(\text{TeO}_3)_2$

T, K	$C_p \pm \bar{\delta}, \text{ Дж/(г·К)}$	$\bar{N}_0^0 \pm \Delta, \text{ Дж/(моль·К)}$	T, K	$C_p \pm \bar{\delta}, \text{ Дж/(г·К)}$	$\bar{N}_0^0 \pm \Delta, \text{ Дж/(моль·К)}$
298,15	0,4220±0,0117	193±15	498	0,6476±0,0049	296±6
323	0,4811±0,0069	220±9	523	0,5921±0,0048	270±6
348	0,5304±0,0044	242±6	548	0,5294±0,0049	242±6
373	0,4010±0,0045	183±6	573	0,5905±0,0050	270±6
398	0,5108±0,0034	233±4	598	0,6660±0,0049	304±6

423	0,5983±0,0036	273±5	623	0,7007±0,0052	320±7
448	0,6692±0,0052	306±7	648	0,7484±0,0057	342±7
473	0,7177±0,0048	328±6	673	0,7754±0,0058	354±7

Таблица 2 – Коэффициенты уравнения температурной зависимости теплоемкости $C_p^0 = a + bT + cT^{-2}$, Дж/(моль·К) для $\text{CaZn}(\text{TeO}_3)_2$

Коэффициенты			$\Delta T, \text{K}$
a	$b \cdot 10^{-3}$	$c \cdot 10^5$	
-102,2±2,7	989,6±23,1	-	298-348
1064,6±28,1	-2363,2±62,4	-	348-373
1070,8±28,3	-807,2±21,3	-816,1±21,6	373-473
915,0±24,2	-1228,4±32,4	-	473-573
1444,3±38,1	-945,8±25,0	-2054,8±54,3	573-673

Таблица 3 – Термодинамические функции $\text{CaZn}(\text{TeO}_3)_2$ в интервале 298,15 – 673 К

T, K	$C_p^0(T), \text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$	$S^0(T), \text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$	$H^0(T) - H^0(298,15), \text{Дж}/\text{моль}$	$\hat{O}^{\infty}(T), \text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$
298,15	193±5	251±8	-	251±14
300	195±5	252±14	387±10	251±14
325	219±6	268±15	5564±147	251±14
350	244±6	286±16	11359±300	253±14
375	178±5	300±17	16557±437	256±14
400	238±6	314±18	21905±578	259±15
425	276±7	329±19	28348±748	263±15
450	305±8	346±20	35621±940	267±15
475	326±9	363±20	43512±1149	271±15
500	301±8	379±21	51415±1357	276±16
525	270±7	393±22	58550±1546	282±16
550	239±6	405±23	64917±1714	287±16
575	279±7	417±24	71481±1887	293±17
600	306±8	429±24	78807±2081	298±17
625	327±9	442±25	86734±2290	303±17
650	343±9	445±25	95123±2511	309±17
675	355±9	469±26	103858±2742	315±18

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рустембеков К.Т. Синтез, свойства неорганических соединений на основе халькогенов и их поведение в гидрохимических процессах: Автореф. дис....д-ра хим. наук: 02.00.01. Караганда: КарГУ им. Е.А. Букетова, 2009. 32 с.
2. Рустембеков К.Т., Дюсекеева А.Т., Шарипова З.М., Жумадилов Е.К. Рентгенографические, термодинамические и электрофизические свойства двойного теллурида натрия-цинка // Изв. Томского политехнического ун-та. 2009. Т. 315. № 3. Химия. С. 16-19.
3. Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В. Теплофизические измерения и приборы. Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИТ-С-400. Актобинск: Актобинский завод «Эталон», 1986. 48 с.
5. Спиридонов В.П., Лопаткин Л.В. Математическая обработка экспериментальных данных. М.: Изд-во МГУ, 1970. 221 с.
6. Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher J.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 and (105 Paskals) Pressure and at Higher Temperatures.- Washington: United states Government Printing Office, 1978. – 456 p.
7. Кумок В.Н. Прямые и обратные задачи химической термодинамики. Новосибирск: Наука, 1987. С. 108-123.

УДК 622.711
ХМЫРОВА Е.Н.

Разработка мониторинга технического состояния сооружений на основе современных высокоточных маркшейдерско-геодезических приборов

При создании системы мониторинга решались следующие основные задачи: выбор наиболее ответственных элементов, определение в них опасных сечений и назначение контрольных наблюдаемых точек для установки приборов и измерений; проведение инструментальных и визуальных наблюдений; определение фактических перемещений в контролируемых элементах; определение (оценка) технического состояния конструкций по данным сопоставления (анализа) натурных наблюдений с

результатами расчетов и проектных значений; установка технических средств контроля напряженно-деформированного состояния на контролируемые элементы. Была разработана математическая (компьютерная) модель объекта с использованием сертифицированных программных средств для объективного анализа результатов и сравнения контролируемых параметров с расчетными параметрами. В последующем математическая модель будет использована для дальнейшего анализа

результатов мониторинга технического состояния сооружений на весь период его эксплуатации.

Разработанная система наблюдений, установленная по объекту, учитывает цели мониторинга и дает возможность прогнозировать интенсивность протекания деформационных процессов. Методика и объем наблюдений при мониторинге (включая измерения) обеспечивает достоверность и полноту получаемой информации для подготовки обоснованного заключения о текущем состоянии сооружений. Для комплексной обработки и анализа результатов мониторинга использовались специализированные программные комплексы, которые обрабатывают данные инструментальных измерений и позволяют провести сравнительный анализ с их предельно допустимыми значениями.

Полученная информация в результате проведенного мониторинга является достаточной для обоснованного заключения о текущем техническом состоянии сооружений и подготовки краткосрочного прогноза об их состоянии на ближайший период.

Разработанная методика проведения мониторинга сооружений на ранней стадии обнаруживает опасные изменения напряженно-деформированного состояния, которые могли бы привести к ограничению работоспособности или аварии объекта. Полученные данные используются для разработки мероприятий по устранению негативных явлений, протекающих в строительных конструкциях сооружений или в смещениях земной поверхности и горных пород.

Состав работ по мониторингу технического состояния сооружений определяется индивидуальной программой проведения высокоточных маркшейдерско-геодезических измерений, учитывает напряженно-деформированное состояние сооружения, его ответственность и уникальность.

В процессе проведения мониторинга за состоянием сооружений проводились систематические наблюдения за состоянием ответственных узлов и элементов, фиксировались появления трещин, их направления, протяженность и величина раскрытия, на наблюдаемых точках были установлены контрольные марки.

Результаты наблюдений фиксировались в специальных ведомостях и отображались на графиках. Для ранней диагностики технического состояния сооружений и локализации мест изменения напряженно-деформированного состояния земной поверхности и горных пород, в наиболее ответственных узлах проводился систематический контроль за деформациями, с выявлением их характера. При обнаружении изменений напряженно-деформированного состояния отдельных элементов сооружений, дополнительно проводились высокоточные маркшейдерско-геодезические измерения, по результатам которых делались выводы о техническом состоянии сооружений, устанавливались причины и принимались решения по восстановлению или устранению деформаций строительных конструкций сооружений.

Для проведения мониторинга и комплексной оценки технического состояния сооружений

использовались электронные приборы фирмы Leica Geosystems (Швейцария): высокоточный тахеометр серии TCR 1201 (Швейцария), цифровой высокоточный нивелир DNA 03, лазерный сканер Scanstation и специализированное программное обеспечение, позволяющее непосредственно получать данные для обработки их на ЭВМ.

Для определения отклонений сооружений в вертикальной плоскости (оседаний) методом геометрического нивелирования использовался цифровой лазерный нивелир DNA 03 и цифровая инварная рейка. Для определения пространственных изменений строительных конструкций и всего сооружения в целом использовался электронный тахеометр TCR1201.

Для создания цифровой модели сооружения «Киноконцертного зала на 3500 мест» использовался лазерный сканер Scanstation. Технология наземного лазерного сканирования может быть использована для решения различных задач геодезии и маркшейдерского дела в различных областях строительства и промышленности. Среди преимуществ необходимо выделить главные: повышение скорости работ и уменьшение трудозатрат на полевые работы. Первым результатом сканирования является облако точек, которое и несет максимум информации об исследуемом объекте: карьер, здание, инженерное сооружение, памятник архитектуры и т.п. По облаку точек в дальнейшем возможно решать различные задачи:

- получение трехмерной модели объекта;
- получение чертежей, в том числе сечений;
- выявление дефектов различных элементов и узлов сооружений, посредством сравнения с проектной моделью;
- определение и оценка значений деформации посредством сравнения с ранее произведенными измерениями или проектными значениями.

Для решения таких вопросов всегда возникает необходимость выполнения оценки точности измерений.

При выполнении каждой серии маркшейдерско-геодезических наблюдений производилась оценка точности измерений, учитывая вероятность влияния случайных ошибок. Например, максимальное значение ошибки при использовании цифрового лазерного нивелира DNA 03 и цифровой инварной рейки составила $m_{взг} = 0,345$ мм. Максимальное значение ошибки при использовании электронного тахеометра TCR1201 составляет в плане 0,5 мм при удалении от снимаемой контрольной точки на 250 м, при визировании на мониторинговую призму конструкции, при визировании на контрольную марку максимальное значение ошибки в плане составляет 1 мм при расстоянии до 150 м.

Выяснение вопроса о точности геометрического нивелирования при помощи цифрового лазерного нивелира DNA 03 и определения пространственных координат контрольных точек сооружений при помощи электронного тахеометра TCR1201, позволило сделать вывод о возможности их применения для наблюдений за осадками и

деформациями сооружений на промышленных и строительных площадках.

Представленная программа мониторинга успешно нашла свое применение и использовалась на сооружениях различных по своим конструктивным особенностям таких, как «Центральный киноконцертный дворец Республики Казахстан на 3500 мест», «Административное здание КТЖ», «Крытый стадион на 30 000 мест», сооружения промышленной площадки Качарского месторождения и др.

Определение величины прогиба конструкций металлопокрытий сооружения «Крытого стадиона на 30 000 мест» выполнялось при помощи высокоточного электронного тахеометра TCR 1201 Leica. Визирование производилось на точки сопряжения узлов строительных конструкций, в каждой точке визирования определялись координаты

X, Y, Z. Полученные значения координат сравнивались с их проектными значениями и допустимыми значениями СНиП РК 5.03-37-2005 «Несущие и ограждающие конструкции».

Выполняя последующие съемки и сравнивая их с первоначальными значениями, можно выделить участки напряженно-деформированного состояния, своевременно разработать мероприятия по предотвращению увеличения скорости деформаций, т.е. предотвратить преждевременный износ строительных конструкций и аварийной ситуации сооружений.

Разработанная система мониторинга, основанная на инструментальных высокоточных маркшейдерско-геодезических измерениях, позволяет определить смещения и деформации не только сооружений, но и выполнить оценку геомеханического состояния земной поверхности и горных пород.

РЕЗЮМЕ

УДК 330.341. ГАЗАЛИЕВ А.М., ПАК Ю.Н.
Европейские аспекты обеспечения качества высшего образования в контексте болонских реформ.

Рассмотрена динамика развития европейский аспект ов обеспечения качества высшего образования в контексте болонских реформ. Качество определено как «краеугольный камень», основополагающее условие мобильности, совместимости и привлекательности высшего образования, как основа создания общеевропейского пространства высшего образования. Показано, что Болонский процесс ставит задачу введения конструктивных процедур обеспечения качества, стимулирующих развитие «культуры качества» и не ущемляющих институциональную уникальность вузов. Выработано мнение в отношении базовых методологических составляющих обеспечения качества. Для европейской системы обеспечения качества характерен многоуровневый подход, включающий надежно функционирующую систему внутренней гарантии качества на уровне вуза, эффективно работающую систему экспертизы качества образовательных программ на национальном уровне и внешнюю экспертизу на европейском уровне. В условиях глобализации и массового высшего образования подчеркивается актуальность выработки согласованных процедур аккредитации, генеральное предназначение которой – развитие стандартов качества высшего образования, ориентированных на общество, работодателя и обучающегося. Представлена информация об интеграционных действиях Казахстана в части обеспечения качества высшего образования в рамках Болонского процесса.

УДК 004.087. УМБЕТОВ У., ДЯКОНОВА Е.Т.
Обеспечение применимости проектируемых электронных учебников.

При проектировании электронного учебника (ЭУ) помимо реализации требуемых функциональных возможностей принципиально важным является обеспечение максимально удобного его применения. Перед началом разработки ЭУ целесообразно провести тестирование используемых прототипов. Это позволит выявить их достоинства и недостатки, которые могут быть учтены в разрабатываемом проекте. В этом случае конечный продукт будет в большей степени отвечать своему назначению, поставленным целям и задачам. На завершающем этапе оценки качества и практичности ЭУ рекомендуется проводить его комплексное тестирование по перечню контрольных критериев, которые охватывают все аспекты функционирования и эксплуатации ЭУ. Окончательная оценка качества, эффективности и практичности ЭУ требует проведения производственных испытаний, т.е. тестирование его высококвалифицированным преподавателем по профилю ЭУ. Предлагаемые методические аспекты и подходы к обеспечению качественной организации и дизайна ЭУ могут быть распространены на другие виды электронных образовательных ресурсов.

УДК 004:378.147. ЭМ Г.А., ВОЙТКЕВИЧ С.В.,

ЭОЖ 330.341. ГАЗАЛИЕВ А.М., ПАК Ю.Н.
Болон реформалары контекстінде жоғары білім беру сапасын қамтамасыз етудің еуропалық аспектілері.

Болон реформалары контекстінде жоғары білім беру сапасын қамтамасыз етудің еуропалық аспектілерін дамыту динамикасы қарастырылған. Сапа жоғары білімнің ұтқырлығы, бірлескендігі және тартымдылығы шартының негізін құрайтын «ең маңызды тас» ретінде, жалпы еуропалық жоғары білім кеңістігін құру негізі ретінде анықталған. Болон процесінің «сапа мәдениетінің» дамуын ынталандыратын және ЖОО институционалдық теңдессіздігіне шек қоймайтын сапаны қамтамасыз етудің конструкциялық процедураларын енгізу міндетін қоятыны көрсетілген. Сапаны қамтамасыз етудің базалық әдіснамалық құраушыларына катысты пікір тудырылған. Сапаны қамтамасыз етудің еуропалық жүйесіне көп деңгейлі амал тән болады, оған ЖОО деңгейінде сапаның ішкі кепілдігінің сенімді жұмыс істейтін жүйесі, білім беру бағдарламаларының сапасын ұлттық деңгейде сараптаудың және еуропалық деңгейде сыртқы сараптаудың тиімді жұмыс істейтін жүйесі кіреді. Жаһандандыру және жаппай жоғары білім беру жағдайларында аккредиттеудің келісілген процедураларын тудырудың маңыздылығы атап көрсетіледі, оның басты тағайындалуы – қоғамға, жұмыс берушіге және білім алушыға бағдарланған жоғары білім беру сапасының стандарттарын дамыту. Қазақстанның Болон процесі шеңберінде жоғары білімнің сапасын қамтамасыз ету бөлігіндегі ықпалдасқан әрекеттері туралы ақпарат берілген.

ЭОЖ 004.087. УМБЕТОВ У., ДЯКОНОВА Е.Т.
Жобаланатын электрондық оқулықтардың қолданылғыштығын қамтамасыз ету.

Электрондық оқулықты (ЭО) жобалау кезінде негізінде талап етілетін функционалдық мүмкіндіктерді іске асырудан басқа оның барынша ыңғайлы қолданылуын қамтамасыз ету маңызды болып табылады. ЭО әзірлеуді бастаудың алдында пайдаланылатын прототиптерді тестілеуді жүргізу мақсатқа сәйкес болады. Бұл олардың әзірленетін жобада есепке алынуы мүмкін болатын жетістіктері мен кемшіліктерін айқындауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда соңғы өнім көп дәрежеде өзінің тағайындалуына, қойылған мақсаттары мен міндеттеріне жауап беретін болады. ЭО сапасын және қолайлылығын бағалаудың аяқтаушы кезеңінде ЭО жұмыс істеуі мен пайдаланылуының барлық аспектілерін қамтитын бақылау критерийлерінің тізбесі бойынша кешенді тестілеу жүргізу ұсынылады. ЭО сапасын, тиімділі мен қолайлылығын түпкілікті бағалау өндірістік сынау жүргізуді, яғни оны ЭО бейіні бойынша жоғары білікті маманның тестілеуін талап етеді. ЭО сапалы ұйымдастыруды және дизайнын қамтамасыз етуге ұсынылатын әдістемелік аспектілер мен амалдар электрондық оқыту ресурстарының басқа түрлеріне таралуы мүмкін.

ЭОЖ 004:378.147. ЭМ Г.А., ВОЙТКЕВИЧ С.В.,

UDC 330.341. GAZALIYEV A.M., PAK Yu.N.
European Aspects of Ensuring Higher Education Quality in Bologna Reforms Context.

There is considered the dynamics of European aspects of ensuring higher education quality in the Bologna reforms context. Quality is defined as a "cornerstone", the principal condition of mobility, compatibility and attractiveness of higher education, as a base for forming all-European territory of higher education. It's shown that the Bologna process poses the problem of introducing constructive procedures of quality ensuring, stimulating the development of "quality culture" and not limiting higher schools institutional uniqueness. There is developed an opinion in relation to the basic methodological components of quality ensuring. The European system of quality ensuring is characterized by the multi-level approach, including reliably functioning system of the quality inner guarantee at the university level, an effectively working system of the educational programs quality expertise at the national level and the external expertise at the European level. In the conditions of globalization and mass higher education there is emphasized the urgency of developing the agreed accreditation procedures oriented to the society, an employer and a student. There is presented the information about the integration actions of Kazakhstan in the part of higher education quality ensuring in the frames of the Bologna process.

UDC 004.087. UMBETOV U., DYAKONOVA Ye.T.
Ensuring Usability of Designed Electronic Textbooks.

In designing an electronic textbook (ET) besides realizing the required functional possibilities principally important is ensuring its maximally convenient use. Before ET developing it's expedient to carry out testing the prototypes used. This will permit to reveal their advantages and drawbacks which can be taken into consideration in the project designed. In this case the final product will in the higher degree satisfy its designation, the aims and problems posed. At the last stage of quality and practical significance estimation it's recommended to carry out the ET complex testing by the list of control criteria which cover all the aspects of the ET functioning and using. The final assessment of the ET quality, effectiveness and practical significance requires carrying out production testing, i.e. testing its by a highly qualified teacher on the ET profile. Methodological aspects suggested and approaches to ensuring quality ET organization and design can be spread to other types of electronic educational resources.

UDC 004:378.147. EM G.A., VOITKEVICH S.V.,

МАКАРЕНКО Н.В. Опыт применения информационных технологий при подготовке специалистов электротехнического профиля.

Показан опыт преподавания специальных дисциплин с использованием информационных технологий при подготовке специалистов инженерного профиля на кафедре «Автоматизация производственных процессов» КарГТУ. Автоматизация учебных работ профессионального характера создает, с одной стороны, предпосылки для более глубокого понимания свойств изучаемых объектов и процессов на математических (имитационных) моделях, проведения параметрических исследований и оптимизации. С другой стороны, осмысленное применение систем автоматизации профессиональной деятельности и требует достаточно высокой квалификации, которой студенты младших курсов вузов еще не обладают. Нередко они успешно овладевают лишь аппаратными и программными компонентами автоматизированных систем, а профессиональная квалификация в предметной области, связанная с вопросами построения математических моделей и анализа результатов компьютерных расчетов, растет медленно, либо вообще отсутствует. Использование компьютеров в обучении не должно закрывать подготовку специалистов в реальном предметном направлении, иначе говоря, недопустима подмена физических явлений только модельным представлением их на экране компьютера. Двойственный характер компьютеризации профессиональной подготовки специалистов инженерного профиля вынуждает задуматься над методикой применения в учебном процессе систем автоматизации профессиональной деятельности и рациональным их сочетанием с другими средствами поддержки обучения. Качественная подготовка специалистов инженерного профиля возможна только при разумном совмещении современных ИТ с «железом».

УДК 669.779.052:553.322. МУХТАР А.А., КИМ В.А., АЛЖАНОВ М.К., ЖУНУСОВА К.Э. **Изучение влияния нефтяного остатка на процесс обжига Лисаковского ГМК.** Исследован процесс термической дегидратации бурожелезнякового концентрата. Процесс осуществлен в присутствии тяжелого нефтяного остатка. Установлено, что продукты термообработки обладают сильномагнитным свойством. В интервале 650-700 °C процессы дегидратации и магнетизации протекают с наиболее высокой скоростью. Изучена возможность магнитного обогащения продуктов обжига. Магнитным обогащением огарков получен концентрат с содержанием железа 61,16%. Изучен фазовый состав продуктов обогащения.

УДК 622.232-8. КЛИМОВ Ю.И., САТЛЕР О.Н., БОНДАРЕНКО А.С. **Выбор типажного ряда гидромолотов на основе экспертных оценок.** Статья посвящена разработке экспертной системы для выбора типажного ряда гидромолотов для разрушения породных негабаритов. Экспертиза проводится по результатам многофакторного эксперимента по разрушению негабаритов на основании оценки значений целевых функций, в качестве которых используются число ударов, необходимое для разрушения, КПД передачи энергии удара в негабарит и удельные энергозатраты на разрушение. При этом предварительно методом ранжирования определяются весовые коэффициенты

МАКАРЕНКО Н.В. Электротехникалық бейінді мамандарды даярлау кезінде ақпараттық технологияларды қолдану тәжірибесі.

КарМТУ-дың «Өндірістік процестерді автоматтандыру» кафедрасында инженерлік бейінді мамандарды даярлау кезінде ақпараттық технологияларды пайдалану арқылы арнайы пәндерді оқыту тәжірибесі көрсетілген. Бір жағынан, кәсіптік сипатты оқу жұмыстарын автоматтандыру зерделенетін объектілердің және математикалық (имитациялық) модельдердегі процестердің қасиеттерін аса терең түсіну, параметрлік зерттеулер жүргізу және оңтайландыру үшін алғышарттар тудырады. Екінші жағынан, кәсіптік қызметті автоматтандыру жүйелерін түсініп қолдану ЖОО кіші курстарының студенттері әлі иеленбейтін, айтарлықтай жоғары біліктілікті талап етеді. Олар көп жағдайда автоматтандырылған жүйелердің тек аппараттық және программалық компоненттерін ғана табысты иеленеді, ал математикалық модельдерді құру және компьютерлік есептеулер нәтижелерін талдау мәселелерімен байланысты пәндік саладағы кәсіптік біліктілік баяу өседі, не болмаса мүлде болмайды. Оқытуда компьютерлерді пайдалану мамандарды нақты пәндік бағытта даярлауға кедергі келтірмейді, басқаша айтқанда, физикалық құбылыстарды компьютер экранында модельдік көрсетумен ғана ауыстыру жарамайды. Инженерлік бейінді мамандардың кәсіби даярлығын компьютерлендірудің екі жақты сипаты оқу процесінде кәсіби қызметті автоматтандыру жүйелерін қолдану әдісімен және олардың оқытуды қолдаудың басқа құралдарымен ұтымды үйлесуі туралы ойлануға мәжбүр етеді. Инженерлік бейінді мамандарды сапалы даярлау қазіргі заманғы инженерлік технологияларды «темірмен» қатар дұрыс қолданғанда ғана мүмкін болады.

УДК 669.779.052:553.322. МҰХТАР А.А., КИМ В.А., АЛЖАНОВ М.К., ЖУНУСОВА К.Э. **Мұнай қалдықтарының Лисаковский КМК күйдіру процесіне әсерін зерделеу.** Қоңыр теміртас концентратының термиялық сусыздану процесі зерттелген. Процесс ауыр мұнай қалдығының қатысуымен жүзеге асырылған. Термиялық өңдеу өнімдерінің күшті магниттік қасиетті иеленетіні анықталған. 650-700 °C интервалында сусыздану және магниттелу процестері аса жоғары жылдамдықпен өтеді. Күйдіру өнімдерін магниттік байыту мүмкіндігі зерделенген. Өртенділерді магниттік байыту арқылы құрамында 61,16% темір бар концентрат алынған. Байыту өнімдерінің фазалық құрамы зерделенген.

УДК 622.232-8. КЛИМОВ Ю.И., САТЛЕР О.Н., БОНДАРЕНКО А.С. **Сараптық бағалау негізінде гидробалғалардың типаждық қатарын таңдау.** Мақала жыныстық шойтастарды бұзуға арналған гидробалғалардың типаждық қатарын таңдау үшін сараптық жүйені әзірлеуге арналған. Сараптама мақсатты функциялар мәндерін бағалау негізінде шойтастардың бұзылуы бойынша көп факторлы эксперименттің нәтижелері бойынша жүргізіледі, мақсатты функциялар ретінде бұзу үшін қажетті соққылар саны, соққы энергиясын шойтасқа берудің ПӘК-і және бұзылудағы меншікті энергия шығындары пайдаланылады. Сонымен бірге ранжирлеу әдісімен мақсатты функциялардың салмақтық коэффи-

MAKARENKO N.V. Experience of Using Information Technologies in Training of Electro-Engineering Specialists.

There is shown the experience of teaching special disciplines using information technologies in training engineering specialists at the chair "Automation of production processes" at KSTU. Automation of the teaching work of the professional character forms, on the one hand, preconditions for deeper understanding the properties of the objects studied and the processes on mathematical (imitation) models, carrying out parametrical studies and optimization. On the other hand, sensible use of automation systems for professional activities requires high qualification which initial-year students haven't possess. Sometimes they learnt successfully only software and hardware components of automated systems, and vocational qualification in the object field connected with the questions of building mathematical models and analysis of the computer calculations results grows but slowly or is absent at all. Using computers in teaching mustn't close specialists training in a real object direction, in the other words, it's impossible to change physical phenomena with only their model presenting on a computer screen. Double character of computerizing specialists professional training causes to think about methodology of using in the teaching process automation systems and their rational combination with other means of training support. Engineering specialists quality training is possible only at sensible combining modern IT with hardware.

УДК 669.779.052:553.322. MUKHTAR A.A., KIM V.A., ALZHANOV M.K., ZHUNUSOVA K.E. **Studying Oil Remainers Effect on Burning Process at Lisakovski MMC.** There is studied the process of thermal dehydration of limonite concentrate, the process is carried out in the presence of heavy oil remainder. There is established that the products of thermal processing possess strong magnetic properties. In the range from 650 to 700 °C the processes of dehydration and magnetizing go on with the highest speed. There is studied the possibility of magnetic concentration of the burning products. The cinders magnetic concentration helped to obtain a concentrate containing 61,16% of iron. There is studied the phase composition of the concentration products.

УДК 622.232-8. KLIMOV Yu.I., SATLER O.N., BONDARENKO A.S. **Selecting Typical Row of Hydraulic Hammers Based on Expert Assessments.** There is considered the expert system for selecting a typical row of hydro-hammers for breaking rock oversize. The expertise is carried out by the results of multi-factor experiment to break oversize based on estimating the values of the target functions for which there is used a number of impacts necessary for breaking, efficiency of the impact energy transfer to the oversize and specific energy consumption for breaking. Besides, before this, by the method of ranging there are determined weight coefficients of the target functions and concordance coefficient showing the degree of

целевых функций и коэффициент конкордации, показывающий степень согласованности решения экспертов. Разработанная программа включает два модуля: «Expert» и «Client», а также фильтр, позволяющий изменять количество элементов в типажном ряду. База данных помимо результатов многофакторного эксперимента включает в себя информацию о гидромолотах, сведения об их технических характеристиках. База данных, а также правила проведения экспертизы могут изменяться по мере необходимости, т.е. по мере поступления новых сведений, имеющих существенное значение для выбора типажного ряда гидромолотов.

УДК 622.342. ТУРСУНБАЕВА А.К.
Перколяционное выщелачивание золота из первичных руд.

Приведены результаты исследований процессов кучного выщелачивания золота из первичных руд Васильковского месторождения. На основании исследований автор рекомендует кучное выщелачивание первичных руд с низким содержанием золота проводить в штабелях. Штабеля сложены из материала, крупность которого не должна превышать – 10 мм. Это позволяет извлекать до 51% целевого металла. В массиве кучи необходимо формировать два и более слоев мелкозернистой руды. Крупность – 2,0 и +0,5 мм., высота 50-120 мм. Они обеспечивали распределение гидродинамического потока по всему сечению штабеля.

УДК 621.771.23.68. НАЙЗАБЕКОВ А.Б., ТАЛМАЗАН В.А., АХМЕТАЛИНА Н.В.
Регрессионные модели нагрева слябов. Нагрев слябов перед прокаткой на НШПС-1700 в ЛПЦ-1 АО «АрселорМиттал» осуществляется в методических печах. Печи – четырёхзонные с методической, двумя сварочными и томильной зонами. Цель настоящей работы – получение математической модели процесса нагрева слябов в методической толкательной печи. Модели строились в виде уравнений регрессии, связывающих температуру в характерных сечениях слябов с температурой в зонах печи и временем нагрева. Использовали метод планируемого эксперимента и численный метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе Deform 3D. Получили адекватные линейные уравнения регрессии, описывающие тепловое состояние слябов в характерных сечениях слябов. Уравнения можно использовать для прогнозирования теплового состояния слябов на выходе из методической печи при нагреве по заданному режиму и оптимизации режимов нагрева.

УДК 669.213:66.094.6. ВОРОБЬЕВ А.Е., ТУРСУНБАЕВА А.К., ПОРТНОВ В.С., МАУСЫМБАЕВА А.Д., ЮРОВ В.М.
Влияние гранулометрического состава на процесс кучного выщелачивания золота.

Предлагается термодинамическая модель определения оптимального измельчения руды, содержащей золото. Модель пригодна для любых металлов. Оптимальный размер измельчения определяется по экспериментальному значению поверхностного натяжения минерала. Поверхностное натяжение минерала определяется по методике, предложенной авторами. Рассмотрена взаимозависимость рациональной степени дробления от содержания золота в руде. Она показывает, что для интервала содержания область целесообразной степени дробления сужается до класса от -10,0 + 5,0 мм.

циенттері және сарапшылар шешімінің келісілгендігі дәрежесін көрсететін конкордация коэффициенті алдын ала анықталады. Әзірленген программаға «Expert» және «Client» екі модулі, сондай-ақ типаждық қатардағы элементтер санын өзгертуге мүмкіндік беретін сүзгі кіреді. Деректер базасына көп факторлы эксперимент нәтижелерінен басқа гидробалғалар туралы ақпарат, олардың техникалық сипаттамалары туралы мәліметтер кіреді. Деректер базасы, сондай-ақ сараптама жүргізу ережелері қажеттілігіне қарай, яғни гидробалғалардың типаждық қатарын таңдау үшін елеулі маңызы бар жаңа мәліметтердің түсуіне қарай өзгеруі мүмкін.

ӘОЖ 622.342. ТҰРСЫНБАЕВА Ә.К.
Алтынды алғашқы рудалардан перколяциялық ерітінділеу.

Алтынды Васильковский кен орнының алғашқы рудаларынан үймелік ерітінділеу процесерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеулер негізінде автор алтынның құрамы төмен алғашқы рудаларды үймелік ерітінділеуді қаттамаларда жүргізуді ұсынады. Қаттамалар ірілігі 10 мм-ден аспауы тиіс болатын материалдан қатталған. Бұл 51%-ға дейін мақсатты металды алуға мүмкіндік береді. Үйме массивінде ұсақ түйірлі руданың екі және одан көп қабатын құру қажет. Ірілігі - 2,0 және +0,5 мм, биіктігі 50-120 мм. Олар қаттама қимасы бойында гидродинамикалық ағынның үлестірілуін қамтамасыз етті.

ӘОЖ 621.771.23.68. НАЙЗАБЕКОВ А.Б., ТАЛМАЗАН В.А., АХМЕТАЛИНА Н.В.
Слябтарды қыздырудың регрессиялық модельдері.

«АрселорМиттал» АҚ ЛПЦ-1 НШПС-1700-де илемдеудің алдында слябтарды қыздыру әдістемелік пештерде жүзеге асырылады. Пештер – әдістемелік, екі пісіру және жасыту аймақтары бар төрт аймақты. Осы жұмыстың мақсаты – әдістемелік итеру пешінде слябтарды қыздыру процесінің математикалық моделін алу. Модельдер слябтарға тән қималардағы температураны пеш аймақтарындағы температурамен және қыздыру уақытымен байланыстыратын регрессия теңдеулері түрінде құрылды. Жоспарланатын эксперимент әдісі және Deform 3D программалық кешенінде іске асырылған шеткі элементтердің сандық әдісі пайдаланылды. Слябтарға тән қималардағы слябтардың жылулық күйін сипаттайтын регрессияның барабар сызықтық теңдеулері алынды. Теңдеулерді берілген режим бойынша қыздырғанда және қыздыру режимдерін оңтайландыру кезінде әдістемелік пештен шыққанда слябтардың жылулық күйін болжау үшін пайдалануға болады.

ӘОЖ 669.213:66.094.6. ВОРОБЬЕВ А.Е., ТУРСЫНБАЕВА Ә.К., ПОРТНОВ В.С., МАУСЫМБАЕВА А.Д., ЮРОВ В.М.
Түйіршік өлшемді құрамның алтынды үймелік ерітінділеу процесіне әсері.

Құрамында алтын бар руданың оңтайлы ұсақталуын анықтаудың термодинамикалық моделі ұсынылады. Модель кез келген металл үшін жарамды. Ұсақталудың оңтайлы өлшемі минералдың беттік тартылуының эксперименттік мәні бойынша анықталады. Минералдың беттік тартылуы авторлар ұсынған әдістеме бойынша анықталады. Уатудың ұтымды дәрежесінің рудадағы алтынның құрамына өзара байланысы қарастырылған. Ол алтын құрамының интервалы үшін мақсатқа сәйкес уатылу дәрежесінің облысы - 10,0 + 5,0 мм класына дейін тарылатынын көрсетеді.

the experts decision concordance. The program developed includes two modules: «Expert» and «Client», as well as a filter permitting to change the number of elements in the typical row. Beside the results of the multi-factor experiment, the database includes the information about their technical data. Both, the database and the regulations for the expertise carrying out can change if necessary, i.e. when the new information of great significance for selecting a typical row of hydro-hammers.

UDC 622.342. TURSUNBAYEVA A.K.
Percolation Leaching of Gold from Primary Ores.

There are presented the results of studying the processes of heap leaching of gold from primary ores of the Vasilkovskoye deposit. Based on the studies the author recommends to carry out heap leaching of primary ores with low gold content in stacks. The stacks are made of the material whose size mustn't exceed -10 mm. This permits to extract up to 51% of the target metal. In the mass of the heap it's necessary to form two and more layers of fine-grain ore: size is -2,0 and +0,5 mm, height is 50 to 120 mm. They ensure the hydro-dynamic flow on the whole stack section.

UDC 621.771.23.68. NAIZABEKOV A.B., TALMAZAN V.A., AKHMETGALINA N.V.
Regression Models of Slabs Heating.

Slabs heating before rolling on NShPS-1700 at FRSh-1 of JSC «ArcelorMittal» is carried out in the continuous furnace. The furnaces have four zones: a continuous, two welding and a soaking zones. The purpose of the work is obtaining a mathematical model of the slab heating process in the continuous pusher-type furnace. The models were made in the form of regression equations, connecting the temperature in the characteristic slab sections with the temperature in the furnace zones and the heating time. There was used the method of planned experiment and the numerical method of finite elements, realized in the program complex Deform 3D. There were obtained adequate linear regression equations describing the slabs thermal condition in the characteristic slab sections. The equation can be used for forecasting slabs thermal condition at the exit from the continuous furnace with heating by the preset mode and optimization of the heating modes.

UDC 669.213:66.094.6. VOROBYOV A.Ye., TURSUNBAYEVA A.K., PORTNOV V.S., MAUSYMBAYEVA A.D., YUROV V.M.
Granulometric Composition Effect on Gold Heap Leaching.

There is suggested a thermo-dynamic model for determining ore optimal crushing. The ore contains gold. The model is usable for any metal. The optimal size of crushing is determined by the experimental section of the mineral surface tension. The mineral surface tension is determined by the methodology suggested by the authors. There is considered interconnection between the rational degree of crushing and gold content in the ore. It shows that for the content interval the sphere of expedient degree of crushing is decreased till class from -10,0 till +5,0 mm.

УДК 622.236.004.42. КЛИМОВ Ю.И., САТЛЕР О.Н. **Расчет весовых коэффициентов целевых функций при разрушении породных негабаритов.**

Динамика разрушения породных негабаритов клиновыми устройствами, располагаемыми в предварительно пробуренном шпуре, при многократном приложении ударной нагрузки к хвостовику клина зависит от многих факторов, часть из которых оказывает существенное влияние на изучаемый процесс. При многофакторном планировании нами были выделены пять наиболее существенных факторов: диаметр негабарита; сопротивление породы растяжению; диаметр шпура; длина плашки клинового устройства и энергия единичного удара. В результате проведения многофакторного эксперимента по разрушению породных негабаритов ударом с использованием программного комплекса ANSYS LS-DYNA получены значения следующих целевых функций: количество ударов, необходимых для разрушения негабарита; КПД передачи энергии удара в негабарит через клиновое устройство; удельные энергозатраты разрушения. Выбор характеристик ударного устройства, используемого для разрушения негабаритов, осуществляется с учетом значений всех трех целевых функций, при этом степень важности каждой функции определяется с помощью весовых коэффициентов. Приведен расчет весовых коэффициентов методом ранжирования. В качестве экспертов приняты результаты многофакторного эксперимента. Мерой согласованности суждения группы экспертов является величина коэффициента конкордации. В нашем случае проводится ранжирование 25 экспертами (по числу проведенных экспериментов) 3-х объектов экспертизы (по количеству целевых функций). Для уточнения (улучшения) весовых коэффициентов использован подход, при котором отбрасываются наиболее высокие и низкие оценки.

УДК 669.779.052:553.322. МУХТАР А.А. **Исследование продуктов термokatалитической дегидратации и восстановления бурожелезнякового концентрата жидким углеводородом.** Приведены результаты исследования продуктов термokatалитической дегидратации и восстановления бурожелезнякового концентрата. В исследованиях использован рентгеноспектральный микроанализ. Дегидратацию проводили методом прокалки. Было установлено полное удаление гидратной влаги из ГМК. Изучено поведение фосфора при сернокислотном выщелачивании. Рентгеноспектральным микроанализом изучен локальный химический состав исходного ЛГМК и огарка. Также было установлено остаточное содержание фосфора в кеке.

УДК 669.4.04.003.18(47). ДИХАНБАЕВ Б.И. **Энергохимическая аккумуляция газов – эффективный способ оптимизации технологического режима в агрегате «реактор инверсии фаз – трубчатая печь».** Способ эндотермической обработки окислительных компонентов высокотемпературных отходящих газов реактора инверсии фаз (РИФ) дополнительным количеством природного газа назван «энергохимической аккумуляцией газов» (ЭХА). В процессе ЭХА физическая энергия отходящих газов превращается в химическую энергию

ЭОЖ 622.236.004.42. КЛИМОВ Ю.И., САТЛЕР О.Н. **Жыныстық шойтастарды бұзғанда мақсатты функциялардың салмақтық коэффициенттерін есептеу.**

Сынаның сағасына соққылық жүктеме көп мәрте түскенде жыныстық шойтастарды алдын ала бұрғыланған шпурда орналасатын сыналы құрылғылармен бұзу динамикасы көптеген факторларға байланысты болады, олардың көбі зерделенетін процесске елеулі әсер етеді. Біз көп факторлы жоспарлау кезінде аса маңызды бес факторды атап көрсеттік: шойтас диаметрі; жыныстың созылуға кедергісі; шпур диаметрі; сыналы құрылғының бұранда кескішінің ұзындығы және жеке соққы энергиясы. ANSYS LS-DYNA программалық кешені пайдалану арқылы жыныстық шойтастарды соққымен бұзу бойынша көп факторлы экспериментті жүргізу нәтижесінде келесі мақсатты функциялардың келесі мәндері алынған: шойтасты бұзу үшін қажетті соққылардың саны; соққы энергиясын сыналы құрылғы арқылы шойтасқа берудің ПӘК-і; бұзудың меншікті энергия шығындары. Шойтастарды бұзу үшін пайдаланылатын соққылық құрылғы сипаттамасын таңдау барлық үш мақсатты функцияның мәндері есепке алынып жүзеге асырылады, сонымен бірге әрбір функцияның маңыздылығы дәрежесі салмақтық коэффициенттердің көмегімен анықталады. Ранжирлеу әдісімен салмақтық коэффициенттерді есептеу келтірілген. Сарапшылар ретінде көп факторлы эксперименттің нәтижелері қабылданған. Сарапшылар тобын пайымдаудың келісілгендігінің өлшемі конкордация коэффициентінің шамасы болып табылады. Біздің жағдайымызда 25 сарапшы (жүргізілген эксперименттер саны бойынша) 3 сараптама объектін (мақсатты функциялар саны бойынша) ранжирлейді. Салмақтық коэффициенттерді нақтылау (жақсарту) үшін ол кезде аса жоғары және төмен бағалар алынып тасталатын амал пайдаланылған.

ЭОЖ 669.779.052:553.322. МҰХТАР А.А. **Термокатализдік сусыздану өнімдерін және қоңыр теміртас концентратының сұйық көмірсутегімен тотықсыздануын зерттеу.**

Термокатализдік сусыздану өнімдерін және қоңыр теміртас концентратының тотықсыздануын зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеулерде рентгенспектрлік микроталдау пайдаланылған. Сусыздану қыздыру әдісімен жүргізілді. ГМК-дан гидраттық ылғалдың толық жойылуы анықталды. Күкірт-қышқылдық ерітінділеу кезінде фосфордың тәртібі зерделенген. Алғашқы ЛГМК және өртендінің жергілікті химиялық құрамы рентгенспектрлік микроталдаумен зерделенген. Сондай-ақ кектегі фосфордың қалдық құрамы анықталған.

ЭОЖ 669.4.04.003.18(47). ДИХАНБАЕВ Б.И. **Газдарды энергия-химиялық шоғырлау – «фазалар инверсиясының реакторы – құбырлы пеш» агрегатында технологиялық режимді оңтайландырудың тиімді тәсілі.**

Фазалар инверсиясы реакторының (ФИР) температурасы жоғары пайдаланылған газдарының тотығу компоненттерін табиғи газдың қосымша мөлшерімен эндотермиялық өңдеу тәсілі «газдардың энергия-химиялық шоғырлануы» (ГЭШ) деп аталған. ГЭШ процесінде пайдаланылған газдардың физикалық энергиясы тотықсыздану газдарының химиялық энергиясына түрленеді. Нәтижесінде құ-

UDC 622.236.004.42. KLIMOV Yu.I., SATLER O.N. **Calculating Weight Coefficient of Target Functions when Breaking Rock Oversize.**

The dynamics of rock oversize breaking with wedge units located in the preliminarily drilled blast-hole, with many times applied impact load to the wedge tail depends on many factors, part of which significantly effects the process studied. In multi-factor planning we selected five mostly significant factors: the oversize diameter; rock tensile strength; the blast-hole diameter; the wedge unit die length; unit impact energy. As a result of carrying out a multi-factor experiment for breaking rock oversize with impact using the program complex ANSYS LS-DYNA there were obtained the values of the following target functions: impacts number necessary for oversize breaking; impact energy transfer to the oversize through the wedge unit efficiency; specific power consumption of breaking. The selection of the impact device characteristic used for oversize breaking, is carried out taking into consideration all the three target functions, and the degree of each function importance is determined with the help of weight coefficients. There is presented the calculation of weight coefficients by the method of ranging. As experts there were taken the results of the multi-factor experiment. The measure of concordance of the expert group opinion is the value of concordance coefficient. In our case there was carried out ranging by 25 experts (by the number of experiments carried out) 3 objects of expertise (by the number of the target functions). To improve weight coefficients there was used the approach at which the highest and the lowest estimations are neglected.

UDC 669.779.052:553.322. MUKHTAR A.A. **Studying Products of Thermal Catalytic Dehydration and Reduction of Limonite Concentrate with Liquid Hydrocarbon.**

There are presented the results of studying the products of thermal catalytic dehydration and reduction of limonite concentrate. In the studies there is used X-ray spectral microanalysis. Dehydration was carried out by the method of calcination. There was established the complete withdrawal of hydrate water from LGC. There is studied phosphor behavior in sulfate leaching. With the help of X-ray spectral microanalysis there was studied the local chemical composition of the initial LGMC and the cinder. There was also established the remainder phosphor content in the cake.

UDC 669.4.04.003.18(47). DIKHANBAYEV B.I. **Gases Energy-Chemical Accumulation as Efficient Method of Optimizing Technological Mode in Assembly «Phases Inversion Reactor – Tube Furnace».**

The method of endothermic processing of oxidizing components of the high temperature phases inversion reactor gases (PIR) with the additional volume of the natural gas is called «gases energy-chemical accumulation» (EChA). In the process of EChA releasing gases physical energy transforms into chemical energy of reduction gases. As a result in the tube furnace there is eliminated oxidation and slag overheating. Additional burning of reduction

восстановительных газов. В результате в трубчатой печи устраняется окисление и перегрев шлака. Дожигание восстановительных газов в воздухе повышает температуру дутьевого воздуха. Режим ЭХА позволяет отказаться от применения технического кислорода в РИФ. Способ ЭХА открывает путь к двухступенчатому извлечению железа из его оксидов, содержащихся в шлаке: твердофазное восстановление Fe_2O_3 , Fe_3O_4 до FeO в трубчатой печи и жидкофазное – FeO до Fe в реакторе инверсии фаз.

УДК 621.001.895. ЖЕТЕСОВА Г.С., ИСКАКОВ Б.К. **Общая характеристика метода создания нанокластерного композита.** Рассматривается общая характеристика метода создания нанокластерного композита. Образование кластерного композита происходит в том случае, когда расстояние между вакансиями в обоих сплавах составляет 9-10 нм. Этот материал является уникальным, обладает рядом качеств и пока не имеет аналогов. Упрочнение изношенных и новых узлов оборудования данным материалом существенно увеличивает срок эксплуатации, что даёт значительный экономический эффект. Как показывают эксперименты, наблюдаемые дифракционные эффекты сопровождаются сильным изменением свойств материала. В облученных сплавах наблюдается увеличение микротвердости в 2-3 раза в сравнении с исходными образцами.

УДК 553.32:622.775. НАГУМАН П.Н. **Извлечение марганца из сырья с применением комбинированного серографитового электрода.** Рассмотрена возможность реализации перспективного способа, позволяющего повысить извлечение марганца в раствор, а именно выщелачивание с использованием комбинированного серографитового электрода. Для изучения процесса выщелачивания марганца из марганецсодержащего окисленного сырья был применен метод математического планирования эксперимента. Матрица состояла из 25 экспериментов на 5 уровнях. Изучаемые факторы: плотность тока, концентрация H_2SO_4 , продолжительность, температура, отношение Ж:Т. Рассчитаны уравнения частных функций, обобщенные уравнения, коэффициенты корреляции и их значимости для извлечения марганца и железа, а также остаточного содержания кислоты. Анализ частных зависимостей и обобщенных уравнений предоставляет возможность для определения оптимальных условий выщелачивания марганецсодержащего сырья, позволяющих с наименьшими затратами добиться повышения извлечения марганца в раствор.

УДК 669.782.641.315.592. САТБАЕВ Б.Н. **Изучение влияния свойств алюминиевого порошка на воспламеняемость шихты.** Приведены данные по комплексному изучению свойств и дано сравнительное описание алюминиевых порошков четырех марок (АОД-1, ПА-4, вторичного АПВ и алюминиевой вторичной крупки АКВ), которые могут быть использованы при производстве СВС-огнеупоров. Потолочным результатом произведен их сравнительный анализ. Проведено изучение гранулометрического состава образцов ситовым и микроскопическими методами. Выявлены закономерности и воспламеняемость смеси $Al-Cr_2O_3$. Определено влияние перечисленных выше различий в марках

бырлы пеште қождың тотығуы және қатты қызуы жойылады. Тотықсыздандыру газдарын ауа жылытқышқа толық жағу үрлеу ауасының температурасын жоғарылатадy. ГЭШ режимі ФИР-да техникалық оттегіні қолданудан бас тартуға мүмкіндік береді. ГЭШ тәсілі темірді оның қождағы оксидтерінен екі сатылы алынуына жол ашады: Fe_2O_3 , Fe_3O_4 құбырлы пеште FeO дейін қатты фазалы және FeO фазалар инверсиясы реакторында Fe дейін сұйық фазалы тотықсыздандыру.

ӘОЖ 621.001.895. ЖЕТЕСОВА Г.С., ЫСҚАҚОВ Б.К. **Нанокластерлік композитті жасау әдісінің жалпы сипаттамасы.** Нанокластерлік композитті жасау әдісінің жалпы сипаттамасы қарастырылады. Екі қорытпада да бос орындар арасындағы ара қашықтық 9-10 нм құраған жағдайда кластерлік композит түзіледі. Бұл материал теңдессіз болып табылады, бірқатар қасиеттерді иеленеді және әзірше аналогы жоқ. Жабдықтардың тозған және жаңа тораптарын берілген материалмен беріктендіру пайдаланылу мерзімін елеулі ұлғайтады, бұл маңызды экономикалық әсер береді. Эксперименттер көрсеткендей, бақыланатын дифракциялық әсерлер материал қасиеттерінің қатты өзгеруімен жалғасады. Сәулелендірілген қорытпаларда алғашқы үлгілермен салыстырғанда микроқаттылықтың 2-3 есе ұлғаюы байқалады.

ӘОЖ 553.32:622.775. НАҒҰМАН П.Н. **Аралас күкірт-графиттік электродты қолдану арқылы шикізаттан марганецті алу.** Марганецті ерітіндіге алуды жоғарылатуға мүмкіндік беретін перспективалы тәсілді іске асыру мүмкіндігі, атап айтқанда аралас күкірт-графиттік электродты пайдалану арқылы шаймалау қарастырылған. Марганецті құрамында марганец бар тотыққан шикізаттан шаймалау процесін зерделеу үшін экспериментті математикалық жоспарлау әдісі қолданылған болатын. Матрица 5 деңгейдегі 25 эксперименттен құралған. Зерделенетін факторлар: ток тығыздығы, H_2SO_4 концентрациясы, ұзақтығы, температура, С:Қ қатынасы. Жеке функциялар теңдеулері, жалпыланған теңдеулер, корреляция және марганец пен темірді алу, сондай-ақ қышқылдың қалдық құрамын алу үшін олардың маңыздылықтары коэффициенттері есептелген. Жеке тәуелділіктерді және жалпыланған теңдеулерді талдау марганецті ерітіндіге алуды жоғарылатуға аз шығындармен қол жеткізуге мүмкіндік беретін құрамында марганеці бар шикізатты шаймалаудың оңтайлы шарттарын анықтау үшін мүмкіндік береді.

ӘОЖ 669.782.641.315.592. СӘТБАЕВ Б.Н. **Алюминий ұнтағы қасиеттерінің шихтаның тұтанғыштығына әсер етуін зерделеу.** СВС-отқа төзімділерді өндіру кезінде пайдаланылуы мүмкін болатын, төрт маркалы алюминий ұнтақтарының (АОД-1, ПА-4; екінші реттік АПВ және АКВ екінші реттік алюминий түйірінің) қасиеттерін кешенді зерделеу бойынша деректер келтірілген және олардың салыстырмалы сипаттамасы берілген. Соңғы нәтижемен оларды салыстырмалы талдау жүргізілген. Үлгілердің түйіршік өлшемді құрамын електі және микроскопиялық әдістермен зерделеу жүргізілген. $Al-Cr_2O_3$ қоспасы тұтанғыштығының заңдылықтары айқындалған. Алюминий маркаларындағы жоғарыда аталған айырмашылықтардың СВС-процестің дамуына әсері анықталған. Аталған алюми-

gases in the air-heater increases the temperature of the blast air. The EChA mode permits to refuse from using technical oxygen in PhIR. The EChA method opens the way to two-stage iron extracting from its oxides contained in the slag: solid-phase reduction of Fe_2O_3 , Fe_3O_4 till FeO in tube furnaces and liquid-phase reduction FeO till Fe in the phases inversion reactor.

UDC 621.001.895. ZHETESOVAG.S., ISKAKOV B.K. **General Characteristic of Nanocluster Composite Forming Method.** There is considered the general characteristic of the method of forming nanocluster composite. Forming nanocluster composite takes place in the case when the distance between the vacancies in both alloys is 9-10 nm. This material is unique, possesses a number of properties and hasn't still analogues. Strengthening the worn and new equipment units with this material increases significantly the working life, which gives high efficiency. As experiments show, the diffraction effects observed are accompanied by a strong changing of the material properties. In the radiated alloys there is observed 2-3 times increase of microstrength as compared to the initial samples.

UDC 553.32:622.775. NAGUMAN P.N. **Extracting Manganese from Raw Materials Using Combined Sulfur-and-Graphite Electrode.** There is considered the possibility of realizing a perspective method permitting to increase manganese extraction into the solution, namely, leaching using a combined sulfur-and-graphite electrode. To study the process of leaching manganese from manganese-containing oxidized raw material, there was used the method of the experiment mathematical planning. The matrix consisted of 25 experiments at 5 levels. The factors studied were: current density, H_2SO_4 concentration, duration, temperature, L/S ratio. There are calculated private functions equations, generalized equations, correlation coefficients and their values for manganese and iron extraction, as well the acid remaining content. Private dependences and generalized equations analysis presents a possibility to determine optimal conditions for manganese-containing raw material leaching permitting with the least cost to achieve manganese extraction increase into the solution.

UDC 669.782.641.315.592. SATBAYEV B.N. **Studying Aluminum Powder Properties Effect on Burden Combustibility.** There are presented the data for the complex studying of the properties and given a comparative description of aluminum powders of four grades (AOD-1, PA-4, secondary APV and aluminum secondary groats AKV), which can be used for producing SHR refractories. By the overhead result there was carried out their comparative analysis. There was carried out studying the species granulometric composition by the sieve and microscopic methods. There were revealed the laws of $Al-Cr_2O_3$ mixture combustibility, determined the effect of the abovementioned differences in aluminum grades on SHR process. There were studied peculiarities of the mentioned aluminum

алюминия на развитие СВС–процесса. Изучены особенности взаимодействия указанных алюминиевых порошков с оксидом хрома (III). Установлено, что повышение концентрации алюминия в шихте приводит к изменению продуктов.

УДК 622.285:331.103.3. КРУПНИК Л.А., КЛИМОВ А.Ю., КЛИМОВА Н.Ю. **Определение длительности рабочих операций при передвижке крепи на основе хронометражных наблюдений.** Разгрузка, передвижение и распор – основные рабочие операции в секциях механизированной крепи. Но предусмотрено выполнение дополнительных рабочих действий, которые совершаются параллельно с основной операцией или отдельно. В качестве критерия эффективности механизированной крепи принят показатель, в наибольшей степени отражающий производительность, – длительность цикла работы механизированной крепи. Хронометражные наблюдения за работой механизированных угледобывающих комплексов на шахтах Карагандинского угольного бассейна позволили установить случайный характер продолжительности отдельных рабочих операций цикла передвижки крепи, а также законы их распределения. В большинстве случаев они оказались произвольными. В процессе эксперимента определена доля каждой рабочей операции в цикле передвижки. Наиболее продолжительными (более 50 %) являются операции по передвижке секций крепи и перемещению секций конвейера.

УДК 622.271. САБДЕНБЕКҰЛЫ О., ЖУНУСОВА Г.Е., СТАРОСТИНА О.В., ОЛЕНЮК С.П. **Определение границ зон деформаций породного массива.** Изложены основы методики построения границы зоны возможных деформаций массива при комбинированном способе отработки месторождений полезных ископаемых. Для Акжальского месторождения проведен анализ прочностных свойств различных пород. В результате анализа были получены паспорт прочности. По паспортным прочностям были отстроены кривые скольжения в массиве горных пород. Также установлены значения углов сдвига для исследуемых пород. На основании полученных данных была определена граница зоны возможных деформаций в условиях Акжальского месторождения. Выявлены особенности и взаимного влияния подземной и открытой системы разработки при их комбинировании, что имеет огромное значение при проектировании горных предприятий и планировании горных работ.

УДК 622.831. ДЕМИН В.Ф., ПОРТНОВ В.С., ДЕМИН В.В., СМАГУЛОВА А.С. **Определение области первоначального расслоения приконтурных пород для прогноза устойчивости пород кровли и боков подготовительных выработок.** Произведено определение технологического расслоения горных пород. Результаты выполненных аналитических и экспериментальных исследований показали их относительную сходимость по деформационным характеристикам. Для более полного использования несущей способности комбинированной крепи и повышения устойчивости выработки в зоне опорного давления целесообразно применение ограниченно податливой с переводом в жесткий режим эксплуатации анкерной крепи. Анкера связывают отдельные малосвязанные слои пород в единую грузонесущую конструкцию составной плиты, тем самым увеличивают

ний унтақтарының хром оксидімен (III) өзара әрекеттесуінің ерекшеліктері зертделген. Шихтадағы алюминий концентрациясы жоғарылауының өнімдердің өзгерісіне әкелетіні анықталған.

ӘОЖ 622.285:331.103.3. КРУПНИК Л.А., КЛИМОВ А.Ю., КЛИМОВА Н.Ю. **Хронометраждық бақылаулар негізінде бекітпені жылжыту кезіндегі жұмыс операцияларының ұзақтығын анықтау.** Түсіру, жылжыту және керу – механикаландырылған бекітпе секцияларындағы негізгі жұмыс операциялары. Бірақ негізгі операциямен параллель немесе жеке жасалатын қосымша жұмыс әрекеттерінің орындалуы көзделген. Механикаландырылған бекітпенің тиімділік критерийі ретінде аса көп дәрежеде өнімділікті сипаттайтын көрсеткіш – механикаландырылған бекітпенің жұмыс циклінің ұзақтығы қабылданған. Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында механикаландырылған көмір өндіретін кешендердің жұмысын хронометраждық бақылау бекітпені жылжыту циклінің жеке жұмыс операциялары ұзақтығының кездейсоқ сипатын, сондай-ақ оларды уәдестіру заңдарын анықтауға мүмкіндік берді. Көптеген жағдайларда олар ерікті болып шықты. Эксперимент процесінде жылжыту цикліндегі әрбір жұмыс операциясының үлесі анықталған. Бекітпе секциясын жылжыту және конвейер секцияларының орнын ауыстыру бойынша операциялар аса ұзақ (50 % -дан артық) болып табылады.

УДК 622.271. СӘБДЕНБЕКҰЛЫ О., ЖҮНІСОВА Г.Е., СТАРОСТИНА О.В., ОЛЕНЮК С.П. **Жыныстық массив деформациялары аймақтарының шекараларын анықтау.** Пайдалы қазбалар кен орындарын қазымдаудың аралас тәсілі болғанда массивтік мүмкін деформациялары аймағының шекараларын салу әдістемесінің негіздері баяндалған. Ақжал кен орны үшін әр түрлі тау жыныстарының беріктік қасиеттерін талдау жүргізілген. Талдау нәтижесінде беріктік паспорттары алынған. Беріктік паспорттары бойынша тау жыныстары массивінде сырғанау қисықтары салынған. Сондай-ақ зерттелетін тау жыныстары үшін жылжу бұрыштарының мәндері анықталған. Алынған деректер негізінде Ақжал кен орны жағдайларында мүмкін болатын деформациялар аймағының шекарасы анықталған. Оларды қиыстыру кезінде жер асты және ашық қазу жүйесінің өзара әсерінің ерекшеліктері айқындалған, оның тау-кен кәсіпорындарын жобалау және тау-кен жұмыстарын жоспарлау кезінде үлкен мәні бар.

ӘОЖ 622.831. ДЕМИН В.Ф., ПОРТНОВ В.С., ДЕМИН В.В., СМАГУЛОВА А.С. **Төбе жыныстарының және даярлау қазбалары бүйірлерінің орнықтылығын болжау үшін контур маңындағы тау жыныстарының бастапқы қабатталу облыстарын анықтау.** Тау жыныстарының технологиялық қабатталуы анықталған. Орындалған аналитикалық және эксперименттік зерттеулер нәтижелері олардың деформациялық сипаттамалары бойынша салыстырмалы ұқсастығын көрсетті. Аралас бекітпенің көтергіш қабілетін аса толық пайдалану және тірек қысым аймағында қазбаның орнықтылығын жоғарылату үшін пайдаланудың қатаң режиміне ауыстыру арқылы шектеулі икемді анкерлі бекітпені қолдану мақсатқа сәйкес болады. Анкерлер тау жыныстарының аз байланысқан жеке қабаттарын құрама плитаның бірыңғай жүк көтеретін конструкциясына байланыстырады, сонымен бірге қабаттар арасындағы ілініс пен

powders interaction with chromium oxide (III). There was established that increasing aluminum concentration in the burden led to the products changing.

UDC 622.285:331.103.3. KRUPNIK L.A., KLIMOV A.Yu., KLIMOVA N.Yu. **Determining Working Operations Duration in Support Hauling Based on Chronometric Observations.** Unloading, hauling and stressing are the main working operations in the sections of powered supports. But there is stipulated carrying out additional working actions parallel to the main operation or separately. As a criterion of powered supports efficiency there is taken an indicator which reflects in the largest degree the productivity, i.e. the duration of powered support working cycle. Chronometric observations of the powered coal-mining complexes at the mine in the support hauling, as well as the laws of their distribution. In all the cases they appeared to be arbitrary. In the process of experiment there was determined each working operation share in the cycle of hauling. The longest (over 50%) are the operations of hauling support sections and conveyor sections.

UDC 622.271. SABDENBEKULY O., ZHUNUSOVA G.E., STAROSTINA O.V., OLENYUK S.P.. **Determining Rock Mass Strain Zones Boundaries.** There are considered the principles of methodology of building a zone of possible mass strains in the combined method of mineral resources deposits development. For the Akzhalskoye deposit there was carried out different rocks strength properties analysis. By the strength passports there were built sliding curves in mining rocks mass and established the values of shifting angles for the rocks studied. Based on the data obtained there was determined the boundary of possible strains zone in the conditions of the Akzhalskoye deposit. There were revealed the peculiarities of underground and open mining systems mutual effect with its combining which is of great importance in designing mining enterprises and mining operations planning.

UDC 622.831. DYOMIN V.F., PORTNOV V.S., DYOMIN V.V., SMAGULOVAA A.S.. **Determining Initial Stratification Zone of Contour Rocks to Forecast Roof Rocks and Development Workings Sides Stability.** There is defined mining rocks technological stratification. The results of the analytical and experimental studies carried out showed their relative convergence in deformation characteristics. For the more complete using of the combined support bearing capacity and working stability increasing in the zone of the support pressure its expedient to use a limitedly yielding, with transferring in the rigid mode bolt roofing. Anchors bind individual weakly bounded rock layers in the unified load-bearing structure of the composite plate, by this increasing binding and friction between the layers. The studies permitted to establish the degree of mining-and-technological factors effect on the bolt roofing efficiency when used in mining workings.

сцепление и трение между слоями. Исследования позволили установить степень влияния горнотехнологических факторов на эффективность применения анкерного крепления в выемочных выработках.

УДК 622.831.325.3. БРЮХАНОВ Д.А., АВДЕЕВ Л.А. **Разработка специализированного контроллера параметров дегазации на вакуум-насосной станции.**

Разрабатываемый специализированный контроллер входит в состав автоматизированной системы контроля параметров метановоздушной смеси в трубопроводах дегазационной вакуум-насосной станции (ВНС). К таким параметрам относятся: концентрация метана, давление в трубопроводе, а также скорость (расход) и температура смеси. Автоматизированная система контроля параметров дегазации предназначена для организации автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора ВНС. АРМ представляет собой персональную ЭВМ, в которой функции обработки и хранения информации, а также рабочий интерфейс могут обеспечиваться при помощи SCADA-системы либо с помощью специально разрабатываемого графического приложения.

УДК 622.271. ОЛЕНЮК С.П., ЖУНУСОВА Г.Е., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., СМАГУЛОВА А.С. **Разработка трехмерной модели Акжальского месторождения.**

Изложены основные положения трехмерного моделирования месторождений с применением современных компьютерных технологий. Разработана 3D-модель рудных тел Акжальского месторождения. Она позволяет оперативно решать не только горно-технические задачи, но и открывает широкие перспективы для исследования. Совершенствование методов исследований заключается в усложнении исследуемых моделей и учете все большего количества необходимых параметров. Это предполагает создание трехмерных моделей, приближенных к фактической горно-геологической ситуации исследуемого месторождения. На основе трехмерной модели определяются такие линейные и угловые величины, как мощности, направления падения и простирания рудных тел в любой интересующей нас плоскости. Трехмерное моделирование несет существенные преимущества для исследований в области геомеханики и геометризации месторождений.

УДК 622.232:519.872. КЛИМОВА Н.Ю., КЛИМОВ А.Ю. **Применение теории массового обслуживания для оценки эффективности модернизации механизированного угледобывающего комплекса.**

Недостатком работы современных механизированных комплексов по добыче угля в подземных условиях является отставание передвижки линейных секций крепи на новую дорожку вслед за движущимся комбайном. Устранить этот недостаток можно за счет модернизации гидропривода механизированного комплекса, либо путем замены штатной насосной станции на более производительную, либо путем применения насосно-аккумуляторного привода передвижки крепи и конвейера. Сравнительный анализ эффективности этих двух способов модернизации выполнен с использованием основных положений теории массового обслуживания. При этом длительность работы механизированных комплексов со штатной насосной установкой определялась в процессе хронометражных наблюдений, а продолжительность

үйкелісті арттырады. Зерттеулер тау-кен-технологиялық факторлардың алу қазбаларында анкерлі бекітпені қолдану тиімділігіне әсер ету дәрежесін анықтауға мүмкіндік берді.

ӨЖ 622.831.325.3. БРЮХАНОВ Д.А., АВДЕЕВ Л.А. **Вакуум-сорғы станциясындағы газсыздандыру параметрлерінің арнайыландырылған контроллерін әзірлеу.**

Әзірленетін арнайыландырылған контроллер газсыздандыратын вакуум-сорғы станциясының (ВСС) құбырларындағы метан-ауа қоспасының параметрлерін автоматтандырылған бақылау жүйесінің құрамына кіреді. Мұндай параметрлерге метан концентрациясы, құбырдағы қысым, сондай-ақ жылдамдығы (шығыны) және қоспаның температурасы жатады. Газсыздандыру параметрлерін бақылаудың автоматтандырылған жүйесі ВСС операторының автоматтандырылған жұмыс орнын (АЖО) ұйымдастыруға арналған. АЖО дербес ЭЕМ білдіреді, онда ақпаратты өңдеу және сақтау функциялары, сондай-ақ жұмыстық интерфейс SCADA-жүйесінің көмегімен немесе арнайы әзірленетін графикалық қосымшаның көмегімен қамтамасыз етілуі мүмкін.

ӨЖ 622.271. ОЛЕНЮК С.П., ЖУНУСОВА Г.Е., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., СМАГУЛОВА А.С. **Ақжал кен орнының үш өлшемді моделін әзірлеу.**

Қазіргі заманғы компьютерлік технологияларды қолдану арқылы кен орындарын үш өлшемді модельдеудің негізгі ережелері баяндалған. Ақжал кен орнының руда денелерінің 3D-моделі әзірленген. Ол тау-кен-техникалық міндеттерді жедел шешуге мүмкіндік беріп қана қоймай, сонымен бірге зерттеу үшін үлкен перспективаларды ашады. Зерттеу әдістерін жетілдіру зерттелетін модельдерді күрделілендіруден және қажетті параметрлердің көп мөлшерін есепке алудан тұрады. Бұл зерттелетін кен орнының нақтылы тау-кен-геологиялық жағдайына жақындатылған үш өлшемді модельдерді құруды жорамалдайды. Үш өлшемді модельдің негізінде руда денелерінің қуаты, құлау бағыттары және бізді қызықтыратын кез келген жазықтықта созылуы сияқты сызықтық және бұрыштық шамалар анықталады. Үш өлшемді модельдеудің геомеханика және кен орындарын геометрияландыру саласында зерттеу үшін елеулі артықшылықтары болады.

ӨЖ 622.232:519.872. КЛИМОВА Н.Ю., КЛИМОВ А.Ю. **Механикаландырылған көмір өндіретін кешенді жаңарту тиімділігін бағалау үшін жаппай қызмет көрсету теориясын қолдану.**

Жер асты жағдайларында көмір өндіру бойынша қазіргі заманғы механикаландырылған кешендер жұмысының кемшілігі бекітпенің сызықтық секцияларын жылжытудың қозғалып келе жатқан комбайнның артынан жаңа жолға қалуы болып табылады. Бұл кемшілікті механикаландырылған кешеннің гидрожетегін жаңарту есебінен немесе болмаса штаттық сорғы станциясын аса өнімді станцияға ауыстыру жолымен, немесе болмаса бекітпе мен конвейердің сорғы-аккумуляторлық жетегін қолдану жолымен жоюға болады. Жаңартудың осы екі тәсілінің тиімділігін салыстырмалы талдау жаппай қызмет көрсету теориясының негізгі ережелерін пайдалану арқылы орындалған. Сонымен бірге штаттық сорғы қондырғысы бар механикаландырылған кешендердің ұзақтығы хронометраждық бақылау процесінде анықталды, ал жылжытудың сорғы-аккумуляторлық жетегін және жаңа сорғы станциясын пайдалану кезінде жұмыс опера-

UDC 622.831.325.3. BRYUKHANOV D.A., AVDEYEV L.A. **Developing Specialized Controller for Vacuum Pump Station Degassing Parameters.**

The specialized controller developed is in the structure of automated system of controlling methane-and-air mixture parameters in the pipelines of the degassing vacuum pump station (VPS). To such parameters there are referred methane concentration, pressure in the pipeline, mixture rate and temperature. Automated system of controlling degassing parameters is designated for organizing an automated working place (AWP) of VPS operator. AWP consists of a PC, in which the functions of processing and storing information, as well as working interface can be provided with SCADA-system help or with the help of specially developed graphical application.

UDC 622.271. OLENYUK S.P., ZHUNUSOVA G.E., NIZAMETDINOV F.K., SMAGULOVA A.S. **Developing Three-Dimension Model of Akzhalskoye Deposit.**

There are presented the main principles of three-dimension modeling deposits using modern computer technologies. There was developed a 3D-model of the Akzhalskoye deposit ore bodies. It permits to solve operatively not only mining engineering problems, but opens wide perspectives for studying. Studying methods improving consists in complicating the models studied and accounting the growing number of necessary parameters. This suggests building three-dimension models approaching to the real mining geological situation of the deposit studied. Based on the three-dimension model there are determined such linear and angular values, as power, ore bodies falling and spreading directions in any plane of interest. Three-dimension modeling have significant advantages for studies in the field of geomechanics and geometrization of deposits.

UDC 622.232:519.872. KLIMOV N.Yu., KLIMOV A.Yu. **Using Mass Servicing Theory for Estimating Powered Coal-Mining Complex Modernization Efficiency.**

A drawback of modern powered coal-mining complexes operation in the underground conditions is the отставание передвижки of the support linear sections on the new way after the moving cutter-loader. It's possible to eliminate this drawback due to modernizing the powered complex hydro-drive or by means of substituting an ordinary pump station with one of larger productivity, or by the way of using pump-and-accumulator drive of the support and conveyor hauling. The comparative analysis of these two modernizing methods efficiency is carried out using the main statements of the theory of mass servicing. Powered complexes with an ordinary pump station durability was determined in the process of chronometric observations, and using a pump-and-accumulator drive and a new pump station was established by the way of modeling. As a result of the studies carried out there were found statistical characteristics of the support hauling process with an ordinary pump, pump-and-

выполнения рабочих операций при использовании насосно-аккумуляторного привода передвижки и новой насосной станции устанавливалась путем моделирования. В результате проведенных исследований найдены статистические характеристики процесса передвижки крепи соответственно при штатном насосном; насосно-аккумуляторном и новом насосном приводах. Наиболее важной характеристикой является вероятность отказа в обслуживании при поступлении требования, что равносильно простой комбайна и потере производительности комплекса. Сравнительный анализ показал, что наиболее рациональный путь модернизации – это замена штатной насосной станции на более производительную и использование насосно-аккумуляторного привода при групповой передвижке секций конвейера.

УДК 666.972.16. БАЙДЖАНОВ Д.О., КРОПАЧЕВ П.А., ТОКАНОВ Д.Т. **Реологические свойства модифицированного бетона.** Рассмотрены модификаторы МБК-7, МБП-14 и КМ-21, которые позволяют регулировать вязкопластические свойства бетонных смесей, повышая подвижность макрочастиц относительно друг друга. Это оказывает положительный эффект на технологические свойства при экструзии и формовании изделий и формования их структуры в процессе твердения. Установлено, что наиболее оптимально содержание в композиции 3,0 масс.% модификатора, содержащего МБК-7, МБП-14 и КМ-21. Также установлено, что на реологические свойства заметно влияние оказывает модификатор, содержащий кремнийорганическую добавку. Эксперименты показали, что при $V/C=0,28-0,30$ технологические и реологические свойства наиболее оптимальны для экструзионного формования.

УДК 666.972.16. КОЛЕСНИКОВА И.В. **Применение гиперпластификаторов для повышения подвижности гипсовых растворов.** Рассмотрены результаты исследований по сравнительной эффективности действия добавки нафталинформальдегидного пластификатора С-3 российского производства, который относят к добавкам 3-го поколения, и добавки «Melflux» германского производства, который относят к пластификаторам 4-го поколения. Действие этого пластификатора основано на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффектов. Последний достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. За счет этого водоредуцирующее действие таких гиперпластификаторов в несколько раз сильнее, чем у обычных. В зависимости от условий синтеза получают поликарбоксилаты с различными длинами боковых полиэфирных цепочек. Это позволило фирмам создать материалы с разным соотношением стерического эффекта и анионной активности. При добавке 1,5 % суперпластификатора С-3 водопоглощаемость гипсового теста снижается на 13,3 %, в то время как при добавке 0,4-0,7 % гиперпластификатора Melflux – V/C смеси составляет соответственно всего 0,39-0,3, что соответствует значению водоцементного отношения лучших сортов высокопрочного гипсового вяжущего α -модификации.

УДК 666.972.16. РАХИМОВ М.А., СЕРОВА Р.Ф., РАХИМОВА Г.М. **Реологические свойства бетонов с органоминеральным модификатором типа ОМД-М.**

цияларын орындау ұзақтығы модельдеу жолымен анықталды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде сәйкесінше штаттық сорғы; сорғы-аккумуляторлық және жаңа сорғы жетектері болғанда бекітпені жылжыту процесінің статистикалық сипаттамалары табылған. Аса маңызды сипаттамасы түскен талапқа қызмет көрсетуден бас тарту ықтималдығы болып табылады, бұл комбайнның бос тұруына және кешеннің өнімділігін жоғалтуына тең. Салыстырмалы талдау көрсеткендей, жаңартудың аса ұтымды жолы – бұл штаттық сорғы станциясын аса өнімді станцияға ауыстыру және конвейер секцияларын топтық жылжыту кезінде сорғы-аккумуляторлық жетекті пайдалану.

ӨОЖ 666.972.16. БАЙДЖАНОВ Ж.О., КРОПАЧЕВ П.А., ТОКАНОВ Д.Т. **Өзгертілген бетонның реологиялық қасиеттері.** МБК-7, МБП-14 және КМ-21 модификаторлар қарастырылған, олар бір-біріне қатысты микробөлшектердің жылжымалылығын арттырып, бетон қоспаларының тұтқыр-илемді қасиеттерін реттеуге мүмкіндік береді. Бұл экструзия және бұйымдарды қалыптау кезінде технологиялық қасиеттеріне және олардың құрылымдарын қатайту процестеріне қалыптауға оң әсер етеді. Композицияда құрамында МБК-7, МБП-14 және КМ-21 бар модификатордың 3,0 масс.% аса оңтайлы құрамы анықталған. Сондай-ақ реологиялық қасиеттерге құрамында кремнийорганикалық қоспасы бар модификатор елеулі әсер ететіні анықталған. Эксперименттер көрсеткендей, $V/C=0,28-0,30$ болғанда технологиялық және реологиялық қасиеттердің экструзиялық қалыптау үшін аса оңтайлы болатынын көрсетті.

ӨОЖ 666.972.16. КОЛЕСНИКОВА И.В. **Гипс ерітінділерінің жылжымалылығын арттыру үшін гиперпластификаторларды қолдану.** 3-ші ұрпақ қоспаларына жатқызылатын, Ресейде өндірілетін С-3 нафталинформальдегидті пластификаторы қоспасы және 4-ұрпақ қоспаларына жатқызылатын, Германияда өндірілетін «Melflux» қоспасы әрекетінің салыстырмалы тиімділігі бойынша зерттеулер нәтижелері қарастырылған. Осы пластификатордың әрекеті электрстатикалық және стериялық (көңістіктік) әсерлер жиынтығына негізделген. Соңғысына поликарбоксилат эфирі молекуласының бүйірлік гидрофобты полиэфир тізбектерінің көмегімен қол жеткізіледі. Осының есебінен кәдімгілерге қарағанда мұндай гиперпластификаторлардың су-редукциялаушы әрекеті бірнеше есе артық. Синтез шарттарына байланысты бүйірлік полиэфир тізбектерінің ұзындықтары әртүрлі поликарбоксилаттарды алады. Бұл фирмалардың стериялық әсері мен аниондық белсенділігінің ара қатысы әртүрлі материалдарды жасауына мүмкіндік берді. 1,5 % С-3 суперпластификаторын қосқанда гипс қамырының суды қажет етуі 13,3 %-ға төмендейді, ал Melflux гиперпластификаторының 0,4-0,7 % қосқанда V/C қоспасы сәйкесінше 0,39-0,3 құрайды, бұл беріктігі жоғары гипстік тұтқыр α -модификациялы үздік сорттардың су-гипстік қатынасының мәніне сәйкес келеді.

ӨОЖ 666.972.16. РАҚЫМОВ М.А., СЕРОВА Р.Ф., РАҚЫМОВА Г.М. **ОМД-М типті органоминералдық модификаторы бар бетондардың реологиялық қасиеттері.**

accumulator and new pump drives. The most important characteristics is the probability of failure to serve a requirement, which is equal to the cutter-loader standing idle and the complex productivity loss. The comparative analysis showed that the most rational way of modernizing is substituting an ordinary pump station with the one of larger productivity and using a pump-and-accumulator drive in the conveyor sections group hauling.

UDC 666.972.16. BAIDZHANOV D.O., KROPACHEV P.A., TOKANOV D.T. **Rheological Properties of Modified Concrete.** There are considered modifiers MBK-7, MBP-14 and KM-21, which permit to regulate viscous-and-plastic properties of concrete mixtures, increasing macroparticles mobility in relation to each other. This gives a positive effect on technological properties in products extrusion and molding and forming their structure in the process of solidification. It was established that the most optimal content is in composition 3,0 mass% of modifier containing MBK-7, MBP-14 and KM-21. There was also established that rheological properties are greatly effected a modifier containing silica organic additive. The experiments showed that with $W/C=0,28$ to $0,30$ technological and rheological properties are mostly optimal for extrusion molding.

UDC 666.972.16. KOLESNIKOVA I.V. **Using Hyper-Plasticizers to Increase Gypsum Solutions Mobility.** There are considered the results of studying the comparative efficiency of the additive naphthalene-formaldehyde plasticizer S-3 of the Russian production which is referred to the 3-d generation additives, and the additive «Melflux» of the German production which is referred to the 4-th generation additives. This plasticizer action is based on the combination of electrostatic and steric (space) effects. The latter is achieved with the help of side hydrophobic polyester chains of the polycarboxylate ester molecule. Due to the water reducing effect of such hyper-plasticizers is several times stronger than of usual ones. Depending on the conditions of the synthesis there are obtained polycarboxylates with different lengths of the side polyester chains. This permitted the companies to make materials with different ratio of steric effect and anion activity. When adding 1,5 % super-plasticizer S-3 water consumption of the gypsum pasta is 13,3 % decreased, and when adding 0,4 to 0,7 % hyper-plasticizer Melflux W/C of the mixture is only 0,29 to 0,3, which corresponds to the value of the gypsum ratio for the best grades of gypsum binder with α -modification.

UDC 666.972.16. RAKHIMOV M.A., SEROVA R.F., RAKHIMOVA G.M. **Rheological Properties of Concrete with Organic-Mineral Modifier of OMD-M Type.**

Представлены результаты реологических исследований влияния гидрофобизирующих органоминеральных модификаторов на качество цементных материалов. Приведены результаты опытов по определению влияния дозировок органоминеральных модификаторов на изменение величины нормальной густоты цементного теста. Определены сроки схватывания цементных материалов и влияние на них органоминеральных и гидрофобно-пластифицирующих модификаторов. Проанализировано влияние органоминерального модификатора на изменения кинетики пластической прочности и цементного теста. Оценены вязкопластические свойства цементных паст при ударно-динамическом воздействии. Проведен комплексный анализ полученных результатов и определены оптимальные дозировки предлагаемых модификаторов. Сделан вывод, что наилучшие реологические характеристики показывает бетон с использованием органоминеральной добавки ОМД-МС.

УДК 622.693. МАЛЫБАЕВ С.К., ТОГИЗБАЕВА Б.Б., КЕНЕСБЕК А.Б. **Влияние физико-механических свойств руды на потерю сыпучести.**

Рассматриваются вопросы влияния физико-механических свойств медной руды на потерю сыпучести горной массы и на ее слеживаемость. Установлено, что повышение влажности и крупнокускового материала приводит к росту вертикального давления. Рост влажности и мелкого материала характеризуются снижением вертикального уплотнения и увеличения бокового распора. Исследованиями, проведенными для бункеров, определили влияние размеров на величину нормального давления. Установлено, что правильно выбранная конструкция питателя и режим его работы также оказывают существенное влияние на истечение сыпучего материала из бункера. Наилучшие результаты дает использование вибрационных питателей.

УДК 691.3. САДУАКОВ М., АЙТЖАНОВ М., БАЙДЖАНОВ Д. **Шлакопортландцемент с высоким содержанием шлака для монолитного бетона.**

В работе приведены результаты исследования получения модифицированного шлакопортландцемента. Путем модификации и корректировки технологии состава марка шлакопортландцемента достигает сортов от Д30 до Д80. Рассмотрены сравнительные результаты экспериментов модифицированного шлакопортландцемента с содержанием клинкера от 80 % до 20 %. При проведении эксперимента использовался гранулированный доменный шлак АО «АрселорМиттал Темиртау» и комплекс химических добавок. В качестве вяжущего использовали портландцемент АО «ЦентралАзияЦемент». В результате проведенных исследований достигается улучшение всех физико-механических свойств модифицированного шлакопортландцемента, удешевление себестоимости производства вяжущего. Согласно расчетам с учетом стоимости добавок и других затрат, при выпуске модифицированного шлакопортландцемента по сравнению с портландцементом Д20 достигается экономия в 2,5 раза.

УДК 331.57(574)=512.122. ТАЖИБЕКОВА К.Б. **Роль программы «Дорожная карта» в решении проблем бедности и безработицы.**

Рассмотрены основные макроэкономические проблемы, такие как бедность и

Гидрофобтаушы органоминералдық модификаторлардың цемент материалдарының сапасына әсер етуін реологиялық зерттеулер нәтижелері берілген. Органоминералдық модификаторлар мөлшерлемелерінің цемент қамырының қалыпты қоюлығы шамасының өзгеруіне әсерін анықтау бойынша тәжірибелер нәтижелері келтірілген. Цемент материалдарының ұстасу мерзімдері және оларға органоминералдық және гидрофобты-пластификациялаушы модификаторлардың әсері анықталған. Органоминералдық модификатордың цемент қамырының илемді беріктігі кинетикасының өзгеруіне әсері талданған. Соққы-динамикалық әсер еткенде цемент пасталарының тұтқыр-илемді қасиеттері бағаланған. Алынған нәтижелерді кешенді талдау жүргізілген және ұсынылатын модификаторлардың оңтайлы мөлшерлемелері анықталған. ОМД-МС органоминералдық қоспасы пайдаланылған бетонның аса жақсы реологиялық сипаттамаларды көрсететіні туралы тұжырым жасалған.

ӨЖ 622.693. МАЛЫБАЕВ С.Қ., ТОГИЗБАЕВА Б.Б., КЕНЕСБЕК А.Б. **Руданың физико-механикалық қасиеттерінің сусымалылықты жоғалтуына әсері.**

Мыс рудасының физико-механикалық қасиеттерінің кен массасының сусымалылығын жоғалтуға және оның жабысқыштығына әсер ету мәселелері қарастырылады. Ірі кесекті материал ылғалдылығының жоғарылауы вертикаль қысымның жоғарылауына әкелетіні анықталған. Ұсақ материал ылғалдылығының өсуі тігінен тығыздалудың және бүйірлік керме ұлғаюының төмендеуімен сипатталады. Шанаптар үшін жүргізілген зерттеулермен өлшемдердің қалыпты қысымның шамасына әсерін анықтады. Қоректендіргіштің дұрыс таңдалған конструкциясының және оның жұмыс режимінің де сусымалы материалдың шанаптар өтуіне елеулі әсер ететіні анықталған. Дірілдік қоректендіргіштерді пайдалану жақсы нәтижелер береді.

ӨЖ 691.3. САДУАКОВ М., АЙТЖАНОВ М., БАЙДЖАНОВ Д. **Тұтас құймалы бетонға арналған қождың құрамы жоғары қожпортландцемент.**

Жұмыста өзгертілген қожпортландцементті алуды зерттеу нәтижелері келтірілген. Құрам технологиясын өзгерту және түзету жолымен қожпортландцементтің маркасы Д30-дан Д80-ге дейінгі сорттарға жетеді. Құрамында 80%-дан 20%-ға дейін клинкері бар өзгертілген қожпортландцемент эксперименттерінің салыстырмалы нәтижелері қарастырылған. Эксперимент жүргізілгенде «АрселорМиттал Темиртау» АҚ түйіршіктелген домна қожы және химиялық қоспалар кешені пайдаланылды. Байланыстырғыш зат ретінде «Централ-АзияЦемент» АҚ қожпортландцементін пайдаланылды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде өзгертілген қожпортландцементтің барлық физико-механикалық қасиеттерін жақсартуға, байланыстырғыш затты өндірудің өзіндік құнын арзандатуға қол жеткізілді. Есептеулерге сәйкес қоспалар құнын және басқа шығындарды есепке алғанда, өзгертілген қожпортландцементті шығарғанда Д20 портландцементімен салыстырғанда 2,5 есе үнемделген.

ӨЖ 331.57(574)=512.122. ТӘЖІБЕКОВА К.Б. **«Жол картасы» бағдарламасының кедейлік пен жұмыссыздық проблемаларын шешудегі ролі.**

Кедейлік және жұмыссыздық сияқты негізгі макроэкономикалық проблемалар қарастыры-

There are presented the results of rheological studies of water repelling organic mineral modifiers on the quality of cement materials. There are presented the results of experiments to determine the effect of dosing organic mineral modifiers on changing normal viscosity of cement pasta. There are determined the terms of cement materials solidifying and the effect of organic mineral and hydrophobic plasticizing modifiers. There is analyzed the effect of organic mineral modifiers on changing the cement pasta plastic strength kinetics. There are evaluated cement pastas viscous-and-plastic properties in the impact-dynamic action. There is carried out a complex analysis of the results obtained and determined the optimal doses of modifiers suggested. There is made a conclusion that the best rheological characteristics are shown by the concrete using organic mineral additive OMD-M.

UDC 622.693. MALYBAYEV S.K., TOGIZBAYEVA B.B., KENESBEK A.B. **Ore Physical-and-Mechanical Properties Effect on Flowability Loss.**

There are considered the questions of copper ore physical-and-mechanical properties effect on the mining mass flowability loss and its blocking property. It is established that increasing humidity of large-sized material leads to vertical pressure increase. Fine material humidity increase is characterized by vertical packing decreasing and horizontal stress increasing. Studies carried out for hoppers determined dimensions effect on the normal pressure value. It was established that correct selection of the feeder structure and its operation mode also effect significantly the loose material flowing from the hopper. The best results were obtained for vibration feeders.

UDC 691.3. SADUAKOV M., AITZHANOV M., BAIDZHANOV D. **Slag Portland Cement with High Slag Content for Monolith Concrete.**

There are considered the results of the studies for obtaining modified slag Portland cement. By the way of modifying and correcting the technology of the composition the grade of slag Portland cement accounts the grades from D30 till D80. There have been considered comparative results of experiments with modified slag Portland cement with clinker content from 80 till 20%. During the experiment there has been used granulated blast furnace slag of JSC "ArcelorMittal Temirtau" and the complex of chemical additives. As a binder there has been used Portland cement of JSC "CentralAsiaCement". As a result of the studies carried out there is achieved the improving of all physical-and-mechanical properties of modified slag Portland cement, decreasing the cost of the binder. According to the calculations and taking into account the additives cost and other expenses, in manufacturing modified slag Portland cement, as compared to Portland cement D20, there is achieved 2,5 times saving.

UDC 331.57 (574)=512.122. TAZHIBEKOVA K.B. **Role of Program «Itinerary Card» in Solution Problems of Poverty and Unemployment.**

There are considered the main macro-economic problems, such as poverty and unemployment.

безработица. Раскрыта проблема безработицы, которая является основным фактором возникновения бедности. Проанализированы показатели уровня бедности, пособий, выплачиваемые низшим слоям населения, а также состояние рынка труда. Указана особая роль программы «Дорожная карта» в решении этих проблем. Показано, что повышение уровня пенсий, пособий и заработной платы работников бюджетных организаций напрямую влияет на снижение уровня бедности в стране. Рекомендованы мероприятия по совершенствованию деятельности государственных органов по снижению бедности. Особо отмечена роль негосударственных органов и профсоюзов в решении проблем снижения бедности и безработицы.

УДК 621.365:369.045. ХАЦЕВСКИЙ К.В.
Создание установок для электрофизической обработки жидкостей в электромагнитных полях.
Рассматриваются вопросы создания новых высокоэффективных установок для электрофизической обработки жидкостей в электромагнитных полях. Исследование и разработка методов расчета индукционных систем нагрева жидкостей позволили создать электротехнологические установки нового типа, в которых за счет интенсификации электродиффузии и термодиффузии в десятки и сотни раз увеличивается скорость протекания химических реакций. Это позволяет осуществлять новые электротехнологические процессы: переработка жидких отходов, снижение жесткости воды, опреснение морской воды. При анализе рабочих режимов обработки жидкости в рассматриваемых устройствах были выделены три одновременно протекающих взаимосвязанных процесса. 1. Нагрев и принудительное движение жидкости в рабочем объеме за счет перепада давлений жидкости на входе и выходе устройства. 2. Нагрев и конвективное движение жидкости при взаимодействии непосредственно с нагревающей поверхностью и реализацией различных режимов (нагрев в температурной области без насыщения, нагрев при объемном, поверхностном или пузырьковом кипении с одновременным протеканием термодиффузионных процессов). 3. Движение катионов и анионов за счет объемно распределенных электромагнитных сил, действующих локально на паропроводящую смесь в рабочем пространстве в индукционных системах нагрева (электромагнитное вихревое перемешивание), с одновременной интенсификацией термодиффузионных процессов в электромагнитном поле.

УДК 621.315.616.9039.83. БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х.
Высоковольтные кабели с изоляцией из полиимидных пленок.
Рассмотрены материалы, применяемые при проектировании современных высоковольтных кабелей. Даны сравнительные характеристики наиболее перспективных изоляционных материалов – полиимидов зарубежного и отечественного производства. Приведены расчетные значения допустимой напряженности и электрического поля в кабеле на 220 кВ с полиимидной изоляцией алициклического строения и толщина изоляции данного кабеля. Доказано, что изоляция из полиимидных пленок ПИФАБ по электрическим и механическим характеристикам не уступает существующей полиимидной изоляции ароматического строения и может быть использована при проектировании и производстве

ылған. Кедейліктің пайда болуының негізгі факторы болып табылатын жұмыссыздық проблемасы ашылған. Кедейлік деңгейінің, халықтың тұрмыс деңгейі төмен топтарына төленетін жәрдемақылардың көрсеткіштері, сондай-ақ еңбек рыногының жағдайы талданған. Осы проблемаларды шешуде «Жол картасы» бағдарламасының ерекше ролі көрсетілген. Зейнетақы мен жәрдемақы және бюджеттік ұйымдар қызметкерлері еңбекақысы деңгейінің жоғарылауы еліміздегі кедейлік деңгейінің төмендеуіне тікелей әсер ететіні көрсетілген. Мемлекеттік органдардың кедейлікті азайту бойынша қызметін жетілдіру бойынша шаралар ұсынылған. Кедейлік пен жұмыссыздықты азайту проблемаларын шешуде мемлекеттік емес органдардың және кәсіподақ ұйымдарының ролі ерекше атап өтілген.

ӨОЖ 621.365:369.045. ХАЦЕВСКИЙ К.В.
Сұйықтықтарды электромагниттік өрістерде электрофизикалық өңдеу үшін қондырғылар жасау.
Сұйықтықтарды электромагниттік өрістерде электрофизикалық өңдеу үшін тиімділігі жоғары жаңа қондырғыларды жасау мәселелері қарастырылады. Сұйықтықтарды қыздырудың индукциялық жүйелерін есептеу әдістерін зерттеу және әзірлеу жаңа типті электротехнологиялық қондырғыларды жасауға мүмкіндік береді, оларда электрлік диффузияны және термиялық диффузияны қарқынды есебінен химиялық реакциялардың жүру жылдамдығы оңаған және жүздеген есе ұлғаяды. Бұл сұйық қалдықтарды қайта өңдеу, судың қаттылығын төмендету, теңіз суын тұздыландыру сияқты жаңа электротехнологиялық процестерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Қарастырылатын құрылғыларда сұйықтықты өңдеудің жұмыс режимдерін талдау кезінде бір мезгілде жүретін өзара байланысқан үш процесс ерекшеленді. 1. Құрылғыға кіргенде және одан шыққанда сұйықтық қысымдарының төмендеуі есебінен сұйықтықты жұмыс көлемінде қыздыру және мәжбүрлі қозғалту. 2. Тікелей қыздырушы бетпен және әр түрлі режимдерді іске асырумен (қанығыс температуралық облысында қыздыру, термия-химиялық процестердің бір мезгілде жүруімен көлемдік, беттік немесе көпіршіктік қайнау кезінде қыздыру) өзара әрекеттесу кезінде сұйықтықты қыздыру және конвективті қозғалту. 3. Бір мезгілде термия-химиялық процестерді электромагниттік өрісте қарқынды арқылы, индукциялық қыздыру жүйелерінің жұмыс кеңістігінде жергілікті бүткілетін қоспаға әсер ететін (электромагниттік қиынды араластыру), көлемдік үлестірілген электромагниттік күштердің есебінен катиондар мен аниондарды қозғалту.

ӨОЖ 621.315.616.9039.83. БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х.
Полиимидті пленкалары оқшауланған жоғары вольтты кабельдер.
Қазіргі заманғы жоғары вольтты кабельдерді жобалау кезінде қолданылатын материалдар қарастырылған. Аса көп перспективалы оқшауланған материалдар – шетелдік және отандық өндірісті полиимидтердің салыстырмалы сипаттамалары берілген. Алициклді құрылымды полиимидті оқшауланған 220 кВ кабельдегі электр өрісінің мүмкін кернеулігінің есептік мәндері және берілген кабельдің оқшаулану қалыңдығы келтірілген. ПИФАБ полиимидті пленкаларынан жасалған оқшуламаның электрлік және механикалық сипаттамалары бойынша қолданылып жүрген хош иісті құрылымды полиимидті оқшуламадан кем болмайтыны және жоғары вольтты электр кабельдерін жобалау және өндіру кезінде пайдаланылуы мүмкін екендігі дәлелденген. ПИФАБ полиимидті пленкалы оқшу-

There is discovered the problem of unemployment which is the main factor of poverty occurrence. There are analyzed the indices of poverty level, allowances paid to the poorest layers of population, as well as the labor market condition. There is shown a special role of the program "Itinerary card" in solving these problems. The increase of pensions, allowances and wages of budget organizations workers influence directly the poverty level decrease in the country. There are recommended measures to improve the state bodies activities for poverty decrease. Especially the role of occupational bodies and trade unions in solving the problems of poverty and unemployment.

UDC 621.365:369.045. KHATSEVSKI K.V..
Making Sets for Electro-Physical Treating Liquids in Electromagnetic Fields.
There are considered the questions of making new highly efficient sets for electro-physical treating liquids in electromagnetic fields. Studying and developing methods of calculating induction systems for liquid heating permitted to make electric technological sets of a new type, in which due to electro-diffusion and thermo-diffusion intensifying there is tens and hundreds times increased chemical reactions speed. This permits to carry out new electric technological process: liquid wastes recycling, water hardness, decreasing, sea water desalination. When analyzing working modes of liquids treatment in the units considered there were selected three simultaneously going on interconnected processes. 1. Liquid heating and forced motion in the working volume due to the liquid pressure drop at the unit inlet and outlet. 2. Liquid heating and convective motion in interaction with the heating surface and realizing different modes (heating in the temperature zone without saturation, heating with the volume, surface or bubble boiling with simultaneous thermal chemical processes). 3. Cations and anions motion due to volume distributed electromagnetic forces acting locally on the vapor-conducting mixture in the working zone of the heating induction systems (electromagnetic turbulent mixing) with simultaneous intensifying thermal chemical processes in the electromagnetic field.

UDC 621.315.616.9039.83. БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х.
High-Voltage Cables with Insulation of Polyimide Films.
There are considered the materials used in designing modern high-voltage cables. There are given comparative characteristics of the most perspective insulation materials, i.e. polyimide of foreign and home manufacture. There are presented calculated values of the allowed voltage of the electric field in the cable for 220 kV with polyimide insulation of acyclic structure and this cable insulation thickness. It's proved that insulation of polyimide film ПИФАБ by its electric and mechanic characteristics is the same as the insulation of aromatic structure and can be used in designing and manufacturing high-voltage electric cables. Using polyimide film insulation ПИФАБ gives possibility to decrease 4-10 times its thickness as compared to the paper-oil insulation. Using this insulation permits to increase significantly technical-and-

высоковольтных электрических кабелей. Применение полиимидной пленочной изоляции ПИФАБ дает возможность снизить толщину в 4-10 раз по сравнению с бумажно-масляной изоляцией. Применение изоляции на основе пленок ПИФАБ позволяет существенным образом повысить технико-экономические характеристики современных кабелей.

УДК 658.26. САГИТОВ П.И., САДЫКБЕК А.Т. **Подтверждение соответствия качества электрической энергии и защита прав потребителей.**

Нормативные документы в области электроэнергетики и электротехники, используемые в странах СНГ, в том числе ГОСТ 13109-97, относят вопросы качества электрической энергии к общей проблеме обеспечения электромагнитной совместимости и технических средств. Впервые в Казахстане предлагается ввести электрическую энергию в соответствии с законами РК в перечень хозяйственных товаров, подлежащих обязательной сертификации. Обосновывается необходимость разработки национального стандарта, гармонизированного с межгосударственным и международным стандартами, устанавливающего показатели и нормы качества энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного 3-фазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей. Предложено разработать методику измерения качества электроэнергии в системах электроснабжения. Необходимо создать орган по подтверждению соответствия качества электрической энергии как товара, продаваемого энергоснабжающей организацией потребителю.

УДК 622.416:681.518. ГЕРЦЕН Д.В., АВДЕЕВ Л.А. **Исследование показателей надежности автоматизированной системы контроля рудничной атмосферы для угольных шахт.**

В настоящее время на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау» эксплуатируются две автоматизированные системы аэрогазового контроля: 1) централизованная система контроля «Безопасность». Данной системой оснащены следующие шахты: «Тентекская», «Абайская», «Саранская», им. В.И. Ленина, им. Т. Кузубаева, им. Костенко. 2) система АГК с применением промышленных логических контроллеров (ПЛК) фирмы «Davis Derby» (Великобритания), датчиков концентрации окиси углерода, газа метана и скорости воздуха в выработке фирмы «Woelke Industrielektronik GMBH» (Германия), а также датчик скорости воздуха в вентиляционном ставе фирмы «Ингортех» (Россия). Название системы и ее условное обозначение – автоматизированная система контроля рудничной атмосферы (АСК РА). Данной системой в 2009 году были оснащены две шахты УД АО «Арселор Миттал Темиртау»: «Шахтинская» и «Казахстанская». Приводятся результаты исследования показателей надежности и АСУ «Безопасность» и АСК РА.

УДК 681.323.697.34. БРЕЙДО И.В., ТОМИЛОВА Н.И. **Автоматизированная информационная система поддержки принятия решений для управления теплоснабжением мегаполиса.**

Для решения проблем энергосбережения и повышения надежности систем теплоснабжения мегаполисов (СТМ), наряду

с лампасыном қолдану майлы қағаз оқшауламамен салыстырғанда қалыңдықты 4-і0 есе төмендету мүмкіндігін береді. ПИФАБ пленкалары негізіндегі оқшауламаны қолдану қазіргі заманғы кабельдердің техника-экономикалық сипаттамаларын елеулі түрде жоғарылатуға мүмкіндік береді.

ӘОЖ 658.26. САГИТОВ П.И., САДЫКБЕК А.Т. **Электр энергиясы сапасының сәйкестігін растау және тұтынушылар құқықтарын қорғау.**

ТМД елдерінде пайдаланылатын электр энергетикасы және электр техникасы саласындағы нормативтік құжаттар, соның ішінде МЕСТ 13109-97, электр энергиясы сапасы мәселелерін техникалық құралдардың жалпы электромагниттік үйлесімділігін қамтамасыз ету проблемасына жатқызады. Алғаш рет Қазақстанда электр энергиясын ҚР заңдарына сәйкес міндетті сертификаттауға тиесілі шаруашылық тауарларының тізбесіне енгізу ұсынылады. Мемлекет аралық және халықаралық стандарттармен үйлестірілген, әртүрлі тұтынушылардың меншігінде болатын электр желілері қосылатын нүктелерде жиілігі 50 Гц 3 фазалы айнымалы тоқты жалпы тағайындалған электрмен қамту жүйелерінің электр желілеріндегі энергия сапасының көрсеткіштері мен нормаларын белгілейтін ұлттық стандартты әзірлеу қажеттілігі негізделді. Электрмен қамту жүйелерінде электр энергиясының сапасын өлшеу әдістемесін әзірлеу ұсынылған. Энергиямен қамтитын ұйымның тұтынушыға сататын тауары ретінде электр энергиясының сапасын растау жөніндегі органды құру қажет.

ӘОЖ 622.416:681.518. ГЕРЦЕН Д.В., АВДЕЕВ Л.А. **Көмір шахталары үшін кеңіс атмосферасын бақылаудың автоматтандырылған жүйесінің сенімділігі көрсеткіштерін зерттеу.**

Қазіргі уақытта «АрселорМиттал Темиртау» АҚ ҚД шахталарында екі автоматтандырылған аэрогаздық бақылау жүйесі пайдаланылады: 1) «Қауіпсіздік» орталықтандырылған бақылау жүйесі. Берілген жүйемен «Тентек», «Абай», «Саран», В.И. Ленин атындағы, Т. Кузубаев атындағы, Костенко атындағы шахталар жасақталған. 2) «Davis Derby» фирмасының (Ұлыбритания) өнеркәсіптік логикалық контроллерлері (ӨЛК), «Woelke Industrielektronik GMBH» фирмасының (Германия) қазбада көміртері тотығын, метан газын және ауа жылдамдығын шоғырландыру датчиктері, сондай-ақ «Ингортех» фирмасының (Ресей) желдету қондырғысындағы ауа жылдамдығының датчигі қолданылған АГБ жүйесі. Жүйенің атауы және оның шартты белгісі – автоматтандырылған кеңіс атмосферасын бақылау жүйесі (АКА БЖ). 2009 жылы «Арселор Миттал Темиртау» АҚ ҚД «Шахтинск» және «Қазақстан» екі шахтасы берілген жүйемен жасақталған. «Қауіпсіздік» АБЖ және АКА БЖ сенімділігі көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері келтіріледі.

ӘОЖ 681.323.697.34. БРЕЙДО И.В., ТОМИЛОВА Н.И. **Мегаполисті жылуды қамтуды басқару үшін шешімдер қабылдауды қолдаудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесі.**

Мегаполистерді энергиямен қамту және жылуды қамту жүйелерінің (МЖЖ) проблемаларын шешу үшін, өндірістің жаңа техноло-

economical characteristics of modern cables.

UDC 658.26.. SAGITOV P.I, SADYKBEK A.T. **Confirming Electric Power Quality Correspondence and Consumers Rights Protection.**

Normative documents in the field of electric power engineering used in the CIS countries, including State Standard 13109-97, refer the questions of electric power quality to the common problem of ensuring electromagnetic compliance of technical means. For the first time in Kazakhstan it is suggested to introduce electric power in accordance with the RK laws in the register of household goods subjected to compulsory certification. There is substantiated the necessity to develop a national standard harmonized with international and interstate standards, which will establish indicators and norms of power quality in the electric networks of the common use for 3-phase alternate current with frequency 50 Hz at the points to which there are connected electric networks which are in the ownership of different consumers. There is suggested to develop a methodology of measuring electric power quality in the systems of power supply. It's necessary to form a body to confirm electric power quality correspondence as the goods sold by a power supplying organization to a consumer.

UDC 622.416:681.518. GERTSEN D.V., AVDEYEV L.A. **Studying Reliability Indicators for Automated System of Controlling Mine Atmosphere for Coal Mines.**

At present at the mines of CD JSC "ArcelorMittal Temirtau" there are used two automated systems of air-and-gas control: 1) centralized control system "Safety". This system is used at the mines Tentekskaya, Abayskaya, Saranskaya, Lenin mine, Kuzembayev mine, Kostenko mine; 2) AGC using industrial logic controllers of the company "Davis Derby" (Great Britain), carbon oxide concentration, methane sensors and air speed in the working of the company "Woelke Industrielektronik GMBH" (Germany), as well as air speed sensor in ventilation of the firm "Ingortech" (Russia). The system name and its conditional designation is automated system of controlling mine atmosphere (ASC RA). In 2009 this system was introduced at two mines: Shakhtinskaya and Kazakhstanskaya. There are also presented the results of studying reliability indicators of ACS «safety» and ASC RA.

UDC 681.323.697.34. BREIDO I.V., TOMILOVA N.I. **Automated Information System of Making Decision Support for Megalopolis Heat-Supplying Managing.**

For solving the problems of power saving and increasing the reliability of heat-supplying systems in megalopolises (STM) alongside with introducing new technologies of manufacture

с внедрением новых технологий производства, идет процесс оснащения их автоматизированными информационными системами поддержки принятия решения (СППР) для управления технологическим и организационным процессами эксплуатации и проектирования ТСМ. Специфический характер архитектуры системы управления СТМ вытекает из масштабной распределенности её технологических объектов. Особенность архитектуры системы управления СТМ предопределяет многоуровневый объектный подход к построению систем управления. Каждому уровню управления соответствует один или несколько технологических объектов управления. Информационно-графическая система (ИГС) ТГИД является автоматизированной информационной СППР первого уровня управления СТМ. ИГС ТГИД представляет собой пример интеграции: автоматизированной информационной системы, данных на основе географической информации, данных СТМ и системы имитационного моделирования статических теплогидравлических режимов работы СТМ. Как следствие, информационное пространство ИГС ТГИД представлено несколькими подбазами.

УДК 622.232.72.001.24-52. ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Критерии оценки качества знаний персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий.**

Рассматриваются критерии оценки качества знаний R персонала электротехнических служб, обеспечивающих эффективное функционирование электрооборудования добычных участков угольных шахт. С целью определения R выбраны перспективные варианты электротехнических комплексов (ЭТК) добывающих участков угольных шахт. Сформулированы 24 целевые функции C управления ЭТК. Введены трехмерные множества системы вопросов (CB) и системы ответов (CO), составляющих базу знаний персонала электротехнических служб (ЭТС) горно-рудных предприятий. C , CB и CO позволяют поставить задачу построения математических моделей эталонных знаний отдельных представителей и ЭТС в целом. Выведена зависимость R от целевой функции C . Предложен механизм оценки знаний персонала электротехнических служб горно-рудных предприятий.

УДК 656.2(073):658.7. МУРЗАБЕКОВА К.А. **Система моделей оценки крупномасштабных транспортных проектов.**

Описанная система моделей имеет эмпирико-прикладной характер, поэтому при ее применении большую роль играют интуиция и субъективные суждения экспертов. Различия между функциональными характеристиками конкурирующих вариантов объекта образуют проблему, а наиболее эффективный вариант ее разрешения и определяет предпочтительную целостную «систему для решения проблемы» – новую железную дорогу с соответствующим набором элементов и связями между ними. Такой подход предоставляет широкие возможности для конструирования объектов с желаемыми свойствами. При этом система понимается как совокупность взаимосвязанных переменных, представляющих те или иные свойства, характеристики объекта проектирования. В этой трактовке понятие системы практически смыкается с понятием модели. Важно подчеркнуть, что модели представляют как инструмент не только комплексного анализа, но и многоаспектного, интегрального синтеза

гидроэнергетики. Автоматизация проектирования гидротехнических сооружений и систем управления их работой является одним из приоритетных направлений развития электроэнергетики. В настоящее время в электроэнергетике широко применяются автоматизированные системы проектирования и управления. В этих системах используются различные методы и средства автоматизации. В частности, для проектирования и управления используются методы оптимизации, методы имитационного моделирования, методы экспертного анализа и т.д. В данной статье рассматривается система моделей оценки крупномасштабных транспортных проектов. Система моделей представляет собой совокупность взаимосвязанных переменных, представляющих те или иные свойства, характеристики объекта проектирования. В этой трактовке понятие системы практически смыкается с понятием модели. Важно подчеркнуть, что модели представляют как инструмент не только комплексного анализа, но и многоаспектного, интегрального синтеза

ЭОЖ 622.232.72.001.24-52. ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Кен-руда кәсіпорындарының электртехникалық кешендері инженерлік қызметтерінің персоналы білімінің сапасын бағалау критерийлері.**

Көмір шахталарының өндіру учаскелері электр жабдықтың тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін электртехникалық қызметтердің персоналы білімінің сапасын R бағалау критерийлері қарастырылады. R анықтау мақсатында көмір шахталары өндіру учаскелерінің электртехникалық кешендерінің (ЭТК) перспективалы нұсқалары таңдалған. ЭТК басқарудың 24 мақсаттық функциясы C тұжырымдалған. Кен-руда кәсіпорындарының электртехникалық қызметтері (ЭТК) персоналы білімінің базасын құрайтын, сұрақтар жүйесі ($CЖ$) мен жауаптар жүйесінің ($ЖЖ$) үш өлшемді жинақтары енгізілген. C , $CЖ$ және $ЖЖ$ жеке өкілдердің және жалпы алғанда ЭТК жеке өкілдерінің эталондық білімінің математикалық модельдерін құру міндетін қоюға мүмкіндік береді. R -дің мақсатты функцияға C тәуелділігі шығарылған. Тау-кен-руда кәсіпорындарының электртехникалық қызметтері персоналының білімін бағалау механизмі ұсынылған.

ЭОЖ 656.2(073):658.7. МУРЗАБЕКОВА К.А. **Ірі масштабты көлік жобаларын бағалау модельдерінің жүйесі.**

Сипатталған модельдер жүйесінің эмпирикалық-қолданбалы сипаты бар, сондықтан оны қолданғанда интуиция және сарапшылардың субъективті пікірлері үлкен роль атқарады. Объектінің бәсекелесетін нұсқаларының функционалдық сипаттамалары арасындағы айырмашылықтар проблеманы құрайды, ал оны шешудің аса тиімді нұсқасы ең қолайлы тұтас «проблеманы шешуге арналған жүйені» - элементтерінің сәйкес жинағы және олардың арасында байланысы бар жаңа темір жолды анықтайды. Мұндай амал қалаулы қасиеттері бар объектілерді конструкциялау үшін кең мүмкіндіктер береді. Сонымен бірге жүйе сол немесе басқа қасиеттерді, жобалау объектісінің сипаттамаларын білдіретін, өзара байланысқан айнымалылар жинағы ретінде түсіндіріледі. Бұл түсіндіруде жүйе ұғымы модель ұғымымен түйіспейді. Модельдердің тек кешенді талдау құралы ғана емес, сонымен бірге жобалау мен бағалау объектілерін көп аспектілі, интегралдық синтездеу құралы ретінде берілетінін атап көрсеткен маңызды болады.

there is going on the process of their equipping with automated information systems of making decision support (SPPR) for managing technological and organizational processes of STM using and designing. Specific character of STM managing system architecture comes out of the scale spreading its technological objects. This specificity predetermines a multi-level approach to the control systems building. Each level of managing is corresponded by one or several technological objects of managing. Informational graphical system (IGS) TGID is an automated information system of the first level of STM managing. IGS TGID presents an example of integration: automated information system, data based on geographical information, STM data and system of imitation modeling of STM operation static thermal hydraulic modes. As a result, IGS TGID information space is presented by several subbases.

UDC 622.232.72.001.24-52. PARSHINA G.I., FESHIN B.N. **Criteria of Estimating Knowledge Quality of Ore Mining Enterprise Electric Complexes Engineering Services Personnel.**

There are considered the criteria of estimating knowledge quality R of electric power engineering services ensuring efficient functioning of electric equipment at coal mines production units. With the aim of R determining there are selected perspective variants of electric power engineering complexes (EPEC) of coal mine production units. There are formulated 24 target functions C of EPEC managing, introduced three-dimension set of questions system (QS) and answers system (AS) constituting the knowledge base of electric power engineering services personnel of ore mining enterprises. C , QS and AS permit to pose the problem of building mathematical models of reference knowledge of individual representatives and EPEC on the whole. There is derived R dependence on the target function C . There is suggested a mechanism of estimating electric power services personnel of ore mining enterprise.

UDC 656.2 (073):658.7. MURZABEKOVA K.A. **System of Large-Scale Transport Projects Estimation Models.**

The system of models described has an empiric-and-applied character, that's why when using it there is a great role played by intuition and experts' subjective opinions. The difference between the functional characteristics of competitive variants of the object poses a problem, and the most effective variant of its solving defines the preferable integrated "system for problem solving", a new railway with the corresponding set of elements and connections between them. Such an approach gives wide possibilities for structuring objects with desired properties. Besides, the system is understood as an integrity of interconnected variables presenting some properties, designed object characteristics. In this treating the concept "system" practically comply with the concept "model". It's important to emphasize that the models are presented as an instrument not only for complex analysis but of multi-aspect integral synthesis of the objects of planning and estimating.

объектов проектирования и оценки.

УДК 331.4(574). АЛЕКСЕЕВ В.Г., ЖАЛКОВСКИЙ В.В., НАМАНБАЕВА Ж.А., АЛЕКСЕЕВА Т.М., ШАРИПОВА С.А.

Разработка комплексного исследования опасности производственной среды и управления профессиональными рисками.

Реалии современного общества требуют взглянуть на проблему управления профессиональными рисками по-новому. Наряду с изучением организационных возможностей снижения профессиональных рисков, предлагается учитывать такие новые механизмы управления безопасностью труда, как обязательное страхование профессиональных рисков, самостоятельность предприятий в определении стратегии своей деятельности, региональные рычаги влияния на состояние охраны труда. Актуальность работы определяется как перманентной актуальностью проблемы безопасности труда на предприятиях, так и появлением новых возможностей в управлении профессиональными рисками, до настоящего времени системно не исследовавшихся в науке. В целом решаемая научная проблема включает в себя ключевые аспекты концепции сохранения трудового потенциала страны и повышения эффективности его использования.

УДК 621.315.616.9039.83. БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х. **Распределение напряженности электрического поля в высоковольтных кабелях с изоляцией из полиимидов алициклического строения.**

Приведены параметры электрического кабеля, рассчитанные с новой изоляцией из полиимидов алициклического строения (ПИФАБ) на 500 кВ с разными сечениями и показаны для сравнения габаритные размеры кабелей на такое же напряжение с изоляцией из сшитого полиэтилена. Рассчитаны распределения напряженности электрического поля. Установлено, что толщина изоляции кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФАБ, почти в 3 раза меньше, чем при изоляции из сшитого полиэтилена. Это соответствует изменению веса и габаритов кабеля также в 3 раза. Напряженность электрического поля кабеля у жилы имеет максимальное значение, близкое к допустимой рабочей напряженности. Распределение напряженности по толщине изоляции соответствует общепринятым закономерностям.

УДК 669.777: [546.244+536.63]. РУСТЕМБЕКОВ К.Т. **Калориметрия нового дителлуритоцинката кальция.**

Впервые твердофазным способом из оксидов теллура (IV), цинка и карбоната кальция синтезирован новый теллурид кальция-цинка. Индивидуальность соединения контролировалась методами рентгенофазового и химического анализов. Методом динамической калориметрии в интервале 298,15–673 К исследована изобарная теплоемкость, на основе которой выведены уравнения зависимости $\dot{N}_0 \sim f(T)$ и определены термодинамические функции. На графике зависимости $\dot{N}_0 \sim f(T)$ при 348 и 473 К обнаружены резкие аномальные скачки, связанные, вероятно, с фазовыми переходами второго рода. Наличие фазового перехода II-рода на кривой теплоемкости дает возможность предложить что данное соединение может обладать уникальными электрофизическими свойствами. Результаты исследований могут представлять интерес для направленного синтеза халькогенидов с заданными свойствами, физико-химического моделиро-

УДК 331.4(574). АЛЕКСЕЕВ В.Г., ЖАЛКОВСКИЙ В.В., НАМАНБАЕВА Ж.А., АЛЕКСЕЕВА Т.М., ШАРИПОВА С.А. **Өндірістік ортаның қауіптілігін кешенді зерттеу және кәсіптік қауіп-қатерлерді басқару әзірлемесі.**

Қазіргі қоғамның ақиқаты кәсіптік қауіп-қатерлерді басқару проблемасына жаңаша қарауды талап етеді. Кәсіптік қауіп-қатерлерді азайтуды ұйымдастыру мүмкіндіктерін зерделеумен қатар, еңбек қауіпсіздігін басқарудың кәсіптік қауіп-қатерлерді міндетті сақтап қалдыру, кәсіпорындардың өз қызметінің стратегиясын анықтаудағы дербестілігі, еңбек қорғау жағдайына әсер етудің аймақтық рычагтары сияқты жаңа механизмдерін есепке алу ұсынылады. Жұмыстың маңыздылығы кәсіпорындарда еңбек қауіпсіздігі проблемасының перманентті маңыздылығы ретінде де, кәсіптік қауіп-қатерлерді басқаруда осы уақытқа дейін ғылымда жүйелі зерттелмеген кәсіптік қауіп-қатерлердің пайда болуымен де анықталады.

УДК 621.315.616.9039.83. БЕКМАГАМБЕТОВА К.Х. **Алициклді құрылымды полиимидтерден жасалған оқшауламасы бар жоғары вольтты кабельдерде электр өрісінің кернеулілігін үлестіру.**

Әртүрлі қималары бар 500 кВ-қа арналған алициклді құрылымды полиимидтерден (ПИФАБ) жасалған жаңа оқшауламамен еселтелген электр кабелінің параметрлері келтірілген және салыстыру үшін тігілген полиэтиленнен жасалған оқшауламасы бар сондай кернеуге арналған кабельдердің габариттік өлшемдері көрсетілген. Электр өрісі кернеулігін үлестіру еселтелген. ПИФАБ полиимидті пленкасымен оқшауланған кабель оқшауламасының қалыңдығы тігілген полиэтиленнен жасалған оқшаулама болған кездегіге қарағанда 3 есе дерлік кем болатыны анықталған. Бұл сәйкесінше кабельдің салмағы мен габариттерін сондай-ақ 3 есе өзгерттеді. Кабельдің электр өрісі кернеулілігінің талшықтың жағында мүмкін жұмыс кернеулілігіне жақын максимум мәні болады. Кернеуліліктің оқшаулама қалыңдығы бойынша үлестірілуі жалпы қабылданған заңдылықтарға сәйкес келеді.

УДК 669.777: [546.244+536.63]. РУСТЕМБЕКОВ К.Т. **Жаңа кальций дителлуритцинкатының калориметриясы.**

Алғаш рет теллур (IV), мырыш және кальций карбонаты оксидтерінен қатты фазалы тәсілмен жаңа кальций-мырыш теллуридті синтезделген. Қосылыстың даралығы рентген-фазалық және химиялық талдау әдістерімен бақыланды. 298,15–673 К интервалында динамикалық калориметрия әдісімен изобаралық жылу сыйымдылығы зерттелген, оның негізінде $C_p \sim f(T)$ тәуелділігінің теңдеулері шығарылған және термодинамикалық функциялар анықталған. $C_p \sim f(T)$ тәуелділігі графигінде 348 және 473 К болғанда екінші текті фазалық әрекеттермен байланысты күрт аномальды өзгерістер байқалған. Жылу сыйымдылығы қисығында II-текті фазалық әрекеттің бар болуы берілген қосылыс бірегей электрофизикалық қасиеттерді иелене алатынын ұсыну мүмкіндігін береді. Зерттеулер нәтижелері берілген қасиеттері бар халькогенидтерді бағытталған синтездеу, теллур қосылыстарын қатыстырып химиялық және металлургиялық процестерді физика-химия-

УДК 331.4(574) ALEKSEYEV V.G., ZHALKOVSKI V.V., NAMANBAYEVA Zh.A., ALEKSEYEVA T.M., SHARIPOVA S.A. **Developing Complex Studying of Production Environment Danger and Professional Risks Managing.**

The realities of modern society require to look at the problem of professional risks managing in a new way. Alongside with studying organizational possibilities of professional risks decreasing, there is suggested to take into consideration such new mechanisms of professional safety managing, as compulsory insurance of professional risks, enterprises independence in defining its activities strategy, regional levers of influencing professional safety. The work urgency is defined both by permanent urgency of professional safety problem at enterprises and new possibilities occurrence in professional risks managing, which till nowadays were not systematically studied in science. On the whole, the scientific problem contains the key aspects of the country labor potential preserving and its use effectiveness increasing.

UDC 621.315.616.9039.83. BEKMAGAMBETOVA K.Kh. **Electric Field Intensity Distribution in High-Voltage Cables with Insulation of A cyclic Structure Polyimide.**

There are presented parameters of an electric cable calculated with new insulation of acyclic structure polyimide (PIFAB) for 500 kV with different sections and shown for comparison cables overall dimensions for the same voltage with insulation of stitched polyethylene. There are calculated the distribution of the electric field intensity. It's established that the cable insulation thickness of polyimide film PIFAB is almost 3 times lower than with stitched polyethylene insulation. This also 3 times changes the cable weight and dimensions. The cable electric field intensity at the vein has the maximum value close to the allowed working intensity. Intensity distribution on the insulation thickness corresponds to the common laws.

UDC 669.777: [546.244+536.63]. RUSTEMBEKOV K.T. **Calorimetry of New Calcium Ditetellurite-Zincate.**

For the first time by the three-phase method from tellurium oxides (IV), zinc and calcium carbonate there was synthesized a new calcium-zinc tellurite. The individuality of the compound was controlled by the methods of X-ray phase and chemical analysis. By the method of dynamic calorimetry in the range of 298.15 to 673 K there was studied the isobar heat capacity, on the base of which there were derived the equations of dependence $C_p - f(T)$ and determined thermal dynamic properties. On the graph of dependence $C_p - f(T)$ at 348 and 473 there were revealed sharp abnormal jumps, probably connected with the second type phase transfer. Presence of the second type phase transfer on the heat capacity curve permits to suggest that this compound can possess unique electric-physical properties. The results of the studies can be of interest for the directed chalcogenites with preset properties, physical-and-chemical modeling of chemical and metallurgical processes with participation of tellurium compounds. For the first time obtained

вания химических и металлургических процессов с участием соединений теллура. Полученные впервые термодинамические данные нового теллурида кальция-цинка могут служить исходными данными для фундаментальных справочников и информационных банков по термодинамическим константам неорганических веществ.

УДК 622.711. ХМЫРОВА Е.Н. **Разработка мониторинга технического состояния сооружений на основе современных высокоточных маркшейдерско-геодезических приборов.**

Целью мониторинга путем проведения систематического маркшейдерско-геодезического контроля является обеспечение надежности, безопасности и функциональной пригодности и эксплуатируемых сооружений; анализ напряженного состояния, деформаций и перемещений конструкций; наблюдения за общими деформациями и трещинами отдельных элементов эксплуатируемых сооружений. Методика обработки и анализ результатов мониторинга включает комплексные инструментальные маркшейдерско-геодезические измерения различных параметров сооружений, учитывая их конструктивные особенности. Система маркшейдерско-геодезического мониторинга основана на инструментальных геодезических наблюдениях за смещениями и деформациями контрольных наблюдаемых точек и за пространственными изменениями сооружений в целом. Для проведения мониторинга и комплексной оценки технического состояния сооружений использовались электронные высокоточные современные геодезические приборы. По результатам геодезических измерений выполнялась оценка точности в каждой серии наблюдений. Производство систематических наблюдений осуществлялось **лазерным сканером Scanstation**, который позволяет повысить скорость работ и уменьшает трудозатраты на полевые работы.

лық модельдеу үшін қызығушылық білдіруі мүмкін. Алғаш рет алынған кальций-мырыштың жаңа теллуридтің термодинамикалық деректері органикалық емес заттардың термодинамикалық константалары бойынша маңызды анықтамалықтар мен ақпараттық банктер үшін бастапқы деректер болуы мүмкін.

ӘОЖ 622.711. ХМЫРОВА Е.Н. **Қазіргі заманғы жоғары тоқты маркшейдерлік-геодезиялық аспаптар негізінде ғимараттардың техникалық жағдайының мониторингін әзірлеу.**

Жүйелі маркшейдерлік-геодезиялық бақылау жолымен мониторинг жүргізудің мақсаты пайдаланылатын ғимараттардың сенімділігін, қауіпсіздігін және функционалдық жарамдылығын қамтамасыз ету; конструкциялардың кернеуленген күйін, деформациялары мен орын ауыстыруын талдау; пайдаланылатын ғимараттардың жеке элементтерінің жалпы деформацияларын және жарықшақтарын бақылау болып табылады. Мониторинг нәтижелерін өңдеу және талдау әдістемесіне конструкциялық ерекшеліктерін есепке алғанда, ғимараттардың әр түрлі параметрлерін кешенді аспаптық маркшейдерлік-геодезиялық өлшеу кіреді. Маркшейдерлік-геодезиялық мониторинг жүйесі бақыланатын бақылау нүктелерінің ығысулары мен деформацияларын және жалпы алғанда ғимараттардың кеңістіктік өзгерістерін аспаптық геодезиялық бақылауға негізделген. Ғимараттардың мониторингін және техникалық жағдайын кешенді бағалау жүргізу үшін қазіргі заманғы жоғары тоқты геодезиялық аспаптар пайдаланылды. Геодезиялық өлшемдер нәтижелері бойынша әрбір бақылау сериясында дәлдікті бағалау орындалды. Жүйелі бақылау жүргізу жұмыстардың жылдамдығын арттыруға мүмкіндік беретін және дала жұмыстарына еңбек шығындарын азайтатын Scanstation лазерлік сканерімен жүзеге асырылды.

thermal dynamic data of the new calcium-zinc tellurite can serve starting data for fundamental reference books and information banks on thermal dynamic constants of inorganic compounds.

UDC 622.711. KHYMYROVA Ye.N. **Developing Structures Technical Condition Monitoring Based on Modern High-Precision Surveying Geodesic Devices.**

The aim of monitoring by the way of carrying out systematic surveying-geodesic control is ensuring reliability, safety and functional workability of the structures used; stressed-and-strained state analysis and structures movement; observing general deformations and cracks in individual elements of the structures used. The methodology of processes and analyzing the results of monitoring includes complex instrumental surveying-geodesic measuring of structures different parameters taking into account their structural characteristics. The system of surveying-geodesic monitoring is based on instrumental geodesic observations of sheering and deforming of the control observed points and of the space changes of the structures technical condition on the whole. For carrying out monitoring and complex assessment of the structures there were used electronic high-precision modern geodesic devices. By the results of geodesic measuring there was carried out the estimation of accuracy in each series of observations. Systematic observations were carried out by a laser scanner Scanstation which permits to increase the working speed and to decrease labor intensity for the field operations.

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагается электронная версия статьи на CD-диске, направление организации. Приводится аннотация на русском языке, указывается индекс УДК. Обязательно наличие краткого реферата, состоящего не менее чем из **7 предложений** на русском и английском языках. Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через **1,5 интервала** (между строками 6 мм) на одной стороне листа форматом 210x297 мм; страницы нумеруются. Текст необходимо набирать в редакторе Word 2000 либо Word 2003 (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 2000, Word 2003, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP.

Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегель) 14. Если рисунок отсканирован, вся текстовая часть рисунка должна быть набрана на компьютере и доступна для редактирования, написанные от руки обозначения в рисунках не допустимы.

Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегель) 14.

Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType, шрифт (кегель) 10, формат объекта 100%. Сканированные формулы не допускаются.

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, не более 7) 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.

республикалық

журнал

республиканский

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

2010. №2. 123 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

Р.С. Искакова, Б.А. Асылбекова, К.К. Сагадиева

Аудармашылар — Переводчики

А.С. Қордабаева, Н.М. Драк

Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка

М.М. Утебаев, У.Е. Алтайбаева

Басуға қол қойылды

25.06.2010

Подписано в печать

Пішімі

60×84/8

Формат

Көлемі, б.т.

15,5

Объем, п.л.

Таралымы

500

Тираж

Тапсырыс

4524

Заказ

Индексі

75857

Индекс

Келісімді баға

Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции

100027, г. Караганда, б. Мира, 56. E-mail: rio_kstu@mail.ru.

