

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

✻ 3 (40)
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.	ректор, академик НАН РК, д-р хим. наук, проф. (председатель)
Акимбеков А.К.	профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, д-р техн. наук
Ахметжанов Б.А.	зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.
Байджанов Д.О.	профессор кафедры технологии строительных материалов и изделий, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
Бакиров Ж.Б.	зав. кафедрой механики, д-р техн. наук, проф.
Брейдо И.В.	зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, чл.-кор. КНАЕН, д-р техн. наук, проф.
Ермолов П.В.	зав. лабораторией ИПКОН, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук, проф.
Жумасултанов А.Ж.	профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук
Исагулов А.З.	первый проректор, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф. (ответственный за выпуск)
Климов Ю.И.	профессор кафедры систем автоматизированного проектирования, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.
Колесникова Л.И.	доцент кафедры экономической теории, канд. экон. наук
Малыбаев С.К.	профессор кафедры промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.
Низаметдинов Ф.К.	зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.
Нургужин М.Р.	зам. председателя правления АО «Национальный научно-технологический холдинг «Самгау», академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.
Пак Ю.Н.	руководитель группы ГОС, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.
Пивень Г.Г.	почетный ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
Портнов В.С.	начальник Учебно-методического управления, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
Смирнов Ю.М.	зав. кафедрой физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
Тутанов С.К.	зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.
Фешин Б.Н.	профессор кафедры автоматизации производственных процессов, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)
Швоев В.Ф.	профессор кафедры технологии машиностроения, канд. техн. наук, доц.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	5
ГАЗАЛИЕВ А.М., БАЙЖУМИН Д.А. Научная деятельность академика А.С. Сагинова	5
КУЗНЕЦОВА Ю.А., КЕНЖИН Б.М., СМЕРНОВ Ю.М. Концепция развития дистанционного обучения в преподавании естественно-научных дисциплин в техническом вузе	7
САДАНОВА Б.М. Проектирование информационной системы с использованием онтологии предметной области в рамках обучающего Web-портала	10
РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	13
БӘКІРОВ Ж.Б., ТӘҢІРБЕРГЕНОВА А.Ә. Бөлшектердің ұзақ уақыт жұмыс жасауының ықтималдық есебі	13
ИСАГУЛОВ А.З., ШАРАЯ О.А., МЕЩАНОВА С.О., ИППОЛИТОВ С.В., РЯБИНИН С.В. Разработка методов поверхностного упрочнения металлических изделий	16
ШЕРОВ К.Т., ИМАШЕВА К.И., БАЙБУСИНОВ Е.А. Қиын өңделетін материалдарды импульсті салқындатумен термофрикционды өңдеу кезінде кесу режимдерінің орташа температураға әсер етуін ғылыми зерттеу	18
ИСАГУЛОВ А.З., БАЙСАНОВ А.С., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П. Анализ физико-химических условий восстановления марганца и железа	20
ЮЩЕНКО О.А. Имитационное моделирование динамических режимов электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования	23
КИМАНОВ Б.М. Исследование механизма фильтрационного рафинирования стали от растворённого кислорода	27
ХАРЧЕНКО Е.М., ЖУМАШЕВ К.Ж. Изучение реакций твердофазного восстановления меди железом из состава ортоарсената	30
КЫЗЫРОВ К.Б., ПОРТНОВ В.С., ТАТКЕЕВА Г.Г., БАЙКЕНЖИНА А.Ж. Неравновесная термодинамика угольного вещества	31
КИМ В.А., ТРЕБУХОВА Т.А., СЕРЕДЕНКО А.С. Перспективы развития бескоксовой металлургии	34
ТОКБУЛАТОВ Т.Е. Определение оптимальных условий флотации молибдена с применением вероятностно-детерминированного метода планирования эксперимента	36
РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.	42
ДЕМИН В.Ф., ПОРТНОВ В.С., ДЕМИНА Т.В., БАЛАБАС А.Ю. Автоматизированная среда для расчета параметров анкерного крепления выемочных выработок	42
БЕСИМБАЕВА О.Г., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., ДОЛГОНОСОВ В.Н. Расчет устойчивости откосов ограждающих дамб золоотвалов	45
БЕЙСЕМБАЕВ К.М. Неравновесное контактирование кровли с верхняками	48
ТАТКЕЕВА Г.Г. Теоретические аспекты метановыделения из угольных пластов	53
ҚАПАСОВА А.З. Ашық кеніш қиябеттерінің орнықтылығын есептеудің негіздері	55
ҚУАНЫШБЕКОВА А.А., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К. Ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігін бағалау және параметрлерін есептеу әдістері	58
ЖУМАБАЕВА С.Д. Проблемы экосистемы в контексте градостроительных подходов в расселении населения г. Актобе	61
ГАЗАЛИЕВ А.М., БАЙМУХАМЕТОВ Т.К., ФИЛИМОНОВ Е.Н., ТАТКЕЕВА Г.Г. Анализ эффективности использования вакуум-насосных станций на шахтах Карагандинского угольного бассейна	64
НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., УРДУБАЕВ Р.А., АНАНИН А. И., ОЖИГИНА С.Б. Методика оценки состояния и районирования бортов глубоких карьеров по фактору устойчивости	67
НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., УРДУБАЕВ Р.А., ОЖИГИНА С.Б. Модель базы данных маркшейдерского мониторинга состояния прибортовых массивов карьеров	70

РАЗДЕЛ 4. ТРАНСПОРТ. СТРОИТЕЛЬСТВО	72
ТОГИЗБАЕВА Б.Б. Критерии определения рациональных параметров бункеров при аккумулировании горной массы.....	77
МАЛЫБАЕВ С.К., ТОГИЗБАЕВА Б.Б. К вопросу полной выгрузки мелкодробленой рудной массы из бункера	82
НЭМЕН В.Н., ЛИТВИНЕНКО В.А., АДАМОВИЧ Д.О., ЗОЛотовСков М.И. Исследования армокирпичной переемычки.....	87
ШАРИПОВ С.М., ДАЛЕНОВА Н.А. Организация производства серных плиток с использованием местных сырьевых материалов	92
НУГУЖИНОВ Ж.С. Современные проблемы методологии обследования и оценки технического состояния железобетонных конструкций.....	97
ЕСЕНБАЕВА А.А., ЧЕРДАБАЕВ Б.А., ТКАЧ Е.В. Исследование процесса твердения фосфорного шлака при низкотемпературной дискретной тепловой обработке.....	102
КАСИМОВ А.Т. Аналитические решения задачи изгиба слоистой пластины под синусоидальной и распределённой нагрузками в уточненной постановке	107
НУГУЖИНОВ Ж.С., БОЖЕНОВ А.Ш. Получение аналитической зависимости секущего модуля бетона от момента, поперечного сечения и армирования.....	112
РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА. УПРАВЛЕНИЕ	117
БРЕЙДО И.В., ЮЩЕНКО О.А. Математические модели электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования.....	122
ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. Автоматизированные системы расчета электроснабжения добычных участков как основа безопасности жизнедеятельности угольных шахт	127
ДАЙЧ Л.И., СИЧКАРЕНКО А.В., ЛИСИЦЫН Д.В. Особенности построения системы управления 4-квadrантным электроприводом постоянного тока.....	132
КАВЕРИН В.В., ЭМ Г.А. Имитационное моделирование полупроводникового электропривода постоянного тока	137
ЭМ Г.А. Генераторные режимы четырехквadrантного тиристорного электропривода постоянного тока	142
АЙКЕЕВА А.А. Електрэнергетика жүйелерін компьютерлік жобалаудың тәсілдері	147
НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ	152
ТОКБУЛАТОВ Т.Е. Флотация молибденовой руды Саякского месторождения	157
БАЙКЕНЖИНА А.Ж. К теории образования выбросоопасных зон угольных пластов	162
ХРОНИКА Памяти Карасева Николая Ивановича.....	167
РЕЗЮМЕ	172
Правила оформления и представления статей.....	177

Раздел 1

Проблемы высшей школы

УДК 378.125.7

ГАЗАЛИЕВ А.М.
БАЙЖУМИН Д.А.

Научная деятельность академика А.С. Сагинова

Активная и плодотворная научная деятельность А.С. Сагинова пришлась на послевоенный период и совпала с мощным научно-техническим развитием в СССР. Работая начальником техотдела треста «Карагандауголь», А.С. Сагинов много внимания уделял вопросам научно-технического прогресса на шахтах, дальнейшему развитию шахтного фонда. В эти годы он понял необходимость научных методов решения практических задач горного дела. В 1947 г. А.С. Сагинов поступает в заочную аспирантуру, в апреле 1951 г. в Алма-Ате в Академии наук КазССР успешно защищает кандидатскую диссертацию на тему: «Современное состояние методов разработки пологопадающих тонких и средней мощности пластов Карагандинского бассейна, их анализ и перспектива развития» и стал в Караганде третьим горным инженером, защитившим кандидатскую диссертацию.

Научные изыскания будущего академика определили его судьбу как ученого в области

интенсификации угледобычи в Карагандинском угольном бассейне. В сентябре 1951 г. он был назначен директором Карагандинского филиала Всесоюзного научно-исследовательского угольного института (ВУГИ). Здесь А.С. Сагинов сразу добился создания самостоятельного угольного института в Караганде – в 1952 г. на базе местных филиалов институтов ВУГИ и ВостНИИ был создан Карагандинский научно-исследовательский угольный институт – КНИУИ [1].

В институте А.С. Сагинов занимался серьезными проблемами совершенствования средств механизации производства и организации труда, разработки месторождений, эффективного использования новой техники и технологий в угольном бассейне. Специалисты и ученые продолжают высоко оценивать его вклад в становление Карагандинского угольного бассейна – третьей угольной базы СССР. Он направил работу нового института на эффективное решение

ряда проблем освоения угольного бассейна. Под руководством А.С. Сагинова институтом были успешно решены крупные проблемы, связанные с разработкой угольных пластов. К примеру, при участии А.С. Сагинова были разработаны принципиально новые и эффективные методы предварительной дегазации, получившие в последующем широкое распространение в других угольных бассейнах [2].

В 1955 г. А.С. Сагинова назначили ректором Карагандинского горного института, образованного в 1953 году. Здесь ректор А.С. Сагинов в числе первых в 1967 г. защитил диссертацию на степень доктора технических наук. Докторская диссертация А.С. Сагинова – это исследование и совершенствование методов подземной разработки угольных пластов Карагандинского бассейна. Защитил он ее на ученом совете Московского горного института в 1967 г. В 1970-м был избран академиком АН Казахской ССР. Более полувека Абылкас Сагинович занимался проблемой повышения уровня концентрации горного производства, интенсификации очистных подготовительных работ. Его выводы обобщены в десятках монографий и научных статей.

Под руководством А.С. Сагинова Карагандинский политехнический институт стал крупным научным центром. Направления исследований расширились, охватывая не только горное дело, но и машиностроение, строительство, металлургию, автоматизацию, экологию, экономику, метрологию и др. При институте был создан ряд научно-исследовательских отраслевых и проблемных лабораторий, открыты многие научно-исследовательские лаборатории: в 1966 г. – поисковая лаборатория «Новые рабочие органы горных машин», в 1967 г. – проблемная лаборатория «Научные основы создания силовых систем для разрушения горных пород», в 1972 г. – отраслевая лаборатория «Робот» по биоэлектрическим системам и ряд других лабораторий, финансирование которых, в зависимости от значимости проводимых исследований и их направленности, осуществлялось из бюджета МВ и ССО КазССР, закрытых предприятий (почтовых ящиков) и из средств, выделяемых отраслевыми министерствами на научные изыскания.

К концу 80-х годов XX века при кафедрах, факультетах и научно-исследовательской части было создано 30 научно-исследовательских лабораторий. Все это позволило научно-исследовательской части института выйти в 1990 г. на наибольшие объемы финансирования в 6,0 млн. руб. и наибольшее количество научно-исследовательских тем.

Основной формой, посредством которой осуществлялся союз науки и производства, являлся договор о творческом содружестве. В течение 70-х годов в угольной промышленности научно-исследовательскими и проектными организациями ежегодно выполнялось в среднем примерно от 20 до 25 хоздоговорных работ, являвшихся составной частью договоров о содружестве [3].

Руководство вузом не мешало академику А.С. Сагинову осуществлять научно-организаторскую

работу на ведущей кафедре РМПИ. Этой кафедрой он руководил с 1955 по 1988 год. Им была создана научная школа по подземной разработке угольных месторождений, благодаря своим разработкам и трудам получившая широкую известность не только в СССР, странах СНГ, но и дальнем зарубежье. За работу по механике горных пород академику А.С. Сагинову вместе с академиком Ж.С. Ержановым и профессором Ю.А. Векслером в 1974 г. была присуждена Государственная премия КазССР в области науки и техники. Широко известна и научная школа по горной механике, которая разработала теоретические основы ряда новых процессов, создала высокоэффективные рабочие органы и машины. Научным руководителем ряда работ этой школы был также А.С. Сагинов. За создание нового класса гидроимпульсных машин в горном деле группе ученых во главе с академиком А.С. Сагиновым в 1986 г. была присуждена Государственная премия КазССР.

Абылкас Сагинович Сагинов также стоял у истоков создания Карагандинского отделения Академии наук Казахстана. Он был инициатором проведения в Караганде сессии Академии наук республики в 1983 г. на которой произошло окончательное рождение Центрально-Казахстанского отделения АН. В него вошли 13 ученых, в том числе академики АН Казахстана А.С. Сагинов и Е.А. Букетов.

Значительную часть научного творчества академика составляло международное сотрудничество. В 1986 г. А.С. Сагинов выступил в Чехословакии в городе Острава на II международной конференции ректоров горно-металлургических вузов социалистических стран с докладом «Укрепление связи с производством – основа повышения качества подготовки специалистов». Его доклад был воспринят с большим интересом: не каждый вуз технического профиля в Европе обладал опытом в этом направлении, имел свои филиалы кафедр на предприятиях, осуществлял ежегодную практику студентов на производстве.

Главным итогом научной деятельности А.С. Сагинова является установление на базе комплексных научных исследований рациональных способов подготовки систем разработки, их оптимальных параметров с учетом специфических условий отдельных районов и шахтопластов бассейна, совершенствование технологии проведения и способов поддержания подготовительных выработок, разработок научной методики определения параметров заилочных работ и профилактики эндогенных пожаров. Уточнены параметры нагнетания воды в угольные и породные массивы Карагандинского бассейна и установлен новый эффективный способ предварительного увлажнения горных пород путем нагнетания аэрозоля. Установлены основные направления роста производительности труда и снижения себестоимости добываемого угля, интенсификация за счет комплексной механизации очистных и подготовительных работ, повышение концентрации горных работ, рост нагрузки на лаву за счет ускорения

темпов подвигания очистной линии забоя, завершение процессов перехода широкозахватной на узкозахватную выемку. Содержащиеся в исследованиях выводы, рекомендации и предложения в значительной степени были апробированы научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями на производстве.

Дальнейшая научная деятельность академика продолжилась в рамках работы кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», а также в должности советника ректора КарПТИ. Он вел работу по подготовке научно-педагогических кадров – докторов и кандидатов наук. Однако его давней мечтой было создание в Караганде Института проблем комплексного освоения недр, который бы занимался решением таких основных проблем, как изучение недр, добыча и переработка минерального сырья и углеводородов, проведение экономического мониторинга горнодобывающей промышленности Казахстана. К этой заветной цели академик шел настойчиво и неустанно. И в 1991 г. по инициативе академика А.С. Сагинова и члена-корреспондента АН КазССР З.М. Мулдахметова (ныне академика НАН РК) в Караганде был создан новый научно-исследовательский Институт проблем комплексного освоения недр (ИПКОН). Директором нового института был назначен А.С. Сагинов.

Указом Президента РК Н.А. Назарбаева в декабре 1995 г. А.С. Сагинову присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники Республики Казахстан».

«Жизнь ученого заключается в трудах», – писал великий русский ученый К.А. Тимирязев. Научное наследие академика А.С. Сагинова огромно (около 400 наименований): 18 монографий, книги, учебные пособия и руководства, брошюры, более 50 изобретений, научные статьи, доклады. Круг его научных интересов весьма широк: от вскрытия и подготовки шахтных полей до вопросов безопасности технологических процессов, экономики и экологии. Только перечень научных трудов академика А.С. Сагинова составляет десятки страниц. Его научные труды обобщены в десятках книг, монографий, брошюр. Результаты исследований представлялись на международных конференциях по механике горных пород в Белграде, в Денвере, на III Национальном съезде по теоретической и прикладной механике в Варне. Родина высоко оценила заслуги А.С. Сагинова, наградив его двумя орденами Ленина, орденом Дружбы народов, медалями и Почетной грамотой Президиума Верховного Совета КазССР. В 1971 г. за большие заслуги

в развитии высшего образования и подготовке квалифицированных специалистов для народного хозяйства Абылкасу Сагиновичу Сагинову присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Под его научным руководством защищены 12 докторских и более 50 кандидатских диссертаций.

В последние годы жизни академик Абылкас Сагинов в мемуарах пытался подвести итоги своего большого и богатого жизненного пути как ученого, педагога, организатора промышленного производства и просто как личности. Он вспоминает о том, как в журнале «Военный вестник» за 1928 г. его внимание привлекла статья французского историка А. Матьеа «Как победила французская Революция». Из этой статьи он выписывает цитату на нужную ему тему: «Теоретическая и практическая наука тесно связаны. Разделять их могут только все упрощающие и ограниченные умы. Ученый, который поощряет только приложения науки, в конечном счете работает во вред самому себе». На той же странице блокнота он записывает и мысли короля английской химической промышленности, идеолога промышленного мира Альфреда Монда: «Теории, которые казались понятными только сверхматематику, стали орудиями, благодаря которым теперь разрешаются трудности, встречающиеся в заводской практике» [4].

Сам Абылкас Сагинович Сагинов никогда не создавал себе кумиров, тем более не стремился им стать, но нам думается, что жизнь Абылкаса Сагиновича Сагинова – это не только история горной науки, но и часть истории нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинчук Д. Заповеди академика Сагинова // Индустриальная Караганда, 2000. 23 дек. С. 4.
2. Сагинов А.С. О пройденном пути... Караганда, 2005. С. 154.
3. ГАКО. Ф.1 Оп. 33. Д.136. Л. 13.
4. Могилянский В. Институт смелых устремлений // Вести Сарыарки. Караганда, 2007. 25 сент. (№ 37). С. 11.

УДК 358.5-50

КУЗНЕЦОВА Ю.А.,
КЕНЖИН Б.М.,
СМИРНОВ Ю.М.**Концепция развития дистанционного обучения
в преподавании естественно-научных дисциплин
в техническом вузе**

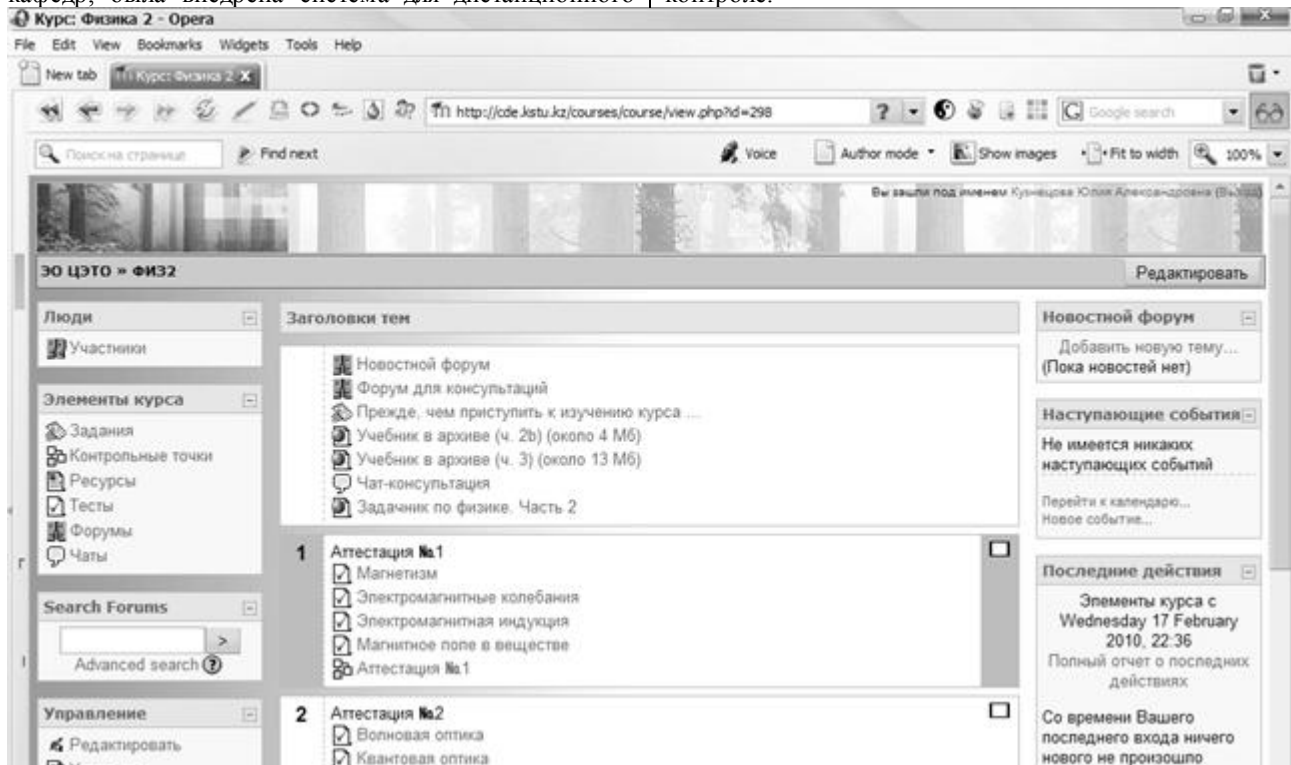
В 1999 г. в Законе РК «Об образовании» [1] дистанционное образование в Казахстане было определено как новая, особая форма обучения. Именно в этом документе дистанционные образовательные технологии были определены как «технологии обучения, осуществляемые с применением информационных и телекоммуникационных средств при опосредствованном (на расстоянии) или не полностью опосредствованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника». Безусловно, новая форма обучения заинтересовала ведущие вузы Казахстана и постепенно стала внедряться сначала в качестве эксперимента, в том числе в Карагандинском государственном техническом университете (КарГТУ) в 2002 г.

На кафедре физики КарГТУ, по опыту других кафедр, была внедрена система для дистанционного

образования MOODLE (модульная объектно-ориентированная учебная система).

В данной системе созданы курсы по дисциплинам «Физика 1» и «Физика 2» для студентов всех специальностей. Как видно из рисунка, в созданных курсах студент имеет возможность получить весь материал, необходимый для полноценного изучения курсов – изучить теорию, выполнить контрольные и лабораторные работы, проверить полученные знания [2].

Общение студентов с преподавателем осуществляется посредством системы форумов и обмена сообщениями. Помощь студенту оказывается в режиме реального времени при его участии в чат-консультациях. Для контроля знаний студент проходит тестирование, результаты которого учитываются при выставлении оценки на рубежном контроле.



Структура курса «Физика 2»

Внедрение обучающих курсов в системе MOODLE позволило существенно поднять уровень дистанционного обучения. Созданные курсы успешно работают уже много лет, но и в этом направлении «нет пределов совершенству». Поэтому курсы регулярно дорабатываются, дополняются электронными обучающими средствами, совершенствуется и методика обучения.

В 2009 г. в Республике Казахстан вышел новый Государственный стандарт «Организация дистанционного обучения. Основные положения» (ГОСО РК 5.03.004-2009) [3].

В связи с этим пересмотрены некоторые положения обучения студентов дистанционной форме обучения, и для реализации государственной программы по информатизации образования и

развитию дистанционного обучения была разработана «Концепция развития ДО на кафедре физики Кар ГТУ».

При разработке такой концепции необходимо было принимать во внимание специфику преподавания естественно-научных дисциплин, в частности дисциплины «Физика». В первую очередь, она проявляется в обеспечении наглядности, четкой структурированности и логичности учебного материала, его доступного изложения, осуществлении практических и лабораторных занятий. Если сюда еще добавить и общие особенности дистанционного обучения, обусловленные коммуникационными факторами, и, как следствие, специфичностью педагогического общения, максимальным количеством времени, отводимым на самостоятельную работу, то встаёт вопрос и о методике преподавания, и о достойной оснащенности этого вида обучения.

Цель планируемого развития

Основной целью, достигаемой в результате планируемого развития, является качественная и всесторонняя подготовка студента по заочной и дистанционной формам обучения соответствующего уровня, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности, удовлетворение потребностей личности в получении соответствующего образования.

Задачи планируемого развития

К основным задачам, решение которых будет способствовать достижению поставленной цели, относятся:

1. Повышение уровня организации самостоятельной работы студентов заочной и дистанционной форм обучения в межсессионный период, как основного вида работы, путём более глубокой индивидуализации контрольных заданий, использования компьютерных методических средств для самоконтроля и подготовки к успешной сдаче сессии;

2. Обеспечение студентов учебниками, учебными пособиями, методическими указаниями (в том числе электронными) по изучению дисциплин согласно учебным планам в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования;

3. Повышение роли и обеспечение надлежащего качества дистанционных методов обучения при подготовке специалистов по заочной форме, что позволит повысить эффективность учебной работы со студентами во время проведения экзаменационных сессий и оказать существенную помощь студенту при работе по освоению материала в период между сессиями.

Учебная и методическая работа

1. Разработка и издание электронных учебных ресурсов регулируется Государственным стандартом

РК 34.017-2005 «Информационные технологии. Электронное издание. Электронное учебное издание» [4].

2. Эффективность самостоятельной работы студентов ФЗДО в межсессионный период определяется, в первую очередь, обеспеченностью методической литературой. Поэтому необходимо продолжить работу по переработке старых и созданию новых электронных учебных ресурсов, сделав их, с одной стороны, более содержательными, понятными и привлекательными для студентов, с другой стороны – разработать более качественные материалы для самоподготовки и самоконтроля знаний студентов.

3. Теоретический материал по физико-математическим дисциплинам изобилует математическими формулами и системами доказательств, сложными для самостоятельного усвоения. Этим определяется необходимость создания интерактивных курсов мультимедиа-лекций и использования демонстрационного материала (мультимедийные презентации, видеолекции).

Применение компьютерных технологий позволяет создавать качественные видеозаписи лекционных демонстраций, компьютерные лабораторные работы и практикумы, имитационные анимационные модели физических явлений и процессов, необходимые для понимания их сущности. Особенно важно их применение в тех случаях, когда нельзя непосредственно осуществить реальный эксперимент.

4. Разработать основные положения программно-ориентированного обучения студентов заочной и дистанционной форм обучения.

5. Разработать методику анкетирования студентов с целью объективного установления их профессиональных интересов и навыков.

6. При разработке учебно-методических материалов необходимо учитывать профессиональные интересы будущего специалиста и требования к уровню его подготовки со стороны работодателя.

7. Выдавать своевременно студентам заочного отделения на установочных сессиях учебные планы, методические разработки для самостоятельного изучения отдельных тем, выполнения контрольных и курсовых работ в межсессионный период.

8. Обратить внимание на организационные вопросы, предусматривающие составление рационального графика индивидуальной работы студентов, обучающихся по ДОТ, в межсессионный период.

9. Применять в учебном процессе технические средства и программное обучение, модульный метод и тестовый контроль знаний студентов.

10. Отдельно предусматривать консультации студентов заочной формы обучения по программе подготовки к прохождению промежуточного государственного контроля (ПГК).

Развитие материальной базы

Материально-техническая база факультета заочного обучения и кафедр, в частности, играет особую роль в процессе подготовки специалистов. Поэтому необходимо:

1. Полнее использовать компьютерный видеозал кафедры для проведения чат-консультаций, общения по электронной почте посредством портала ДО, проведения компьютерного тестирования для рубежного контроля.

2. Оснастить специализированные аудитории в необходимом количестве компьютерами с подключением к интернету, ноутбуками, факсом, мультимедийным проектором и экраном для обеспечения образовательного процесса по дистанционной технологии.

3. Оборудовать стенд с соответствующими материалами по обучению студентов на 2 курсах ФЗДО.

Основные мероприятия, планируемые по развитию заочного и дистанционного обучения на кафедре физики на период до 2012 г.:

1. Продолжить работу над созданием электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) по всем специальностям на государственном и русском языках, включающие в себя все необходимые для самостоятельной работы студента нормативные, методические, учебные, информационные материалы и средства.

2. Организовать работу над созданием и использованием в учебном процессе электронных

учебников и учебных пособий, тренинговых компьютерных программ, тестирующих комплексов.

3. Обеспечить обучение профессорско-преподавательского состава методике преподавания ДО на соответствующих курсах повышения квалификации.

4. Обеспечить оформление контрольных и лабораторных работ в компьютерном варианте.

5. Обеспечить возможность высылать студентам-заочникам различные задания по электронной почте или посредством образовательного портала ДО КарГТУ.

6. Создать дополнительные компьютерные классы с современным программным обеспечением для выхода в Интернет и на сервер университета для ознакомления с электронным каталогом библиотеки.

Представленная концепция не является догмой, отдельные пункты и положения должны регулироваться в соответствии с профилем вуза, его традициями, квалификацией преподавателей. Однако авторы убеждены, что предлагаемый подход к совершенствованию дистанционного обучения на кафедре значительно повысит эффективность изучения одного из базовых курсов технических дисциплин – курса физики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Казахстан «Об образовании» № 319-III.
2. Кузнецова Ю.А., Смирнов Ю.М. Электронный обучающий комплекс // Тр. Ун-та. 2009. № 3. С. 5-8.
3. Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан «Организация дистанционного обучения. Основные положения» (ГОСО РК 5.03.004-2009).
4. Государственный стандарт РК 34.017-2005 «Информационные технологии. Электронное издание. Электронное учебное издание».

УДК 004:82
САДАНОВА Б.М.

Проектирование информационной системы с использованием онтологии предметной области в рамках обучающего Web-портала

Сфера образования становится все более открытой, сложной и дифференцированной: появляются новые образовательные технологии, возникают новые формы образования, все чаще встает вопрос о новых способах сертификации полученного образования. Обучение с помощью электронных информационных технологий – e-learning – прочно закрепилось в мире как относительно новая, удобная и современная форма получения образования с помощью открытой интернет-среды, основанная на использовании информационных технологий, обеспечивающих обмен учебной информацией на расстоянии и реализующих систему сопровождения и администрирования учебного процесса.

Предлагаемая информационная система базируется на объединении методов искусственного интеллекта и Интернет-технологий. Основой для информационной системы, работающей со знаниями, служит онтология предметной области. Различные функции системы могут использовать онтологию для своих нужд. Например, используя онтологию, подсистема работы с документами может в

автоматическом режиме или при помощи пользователя составить семантическое описание нового документа при его добавлении в репозиторий. Подсистема поиска, получив запрос пользователя и обратившись к онтологии, выделит в нем знакомые понятия, на основе их взаимоотношений определит текущий контекст и составит семантическое описание запроса. Далее этот семантический образ будет сопоставлен с описаниями информационных ресурсов системы, в результате чего подходящие под запрос ресурсы будут представлены пользователю. Подсистема документооборота может использовать семантические описания различных процессов создания и обработки документации (*workflow*) для того, чтобы на конкретном этапе сотруднику, выполняющему определенные функции, предоставлять важную для него информацию, найденную также при помощи онтологии. Каждый информационный ресурс должен получить описание, выражающее его семантику в явной форме. Семантика ресурса может быть выражена в понятиях онтологии и записана при помощи какого-либо языка

представления знаний (DAML+OIL, OWL). В дальнейшем на основе этих описаний будет выполняться семантический поиск информации в системе.

На сегодняшний день наиболее зрелой методологией проектирования онтологий является методология On-To-Knowledge. Согласно методологии On-To-Knowledge процесс создания онтологии состоит из последовательных этапов *анализа целесообразности, начального проектирования, детальной разработки онтологии, тестирования и оценки модели, сопровождения и развития онтологии*. На основании анализа этих этапов можно выделить основные задачи построения онтологии:

- 1) определение целей онтологии и требований к ней;
- 2) анализ предметной области:
 - a. описание процессов, протекающих в компании;
 - b. описание должностных обязанностей сотрудников компании;
 - c. разработка сценариев использования системы на базе онтологии;
 - d. определение вопросов компетенции системы;
- 3) составление инструкций по разработке онтологии;
- 4) составление списка источников знаний;
- 5) выбор стартовой онтологии (базовой таксономии) из доступных;
- 6) сбор информации:
 - a. анкетирование и интервьюирование экспертов;
 - b. сбор документов, относящихся к предметной области;
- 7) обработка информации, выделение понятий и отношений:
 - a. лингвистический и статистический анализ документов;
 - b. анализ, проводимый инженерами знаний;

8) расширение стартовой онтологии выделенными понятиями и отношениями;

9) формальное описание онтологии в терминах языка представления знаний;

10) тестирование онтологии:

- a. проверка полученной модели на соответствие спецификации;
- b. тестирование макета онтологии представителями заказчика;
- c. составление списка критических замечаний и предложений;

11) выполнение задач, необходимых для устранения выявленных недостатков;

12) сопровождение онтологии – поддержание модели в актуальном состоянии.

На основании информации об этапах разработки онтологии и выделенных задач проектирования можно предложить следующую функциональную модель системы для построения онтологий (рисунок 1).

Далее рассмотрим описание информационной системы, которая обеспечивает работу с онтологией и ее использование в рамках обучающего WEB-портала. Информационная система проектируется в виде многоуровневого Web-приложения. Это связано с тем, что круг пользователей системы широк и они нуждаются в удаленном доступе к информационной системе.

Ядром системы является сервер онтологии (рисунок 2). Сервер онтологии содержит модули, связанные с созданием и использованием онтологии:

- модуль, обрабатывающий поисковые запросы к онтологии;
- модуль, связанный с построением объектной модели онтологии;
- модуль, реализующий механизм логического вывода;

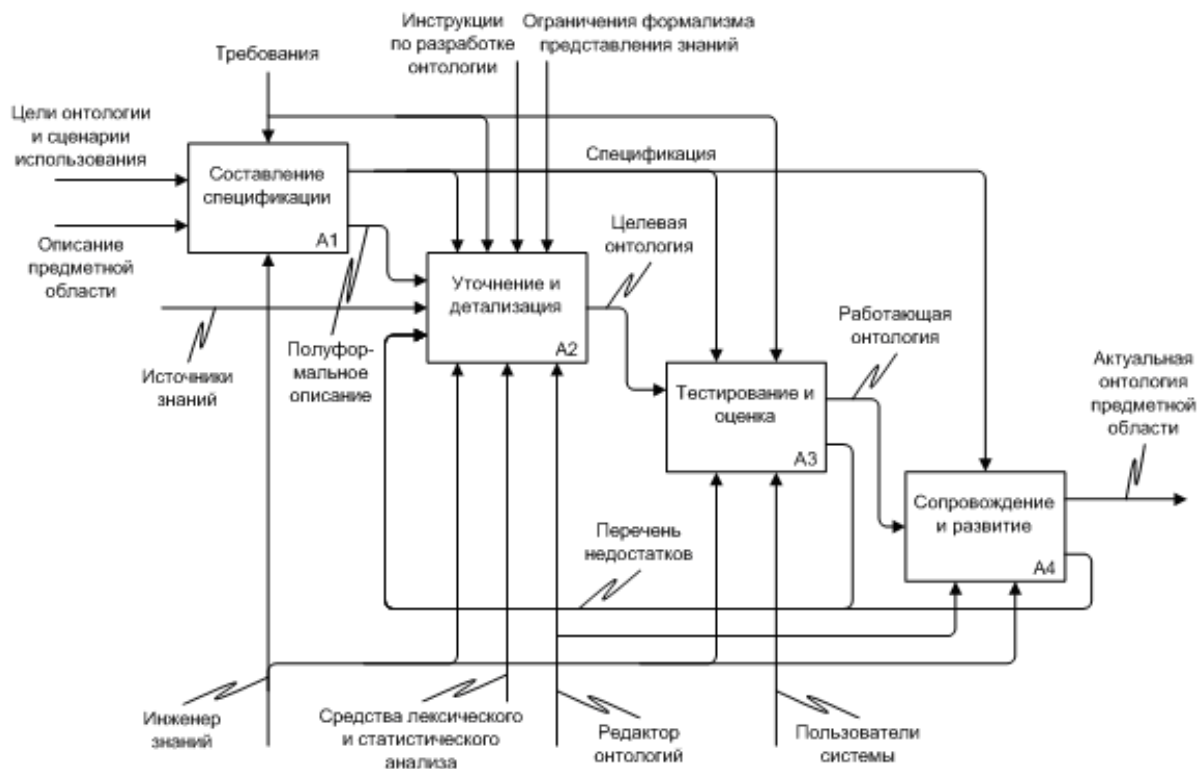


Рисунок 1 – Функциональная модель системы построения онтологии

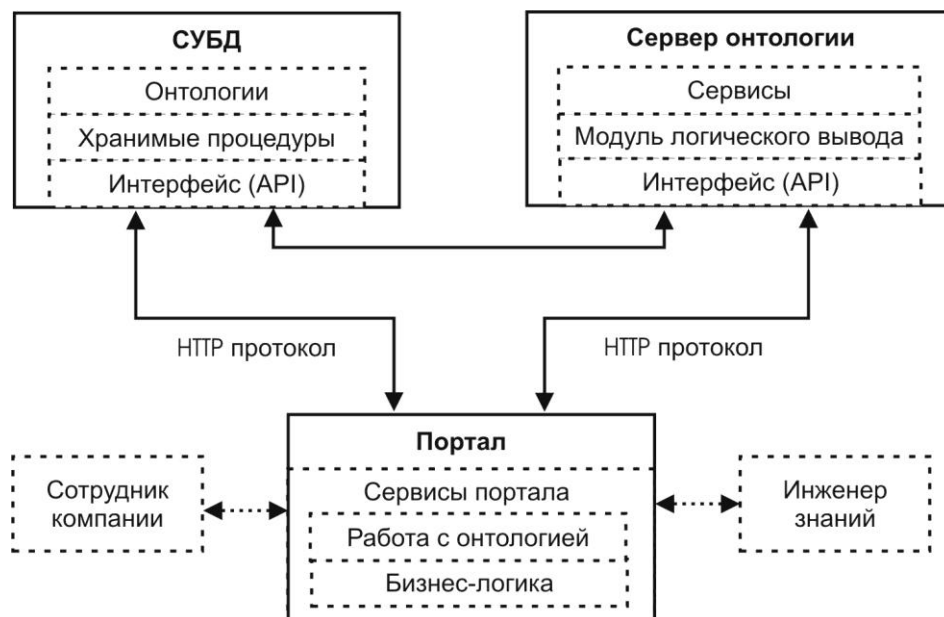


Рисунок 2 – Проект интеллектуальной подсистемы портала

- модуль, реализующий интерфейс доступа к хранилищу онтологий (СУБД).

Эти модули будут использоваться сервисами портала, реализующими бизнес-логику, и сервисами, связанными с разработкой онтологии, к которым относятся:

- сервис визуализации онтологии и навигации по ее структуре;
- сервис, выполняющий аннотирование информационных ресурсов;
- сервис поиска информационных ресурсов;

- сервис лингвистико-статистического анализа текста, отвечающий за обработку текстов на естественном языке и выделение концепций онтологии;
- сервис редактора онтологии;
- другие сервисы.

С точки зрения создания онтологии важным элементом системы является хранилище знаний. Планируется хранить структуру онтологии в таблицах реляционной базы данных (РБД). Для этого должна быть разработана соответствующая схема РБД. Взаимодействие модулей системы с РБД будет

осуществляться через специально написанный для этого интерфейс. Интерфейс должен реализовать такие функции, как:

- работа с онтологиями (создание, удаление, изменение служебной информации, связанной с конкретной онтологией);
- работа с понятиями (создание, удаление, модификация, выбор понятий по заданному критерию);
- работа с отношениями (добавление, удаление отношений между двумя понятиями, модификация существующих отношений, выбор всех понятий, связанных определенным отношением с заданным понятием);
- управление служебной информацией (авторы онтологий, пространства имен, типы данных, типы отношений и др. служебная информация системы).

Интерфейс не будет изменять непосредственно содержимое таблиц РБД. Функции интерфейса будут обращаться к хранимым процедурам РБД, что обеспечит определенный уровень независимости интерфейса от возможных изменений структуры базы данных.

В качестве редактора онтологии используется Protégé – расширяемая, платформенно-независимая среда для создания и редактирования онтологий и баз знаний. Protégé был разработан в Стэнфордском университете в лаборатории медицинской информатики. Этот редактор по многим критериям подходит для использования в распределенной системе на базе, хранимой в РБД онтологии.

Расширяемая функциональность. Protégé поддерживает разработку дополнительных модулей – плагинов, которые могут использовать объектную модель онтологии редактора для решения дополнительных задач. Выражаясь точнее, плагин представляет собой Java-класс, который использует методы базовых классов Protégé для расширения функциональных возможностей редактора. Protégé поддерживает три типа плагинов: плагины для хранения данных (*storage plug-ins*), плагины слотов (*slot widgets*) и плагины-вкладки (*tab plug-ins*). Плагин для хранения данных представляет собой модуль, который сохраняет или загружает модель знаний в/из

определенного формата файла или базы данных. Плагин слота связан с редактированием значения определенного класса слотов (в Protégé используется терминология фреймовой модели представления знаний). Плагин-вкладка представляет собой панель редактора с набором управляющих элементов, совместно используемых для решения некоторой задачи, выходящей за рамки стандартных возможностей редактора.

Для редактирования онтологии будет использоваться OWL-плагин, позволяющий работать с формальным представлением онтологии на языке OWL. Язык OWL является наиболее перспективным языком представления знаний в сети WWW. Этот язык будет использоваться в системе в качестве формального представления онтологии вне хранилища и для взаимодействия ее компонентов.

Хранение онтологии в базе данных. Protégé позволяет использовать РБД в качестве хранилища онтологии. Стандартный способ записи онтологии в базу данных хранит всю модель знаний в одной таблице, что может быть не очень эффективно при обработке большого числа запросов. Благодаря расширяемой архитектуре редактора есть возможность создания плагина для хранения данных. Такой плагин будет записывать онтологию в базу данных с нужной нам схемой и затем считывать из нее онтологию для дальнейшего редактирования.

Удаленный многопользовательский доступ к онтологии. Protégé предусматривает возможность запуска на компьютере отдельного процесса-сервера и соединение с ним по протоколу HTTP удаленных клиентов. Сервер Protégé имеет список онтологий, доступных для удаленного редактирования и управляет правами доступа пользователей к редактированию этих онтологий. Управление правами доступа осуществляется редактированием служебной онтологии.

Таким образом, предложенная функциональная модель системы для построения онтологий обеспечивает эффективную работу с онтологией и ее использование в рамках обучающего WEB-портала для пользователей, нуждающихся в удаленном доступе к информационной системе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. W3C, «OWL Web Ontology Language Overview, W3C Recommendation 10 February 2004», <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
2. W3C, «The Semantic Web», <http://www.w3.org/2001/sw>.
3. Studer R., Benjamins V.R. and Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and methods, Data and Knowledge engineering (DKE), 25(1-2): 161-197, 1998.
4. Хорошевский В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 98-107.
5. Саданова Б.М., Яворский В.В. Преимущества объектно-ориентированного подхода при построении моделей образовательных ресурсов // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2008. № 4. С. 41-44.

Раздел 2

Машиностроение. Металлургия

ӘОЖ 621.01.539.3

БӘКІРОВ Ж.Б.,
ТӘҢІРБЕРГЕНОВА А.Ә.Бөлшектердің ұзақ уақыт жұмыс жасауының
ықтималдық есебі

Ауыспалы кернеулерде жұмыс жасайтын машина бөлшектерін жобалау қажетті қорын алдын ала болжайды. Бұл қорды ұзақ уақыт жұмыс жасауға әсер ететін мақсатпен бағытталған параметрлердің өзгеру жолымен басқаруға әкеледі. Қордың жоғарылауы материалды және еңбек шығынын үнемдеуге әкеледі.

Қирауға дейінгі циклдар санының статистикалық таралуын N тұрақты S амплитудадағы үлгілерді сынаудың қажуынан анықтайды. Көптеген сынаулардан көретініміз, оның логарифмдік нормалды заңға бағынатындығы [1].

$$f(N) = \sqrt{2\pi} N \sigma_z^{-1} \exp\left[-(\ln N - m_z)^2 / 2\sigma_z^2\right], \quad (1)$$

мұнда $z = \ln N$; σ_z , m_z – тұрақты және математикалық үміт, олар зерттеу бойынша анықталады.

Мұнда N санының ықтималдық сипаттамалары:

$$m_N = \exp(m_z + \sigma_z^2 / 2), \quad k_N = \sigma_N / m_N = (\exp \sigma_z^2 - 1)^{1/2}. \quad (2)$$

Егер сынау жолымен m_N , k_N анықталса, онда таралу параметрлері былай анықталады:

$$\sigma_z^2 = \ln(k_N^2 + 1), \quad m_z = \ln m_N - \sigma_z^2 / 2. \quad (3)$$

N_p циклдар санындағы қирау ықтималдығы мынаған тең

$$P = F N = \int_0^{N_p} f N dN = \Phi\left(\frac{\ln N - m_z}{\sigma_z}\right),$$

мұнда Φ – нормальді таралудың табулирланған функциясы. Бұдан H_* сенімділігін белгілеп, бөлшектің ұзақ уақыт жұмыс жасауын анықтауға болады.

$$N_p = \exp \gamma_p \sigma_z + m_z,$$

мұнда $\gamma_p - P = 1 - H_*$ ықтималдығына сәйкес келетін нормаль таралуының квантидлі.

Нақты бөлшектер үшін (1)-дің таралу параметрлерін зерттеу түрінде анықтау, өте үлкен жұмыс болып табылады. Сонымен қоса нақты шарттарда кернеу амплитудасы кездейсоқ сипаттамаға ие. Сондықтан кездейсоқ факторларды ескеріп бөлшектердің ұзақ уақыт жұмыс жасауын анықтау үшін әдістерді дайындау өте қажетті.

[2] жұмысында $f(s)$ кернеу амплитудаларының әртүрлі таралу заңдарындағы бөлшек қорларын анықтау үшін өрнек алынды, ол мына түрде келтірілді.

$$a = u - b/2 / x_m - b/2, \quad N = a N_0 R_g^m / I, \quad (4)$$

мұнда $b = R_g / \sigma_s$; $X_m = S_m / \sigma_s$; $I = \int_{R_g/2}^0 S^m f(s) ds$;

$$U = \int_{R_g/2}^{\infty} S f(s) ds / \sigma_s \int_{R_g/2}^{\infty} f(s) ds.$$

мұнда R_g – бөлшектің төзімділік шегі;
 S_m – кернеудің ең үлкен шамасы, ал қажу
 қисығы теңдеумен бейнеленген

$$N = N_0 (R/S)^m \text{ егер } S \geq R_g; N = \infty \text{ егер } S < R_g \quad (5)$$

(5) өрнегін $N = a/\bar{\nu}$ түрінде көрсетеді, мұнда ν – бір циклдағы бұзылудың орта шамасы.

$$\bar{\nu} = \int_0^{\infty} [f(s) / N(s)] ds$$

Екінші момент және бірлік бұзылуларының дисперсиялары мына формулалар бойынша анықталады

$$\langle \nu^2 \rangle = \int_0^{\infty} [f(s) / N(s)^2] ds, \quad \sigma_{\nu}^2 = \langle \nu^2 \rangle - \bar{\nu}^2. \quad (6)$$

Қирауға дейінгі циклдар саны регуляр жүктелу жағдайындағы бөлшектің ұзақ уақыт жұмыс жасауын анықтайды. Жүктелудің күрделі циклдарында ұзақ уақыт жұмыс жасаудың орташа шамасы $\bar{T}$ жүктелу арасындағы орташа уақыт $\bar{t}$ арқылы анықталады

$$\bar{T} = \bar{t}N = \bar{t}a/\bar{\nu} = a\bar{t}N_0 R_g^m / I. \quad (7)$$

Ұзақ уақыт жұмыс жасау дисперсиясы [3] формуласы бойынша анықталады

$$\sigma_T^2 = \bar{T}\bar{t} \left[\sigma_{\nu}^2 / \bar{\nu}^2 + \sigma_t^2 / \bar{t}^2 \right], \quad (8)$$

мұнда σ_t^2 – жүктеулер арасындағы уақыт дисперсиясы.

Ұзақ уақыт жұмыс жасаудың таралуы логарифмді нормальді заңына бағынады және (1) өрнегімен N_p -ны T -ға ауыстыру арқылы анықталады.

Ұзақ уақыт жұмыс жасау көрсеткіштерінің анықталуын амплитуданың релеевский таралуы мысалында көрсетеміз. Бұл жағдайда [2] жұмысында алынды

$$\bar{T} = \frac{2^{-m/2} T_0 b^m}{\tilde{A}(1+m/2)Q(b^2, m+2)}, \quad (9)$$

мұнда $T_0 = aN_0 \bar{t}$.

(7) бойынша бірліктік бұзылу дисперсиясы тең

$$\sigma_{\nu}^2 = 2^m \tilde{A}(m+1)Q(b^2, 2m+2) / N_0^2 b^{2m} - T_0 / N_0 \bar{T}^2.$$

Ұзақ уақыт жұмыс жасау дисперсияларын (9) формуласы бойынша табамыз. Бұнда жүктемелер арасындағы уақыт таралуын релеевскийлік деп санаймыз:

$$\sigma_t^2 / \bar{t}^2 = \langle t^2 \rangle / \bar{t}^2 - 1 = 4/\pi - 1.$$

Енді

$$\sigma_o^2 = \bar{t}\bar{T} \left[\frac{\tilde{A}(m+1)Q(b^2, 2m+2)}{\tilde{A}^2(1+m/2)Q(b^2, m+2)} + \frac{4}{\pi} - 2 \right]. \quad (10)$$

[3]-те алынған тәуелділіктердің зерттеу тексерулері мыналарды көрсетеді, ұзақ уақыт жұмыс жасаудың орташа мәндері тәжірибелік берілгендермен жақсы сәйкес келеді, ал ұзақ уақыт жұмыс жасаудың нақты шашыраулары (10) формуласы көрсеткендегіге қарағанда едәуір көп болады. Бұның негізгі себебі, біз есептеулерде кернеу амплитудаларының кездейсоқ сипаттамаларын ғана ескердік, ал материалдардың механикалық қасиеттері детерминирленген деп санадық.

Алайда, белгілі себептер бойынша төзімділік шегі кездейсоқ шама және оның шашырауы ұзақ уақыт жұмыс жасау шашырауына маңызды ықпал жасайды.

Ұзақ уақыт жұмыс жасаудың ықтималдық сипаттамаларын $f(R)$ төзімділік шегінің белгілі таралу заңдарында анықтаймыз. Қойылған есептерді шешудің бірнеше жолдары бар. Бірінші жолы толық ықтималдық формуласы бойынша ұзақ уақыт жұмыс жасаудың сөзсіз таралуының анықталуымен бекітіледі

$$P(o) = \int_0^{\infty} f(o/R) f(R) dR, \quad (11)$$

мұнда ұзақ уақыт жұмыс жасаудың шартты таралуы (6)-ны ескерумен (1) өрнегі бойынша анықталады. Бірақта бұл жолдардың толық үлестірулері аса қиын болады, яғни (12) интегралын әрбір T үшін сандық түрде алу керек, ал содан кейін $P(T)$ таралуын тұрғызамыз. Бұнда келесі ықшамдаулар болуы мүмкін. Зерттеу берілгендерін есептеу нәтижелерімен (9) формула бойынша салыстыру шартты ұзақ уақыт жұмыс жасау шашырауы көп жағдайларда төзімділік шегінің ауысуымен шақырылған ұзақ уақыт жұмыс жасау шашырауымен салыстырғанда аз болады. Бұндай жағдайда ұзақ уақыт жұмыс жасау таралуының шартын дельта – функциямен жуықтауға болады

$$f(o/R) \approx \delta[o - \bar{o}(R)],$$

мұнда $\bar{o}(R)$ – ұзақ уақыт жұмыс жасау көрсеткіштерінің кез келген сипаттамалық (кездейсоқ емес) мәні, ол ұзақ уақыт жұмыс жасау сипаттамалары деп аталады.

Ұзақ уақыт жұмыс жасау таралуы (11) формуласына сәйкес мынаған тең болады

$$P(o) = -\frac{d}{do} \left[\int_{o < \bar{o}(R)} f(R) dR \right] = \frac{d}{do} F_{R_*}(o), \quad (12)$$

мұнда $F(R)$ – төзімділік шегінің таралу функциясы; $R_*(t)$ – теңдеудің түбірі

$$\bar{T}(R) = t. \quad (13)$$

(12) формуласын пайдаланған кезде $R_*(t)$ функциясын (13) теңдеуінен анықтаудан қиындықтар туындайды. Сонымен, егер сипаттамалық ұзақ уақыт жұмыс жасау (10) теңдеуімен анықталса, онда $R_*(t)$ функциясының аналитикалық түрде анықтау $Q(b^2)$, $m+2$ трансцендентті функцияларының барлығынан алу мүмкін емес. Бұл жағдайларда кейде жуық шешімдерді қабылдауға болады, олар $Q(b^2, m+2)$ функцияларының шашырауларын ескермейді. Онда

$$R_*(t) = \sqrt{2}\sigma_s \left[Q(b_0^2, m+2) \tilde{A}(1+m/2)t/T_0 \right]^{1/m}, \quad (14)$$

мұнда $b_0 = m_R/\sigma_s$; m_R – төзімділік шегінің математикалық үміті.

Егерде төзімділік шегі екі параметрлі Вейбулл таралуына ие болса:

$$F(R) = 1 - \exp(-R^\beta/a).$$

Онда ұзақ уақыт жұмыс жасау таралуын (13) формула бойынша табуға болады

$$P(T) = \alpha L T^{\alpha-1} \exp(-L T^\alpha), \quad (15)$$

мұнда $\alpha = \beta/m$, $L = \sqrt{2}\sigma_s^{-\beta} [Q(b_0^2, m+2)\tilde{A}(1+m/2)t/T_0]^\alpha / a$.

Жалпы жағдайда төзімділік шегінің шашырауын ескеру үшін статистикалық үлгілеу әдісін қолданады.

(10) өрнегінен R -ден тәуелді мүшелерді жазамыз:

$$u = x^m / Q(x^2, m+2),$$

мұнда $x = b / \sigma_s$ – кездейсоқ шама.

Онда $T = L_0 u$, **мұнда** $L_0 = T_0 / 2^{m/2} \tilde{A}(1+m/2)$.

Төзімділік шегін анықтау үшін нормальды таралуға ие болсын. Жүктемелер мен материалдардың тұрақты параметрлерін (σ_s , m_s , σ_R , m_R) белгілейміз және нормальды таралуға ие x шамасын генерациялаймыз, оның параметрлері:

$$b_0 = m_R / \sigma_s, \quad \sigma_0 = \sigma_R / \sigma_s.$$

Үлестірудің көп сандарының берілу жолдарымен u мәнін табамыз және статистикалық өңдеуден кейін оның таралу заңын анықтаймыз. [3] ұзақ уақыт жұмыс жасау шашырауының зерттеу берілгендері және жүргізілген есептер u шамасы үшін логарифмді нормальді таралу заңын қабылдау үшін негізделеді

$$P(u) = (\sqrt{2\pi}ud)^{-1} \exp[-(\ln u - c)^2 / 2d^2],$$

мұнда c және d таралу параметрлері u шамасы моменттері арқылы табылады

$$\tilde{N} = 2 \ln \bar{u} - 0,5 \ln \langle u^2 \rangle, \quad d^2 = \ln \langle u^2 \rangle - 2 \ln \bar{u}.$$

u шамасының моменттері арқылы және ұзақ уақыт жұмыс жасау моменттерін табамыз:

$$\bar{T} = L_0 \bar{u}, \quad \sigma_T^2 = L_0^2 (\langle u^2 \rangle - \bar{u}^2), \quad k_T = \left[\langle u^2 \rangle / \bar{u}^2 - 1 \right]^{1/2}$$

$P(u)$ ықтималдық тығыздығын түрлендіру бойынша ұзақ уақыт жұмыс жасау таралуын табамыз

$$P(T) = (\sqrt{2\pi}Td)^{-1} \exp[-(\ln T - A)^2 / 2d^2], \quad (16)$$

мұнда $A = C + \ln L_0$.

Гамма – проценттік қорының анықталуы (4) формула бойынша жүргізіледі

$$T = L_0 \exp(\tilde{N} + d\gamma_P).$$

Есептің аналитикалық шешімін $Q(b_0^2, m+2)$ функциясының шашырауын ескермей алуға болады. Онда ұзақ уақыт жұмыс жасаудың ықтималдық сипаттамаларын мына формулалар бойынша анықтауға болады:

$$\bar{T} = L_0 \bar{y} / Q(b_0^2, m+2), \quad k_T = b_0^m m k_R / \bar{y}, \quad (17)$$

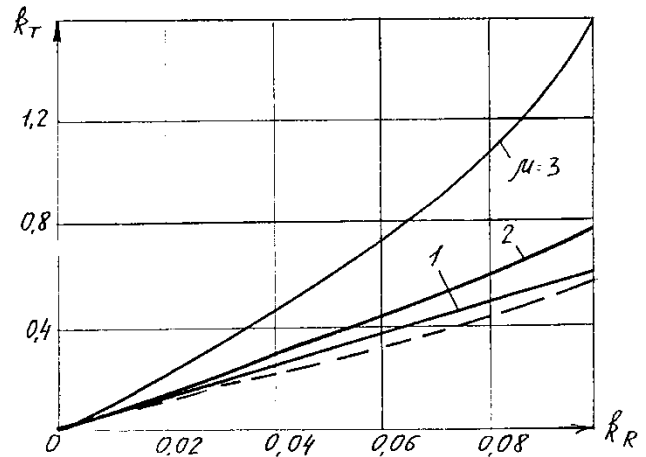
мұнда $\bar{y} = b_0^m [1 + m(m-1)k_R^2 / 2]$.

Суретте ұзақ уақыт жұмыс жасауының вариация коэффициентінің $m=6$ үшін әртүрлі b_0 -дің төзімділік шегінің вариация коэффициентіне тәуелділік графигі көрсетілген. Сонымен қоса мұнда пунктирлі сызықтармен осы тәуелділік $Q(b_0^2, m+2)$ функциясының шашырау есебінсіз келтірілген. Бұл жағдайда $k_T b_0$ -ға тәуелді емес. Бұндай сипаттамаларға басқа да m кезіндегі қисықтар ие, бірақ вариация коэффициенті $k_T m$ жоғарылаған сайын ұлғайады.

Егер бөлшекте кездейсоқ функциялар болып табылатын нормаль S_σ және жанама S_τ кернеулі амплитуда-

ларымен жазық кернеуленген күй пайда болса, онда ұзақ уақыт жұмыс жасау есебі қираудың бір критерийін қолданумен жүргізіледі. Көбінесе эквивалентті кернеу арқылы өрнектелген эллиптикалық тәуелділік қолданылады.

$$S_{\sigma e} / R_{g\sigma}^2 + S_{\tau e} / R_{g\tau}^2 = 1.$$



Ұзақ уақыт жұмыс жасау мен төзімділік шегінің вариация коэффициенттерінің арасындағы $m=6$ болған кездегі тәуелділік:

1. – $b_0=1$; 2. – $b_0=2$; 3. – $b_0=3$.

Эквивалент кернеуді $\bar{\sigma}$ -ның эквивалент кернеудің бірлік бұзылуына теңдік шартынан табамыз.

$$\bar{\sigma}_{1e} = 1/N \quad s = S_e^m / N_0 R_g^m.$$

Бұдан табамыз $S_{\sigma e} = I_\sigma^{1/m_\sigma}$, $S_{\tau e} = I_\tau^{1/m_\tau}$, мұнда m_σ , m_τ – нормаль және жанама кернеулерді сынау кезіндегі қажу қисығының көрсеткіштері.

Егер бөлшекке тек нормаль кернеулер әсер етсе, онда оның ұзақ уақыт жұмыс жасауын (5)-ші формула бойынша анықтауға болады және оның сәйкес төзімділік шегі

$$R_{g\sigma} = N_\sigma I_\sigma / a_\sigma N_{0\sigma}^{1/m_\sigma}.$$

Жалпы жағдайдағы жүктелу кезіндегі қирауға дейінгі циклдар санын ескере отырып

$$N = a_\sigma N_{0\sigma} = a_\tau N_{0\tau}$$

Табамыз. $S_{\sigma e} / R_{g\sigma} = N / N_\sigma$

Онда қирау критерийі мына түрге ие

$$N / N_\sigma^{2/m_\sigma} + N / N_\tau^{2/m_\tau} = 1. \quad (18)$$

Көптеген материалдар үшін $m_\sigma = m_\tau = m$. Онда (18)-ден ие боламыз

$$N = \frac{N_\sigma N_\tau}{N_\sigma^{2m} + N_\tau^{2m} m/2}. \quad (19)$$

Ұзақ уақыт жұмыс жасау таралуының тығыздығы (1) өрнегі бойынша анықталады. Таралу параметрлерін табу үшін белгілеулер енгіземіз.

$$z = \ln N \quad z_1 = \ln N_\sigma \quad z_2 = \ln N_\tau$$

Және (19) өрнегін логарифм дейміз

$$z = z_1 + z_2 - 0,5m \ln e^{2z_1/m} + e^{2z_2/m}.$$

Ары қарай математикалық үміті анықтаймыз

$$m_z = m_{z1} + m_{z2} - 0,5m \ln [\exp 2m_{z1}/m + \exp 2m_{z2}/m]. \quad (20)$$

Дисперсия z-ті жуық формула бойынша анықтаймыз

$$D_z = d_1^2 \sigma_{z1}^2 + d_2^2 \sigma_{z2}^2.$$

$$\text{Мұнда } d_1 = \left(\frac{\partial z}{\partial z_1} \right)_m = 1 - \frac{1}{1 + \bar{N}_\tau / \bar{N}_\sigma^{2/m}};$$

$$d_2 = \left(\frac{\partial z}{\partial z_2} \right)_m = 1 - \frac{1}{1 + \bar{N}_\sigma / \bar{N}_\tau^{2/m}}.$$

Бұл формулалардағы m_{z1} , m_{z2} , σ_{z1}^2 , σ_{z2}^2 зерттеу бойынша анықталады. Сонымен бірге $\bar{N}_\sigma$, $\bar{N}_\tau$ (2) формуласы бойынша анықталады. Егер зерттеу бойынша $\bar{N}_\sigma$, $\bar{N}_\tau$, $\sigma_{N\sigma}$, $\sigma_{N\tau}$ ықтималдық сипаттамалар анықталса, онда нормаль және жанама кернеулердің таралу параметрлері (3)-ші формула бойынша анықталады.

Таралу параметрлерін анықтағаннан кейін бөлшектің гамма процентті қоры (4)-ші формула бойынша анықталады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. М.: Машиностроение, 1975. 488 с.
2. Бакиров Ж.Б., Танирбергенова А.А. Расчет надежности деталей машин по усталостному разрушению // Труды международной научной конференции «Вторые Сагиновские чтения». Караганда, 2010.
3. Гусев А.С. Сопроотивление усталости и живучести конструкций при случайных нагрузках. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.

УДК 622.232-8

ИСАГУЛОВ А.З.,
ШАРАЯ О.А.,
МЕЩАНОВА С.О.,
ИППОЛИТОВ С.В.,
РЯБИННИН С.В.

Разработка методов поверхностного упрочнения металлических изделий

В ближайшем будущем наиболее распространенными среди металлических конструкционных материалов останутся сплавы на основе железа и, прежде всего, стали. В этой связи в области современного металловедения одной из самых важных и актуальных задач является разработка доступных, экономичных, высокоэффективных и экологически безопасных технологий упрочнения конструкционных сталей, обеспечивающих получение заданных эксплуатационных свойств [1].

Для модифицирования поверхности металлов предпочтение отдается методам управляющей обработки, использующих в качестве теплового источника концентрированные потоки энергии: ионные, лазерные, ультразвуковые, высокочастотные индукционные и другие. Высокие плотности мощности лазерного излучения, существенно превосходят другие источники энергии, позволяют не только значительно увеличить производительность обработки, но и получать качественно новые свойства поверхностей, недоступные традиционным методам обработки материалов.

В работе были проведены исследования процессов лазерного легирования. На поверхность образцов стали марки 45 предварительно наносили обмазки системы «W-V-Cr», в качестве связующего использовалось жидкое стекло. Обработку образцов осуществляли при оплавлении их поверхности

непрерывным излучением мощного CO₂-лазера «ХЕБР-2500».

Режимы обработки образцов выбирались так, чтобы не было сильного проплавления поверхности. На первой группе образцов была проведена лазерная обработка с параметрами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры лазерной обработки для первой группы образцов

Мощность лазерного излучения Р (Вт)	500
Скорость обработки материала v (об/мин)	520
Высота лазерной головки I (мм)	1 5 10 12 15

Проплавление было хорошим, но существовала одна конструктивная особенность лазера «ХЕБР-2500» – объектив, который стоит в головке, охлаждается продуванием через него воздуха, чтобы температурой не разрушило линзы объектива. Этот воздушный поток раздувает расплавленный слой металла, отчего на поверхности образцов образуются канавки глубиной 1,5 мм. Увеличение высоты головки над образцом одновременно с увеличением мощности излучения приводило к увеличению размеров обрабатываемой зоны, что не всегда желательно, поэтому в дальнейших экспериментах была увеличена скорость обработки. Параметры обработки второй группы образцов представлены в таблице 2. Во второй группе на первых трех образцах наблюдалось также образование канавок, но при высоте головки более 10 мм разлета

расплава не наблюдалось. Максимальная глубина канавок 0,7 мм.

На практике для получения поверхности без оплавления часто используют поглощающие покрытия. Длину волны излучения лазера «ХЕБР-2500» – 10,6 мкм – почти полностью поглощает оксид алюминия Al_2O_3 . На третью группу образцов было нанесено поглощающее покрытие на основе оксида алюминия, смешанного с лаком 4С. Параметры обработки третьей группы образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры лазерной обработки для второй группы образцов

Мощность лазерного излучения Р (Вт)	500
Скорость обработки материала v (об/мин)	1400
Высота лазерной головки I (мм)	1 5 9 12 15

Характерно, что и здесь, на малых высотах лазерной головки $I = 1$ и 5 мм наблюдались проплавленные канавки, но их максимальная глубина достигала лишь 0,4 мм. В остальных случаях излучение прожигало покрытие, но поверхность не деформировалась, т.е. зона оплавления отсутствовала.

Подготовка образцов осуществлялась на лабораторном комплексе подготовки проб для металлографического анализа фирмы Struers на станке для автоматического шлифования и полирования образцов – LaboPol-5. Травление образцов производилось в 3-процентном растворе азотной кислоты в этиловом спирте для выявления микроструктуры.

Микрорентгеноспектральный анализ осуществлялся на растровом электронном микроскопе TESCAN VEGA // LSU с системой микроанализа INCA производства OXFORD Instruments (Англия). Общий вид микроструктуры стали 45 после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr» представлен на рисунке 1.

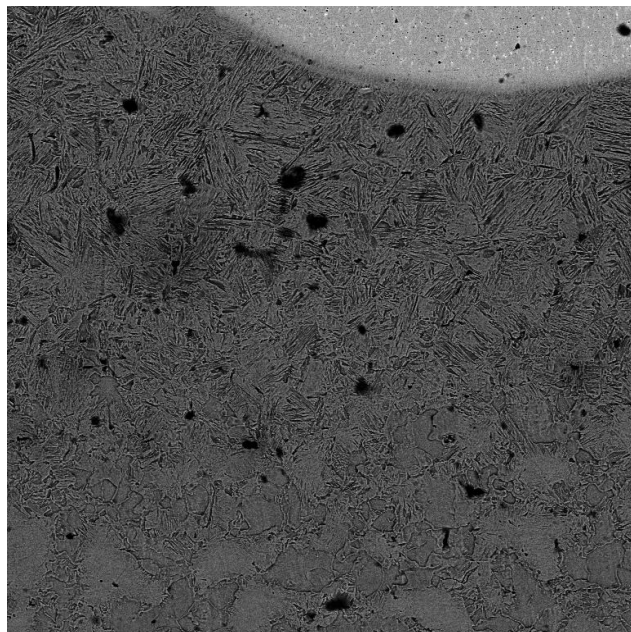


Рисунок 1 – Общий вид микроструктуры стали 45 после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

На рисунке 2 показан микрорентгеноспектральный анализ наплавленного слоя. Рентгеноструктурные исследования фазового состава зон лазерного легирования системой «W-V-Cr» показали, что упрочненный слой представляет собой твердый раствор легирующих элементов в феррите [2].

Металлографическим анализом установлено, что при легировании в непрерывном режиме излучения, при высоких скоростях перемещения лазерного луча в поверхностном слое образуется слаботравящаяся структура мартенсита. Лазерное легирование с оптимальными скоростями перемещения луча относительно обрабатываемой поверхности ($v=10-20$ мм/с) приводит к образованию чрезвычайно мелкозернистой структуры легированного феррита, причем большая часть объема занята равноосными ячеистыми зёрнами [3].

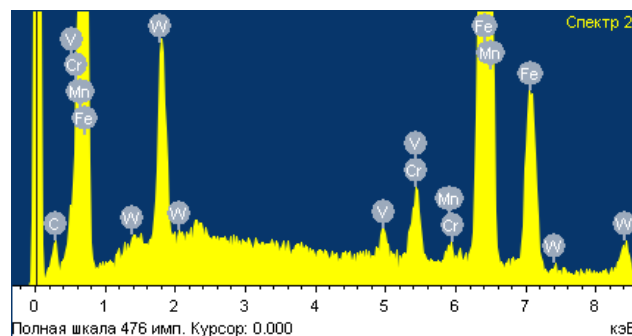


Рисунок 2 – Микрорентгеноспектральный анализ наплавленного слоя стали 45 после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

По мере приближения к границе с матрицей зерна становятся столбчатыми, ориентированными в направлении максимального отвода тепла. Следует отметить, что при легировании системой «W-V-Cr» наблюдается наименьшее измельчение зерна.

Микродюрметрический анализ этапов технологического процесса осуществляли путем вдавливания четырехгранной пирамиды на автоматическом микротвердометре фирмы «Galileo» ISOSCAN OD с нагрузкой 9,807 Н. (рис. 3). На рисунке 4 представлен график изменения микротвердости после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr».

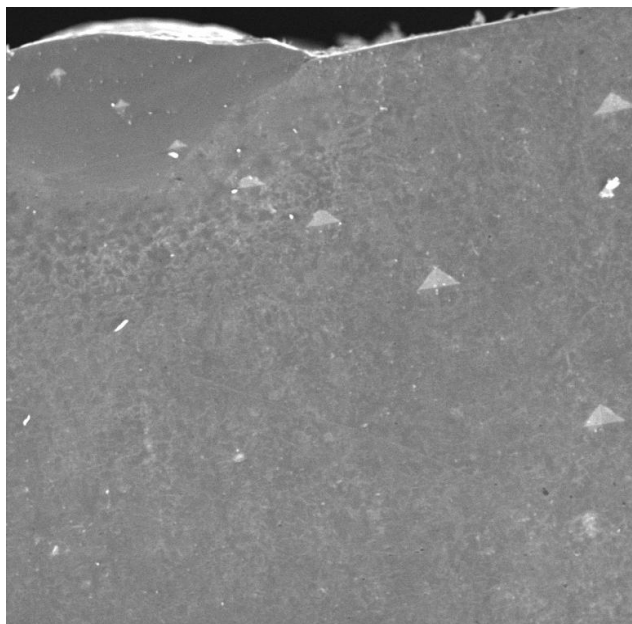


Рисунок 3 – Распределение микротвердости после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»



Рисунок 4 – Изменение микротвердости после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

Испытание на износ в условиях трения скольжения проводили на машине трения СМЦ-2 при нагрузках 25-1800 Н. В качестве рабочих сред использовали индустриальное масло И-70А, воздух. Испытание проводили при постоянной скорости скольжения 1,3 м/с при комнатной температуре. В результате износостойкость легированных слоев увеличилась в 2-4 раза по сравнению с

необработанными лазерным излучением поверхностями [4].

Проведенные исследования позволили выявить оптимальные режимы для лазерного легирования стали 45: $P = 500$ Вт; $v = 1400$ об/мин.; $I = 9, 12, 15$ мм. С помощью этого процесса получают слои с высокой износостойкостью, микротвердостью, возможностью локального упрочнения рабочих поверхностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердобинцев Ю.П., Бурлаченко О.В., Схиртладзе А.Г. Повышение сдвигоустойчивости неподвижных соединений путем лазерной закалки // Технология металлов. 2009. № 7. С. 15-16.
2. Панченко В.Я., Васильцов В.В., Голубев В.С., Грезев А.Н., Дубров В.Д., Карабутов А.А., Майоров В.С., Сафонов А.Н. Лазерные технологии обработки материалов, создаваемые в ИПЛИТ РАН // Сб. тр. ИПЛИТ РАН. 2009. № 5. С. 191-192.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. С. 14-17.
4. Шарая О.А., Мещанова С.О. Лазерное упрочнение стали // Тез. докл. межвуз. студ. науч. конф. «Студент и научно-технический прогресс». Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. С. 85-86.

**ШЕРОВ К.Т.,
ИМАШЕВА К.И.,
БАЙБУСИНОВ Е.А.**

Қиын өңделетін материалдарды импульсті салқындатумен термофрикционды өңдеу кезінде кесу режимдерінің орташа температураға әсер етуін ғылыми зерттеу

Қазіргі машина жасаудың нақты тапсырмасы құрал-саймандардың прогрессивті конструкцияларын жасау және кесумен металдарды өңдеуге арналған озат технологияларды жобалау болады.

Көптеген жауапты тетіктердің технологиялық циклінде механикалық өңдеу процестерінің үстемді рөлі, негізінде оның әмбебаптығымен, үнемділігімен және жоғары дәлдігімен белгіленеді. Сонымен қатар қазіргі уақытта кеңінен таралған дәстүрлі механикалық өңдеу әдістері өнімділікке және сапаға қойылатын талаптарға сәйкес келе бермейді. Бұған қазіргі машина жасауда, кен шығарушы, металлургиялық және басқа да халық шаруашылығының салаларында кеңінен қолданылатын ерекше физикалық-механикалық қасиеттерге ие болған – ыстыққа төзімді, тозуға төзімді, жоғары төзімділікке ие болған, баяу балкитын конструкциялы материалдарды өңдеу қиындық туғызады, кейбір жағдайларда оларды өңдеудің мүмкіндігі болмайды.

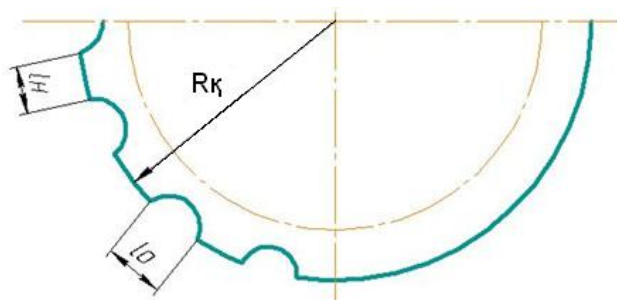
Энергетикалық, химиялық және тау-кен машина жасау саласында сондай-ақ, өнеркәсіптің басқа да салаларында қиын өңделетін материалдарды кеңінен қолданады. Жоғарыда айтылған материалдардан жасалған көптеген тетіктер экстремалды жағдайларда жұмыс істейді, бұл үстіңгі қабатының сапасына және пайдалану мерзімінің ұзақтығына жоғары талаптарды қоюға алып келіп соғады. Сондықтан, қиын өңделетін материалдарды механикалық өңдеудің сапасын және өнімділігін арттыру өзекті мәселе болып отыр. Бұл өзекті мәселені шешудің негізгі бағыты келешекте дәстүрлі технологиялық процестерді жетілдіру, сапалы болған жаңа технологияларды, сондай-ақ, комбинациялы әсер етуге негізделген технологияларды жобалау және өндіріске енгізу болып табылады. Металдарды термофрикциялық өңдеудің (ТФӨ) дәстүрлі әдісі, дайындама материалының кесілетін қабатына кесуші құралдың механикалық және жылулық әсерін пайдалану арқылы үйкеліс дискілерімен орындалатын комбинацияланған тәсіл болып табылады. Бұл әдіс дайындама және үлкен айналма жылдамдығымен айналатын (100 м/с дейін) тегіс немесе жиегі бойынша дөңгеленген (НВ 150 дейін) болаттан жасалған, диаметрі 500-600 мм, биіктігі 40-60 мм болған үйкеліс дискісімен тікелей түйісу арқылы орындалады. Кесуші үйкеліс дискісімен дайындаманың түйісу аумағында пайда болатын үйкеліс күшінің жұмысы жылуға айналып, кесілетін қабатты жұмсартады. Металды кесу аумағынан алып шығу, дайындама материалының балкуы және металл түйіршіктерінің жартылай булануы нәтижесінде, үйкеліс дискісінің айналуынан пайда болатын ауа ағынымен лақтырылуы арқылы орындалады. Сонымен қатар, кесуші үйкеліс дискісінің жылжуы өңдеу аумағынан металл түйіршіктерін шығару және сығып шығаруды қамтамасыз етеді. ТФӨ әдісінің белгілі артықшылықтарына қарамастан оны өнеркәсіпте кең

қолдануды оның кейбір кемшіліктері тоқтатып тұр, анық айтқанда: құрал-сайманның – кесуші үйкеліс дискісінің үлкен айналма жылдамдығы (40-100 м/с), кесу күшінің елеулі үлкен болуы және білдектің айналдырық түйінінің мойынтіректерінің қарқынды желінуі. Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің және Науайы мемлекеттік тау-кен институтының «Машина жасау технологиясы» кафедраларымен жасалған ынтықмақтастық туралы келісім-шарт негізінде № 15-005 «Импульсті салқындатумен фрикционды фрезерлеу әдістерін зерттеу» тақырыбы бойынша ғылыми жоба орындалуда. Орындалған ғылыми-зерттеу нәтижесінде, авторлар тобы ТФӨ әдісінің жоғарыда айтылған кемшіліктерін жою қабілетіне ие болған ТФӨ-ің жаңа әдісін [1] ойлап тапты. Бұл әдістің дәстүрлі ТФӨ технологиясының сұлбасынан ерекшелігі кесу процесінде салқындату мақсатында кесу аумағына майлаушы-салқындатушы сұйықтықты алып беру болып табылады (салқындату сұйықтығы ретінде СМС-8 салқындататын, майлайтын эмульсия қолданылды). Кесу аумағына СМС-ды беру жиілігі кескіш құрал-үйкеліс дискісінің жиегіндегі салқындататын учаскелер санына байланысты (1-сурет).

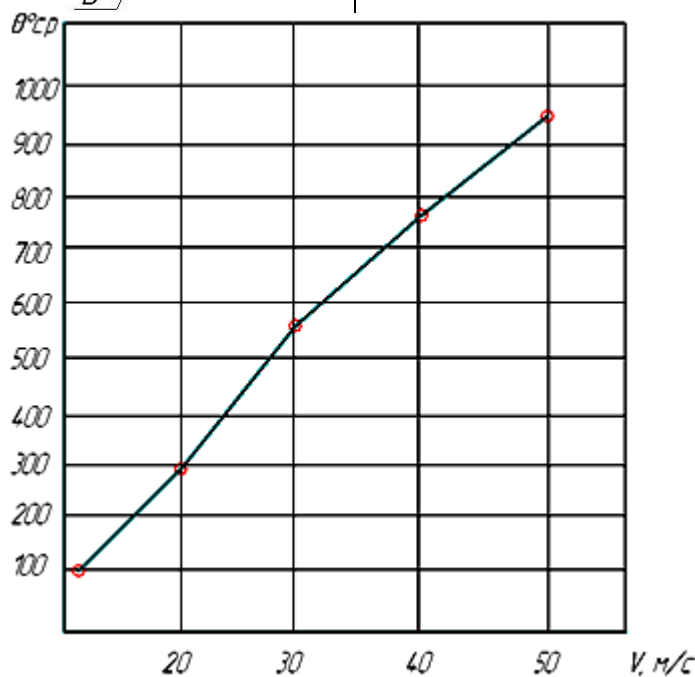
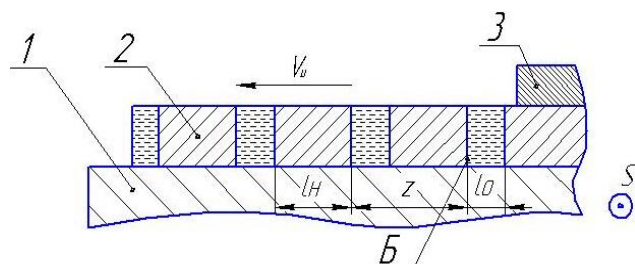
Қыздыратын учаскенің ұзындығы l_n осы учаскенің соңындағы максималды температураны θ_{max} анықтайды, бұдан басқа ол кескіш дискінің жиегіндегі сызықтық жылдамдыққа байланысты. Түйісудегі кесу бетінің орташа температурасы θ_{op} , салқындататын учаскенің ұзындығына l_o және қыздыру-салқындату циклідерінің қайталау жиілігіне тәуелді болады. Өңдеу процесінде түйісудің орташа температурасының шамасы өңделетін материалдың рекристаллдану температура-сынан жоғары болуы тиіс немесе орташа температура материалдың ағымдылық шегінен σ_m өтуді қамтамасыз етуі тиіс. 2 – суретте θ_{max} және θ_{op} температураларды өлшеу сұлбасы көрсетілген.

Орташа температураны табиғи термोजұп тәсілімен өлшеу үшін қолданылатын элементтердің бірі болып, өңделетін материал 1 қызмет етеді, ал термोजұптың екінші элементі болып кескіш дискісі пайдаланылады. Кесуші үйкеліс дискісінің ортасына айналдырықта орналасқан қуыс арқылы мыс өзегі бұрғиылады және тоқөлшегішке жалғанады. Б нүктесіндегі максималды температураны өлшеу үшін (2 – сурет), дайындамада диаметрі 0,3 мм болатын тесік бұрғыланады, одан тесіктің қабырғаларынан жекелендірілген вольфрамнан жасалған диаметрі 0,1 мм болған сым өткізіледі. Б нүктесінде конустық терең қуыс зеңкірленеді. Осы қуысқа электр ұшқынды тәсілмен балкытылған вольфрамнан жасалған сым түйіршік электр-контактті тәсілмен дайындамаға пісіріледі. Сымның басқа ұшы приборға шығарылады, ал жартылай жасанды термोजұптың екінші жағы тікелей дайындамадан приборға жалғанады. 3-суретте орташа темпера-

тураның әртүрлі кесу жылдамдығы кезіндегі эксперимент түрінде алынған байланысы көрсетілген.



1 – сурет – Кескіш құрал-сайманның сұлбасы



Болат ХН70Ю; $S=50 \text{ мм/мин}$; $l_n=12 \text{ мм}$; $l_o=17 \text{ мм}$;

3 – сурет – Импульсті салқындатумен ТФӨ кезіндегі кесу жылдамдығының орташа температураға әсері

2 – сурет – θ_{max} және θ_{op} температураларды өлшеу сұлбасы

Өңделетін материалдың рекристалдану температурасын біле отырып эксперимент түрінде түйіскендегі орташа температураның θ_{op} қажетті мәнін келесі шарттан анықтауға болады

$$\theta_{op} > \theta_{рек} \quad (1)$$

Үйкеліс дискісінің жиегіндегі жылдамдығын өзгерту арқылы табиғи терможұп тәсілімен (1) шартты қамтамасыз ету үшін қажетті жылдамдықты V_k оңай анықтауға болады.

Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Машина жасау технологиясы» кафедрасында орындалған ғылыми зерттеу нәтижелері термофрикциялық өңдеу әдісінің жоғары үнемділігін және экономикалық тиімділікті сақтаған жағдайда қолданыстағы осындай өңдеу түрлеріне қатысты сапа мен дәлдікті асыра қамтамасыз ете алатындығын көрсетті.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шеров К.Т., Жетесова Г.С., Имашева К.И. и др. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения // Заключение о выдаче инновационного патента РК на изобретение от 22.04.2010г. по заявке от 09.06.2009 г.
2. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. 304 с.
3. Поятавцев О.Ф., Соколов А.А. Методы контроля, регистрации и снижения температуры и температурных деформаций металлорежущих станков // Обзор. М.: НИИМАШ, 1982. 36 с.

УДК 669.018

ИСАГУЛОВ А.З.,
БАЙСАНОВ А.С.,
КУЛИКОВ В.Ю.,

**Анализ физико-химических условий
восстановления марганца и железа**

Существуют различные представления о механизме углеродотермического восстановления оксидов металлов. А.А. Байков рассматривал восстановление как совокупность двух одновременно идущих превращений – диссоциации оксида с выделением молекулярного кислорода и соединения его с восстановителем. Г.И. Чуфаров и Е.П. Татиевская выдвинули адсорбционно-каталитическую теорию, согласно которой восстановление протекает в три стадии: 1) адсорбция восстановителя на реакционной поверхности; 2) химическое взаимодействие адсорбированного восстановителя с кислородом оксида и перестройка кристаллической решетки последнего; 3) десорбция газообразного продукта реакции. А.П. Любан считал, что механизм реакций восстановления многообразен, но, каков бы ни был этот механизм, в основе его лежит процесс диссоциации с выделением атомарного кислорода, активно взаимодействующего с восстановителем. В.П. Елютин и др. пришли к выводу, что восстановление осуществляется в результате контакта парообразного оксида с углеродом. Имеются и другие гипотезы восстановления оксидов металлов.

Наибольшее распространение получило представление, что процесс восстановления оксидов твердым углеродом протекает в две стадии (двухступенчатый процесс). С этой точки зрения взаимодействие оксидов с углеродом происходит через газовую фазу посредством CO, а твердый углерод участвует в регенерации CO.

Некоторые исследователи считают, что лимитирующей стадией суммарного процесса прямого восстановления является реакция газификации твердого углерода.

Опытные данные показывают, что при прямом восстановлении оксидов реакции газификации и косвенного восстановления взаимосвязаны и взаимозависимы. Это обуславливает появление новых закономерностей процесса, отличающихся от закономерностей отдельно взятых реакций косвенного восстановления и реакции газификации, поэтому многостадийный процесс прямого восстановления необходимо рассматривать как единый процесс.

Эти реакции составляют один цикл взаимодействия. Особенность процесса заключается в том, что одной молекуле CO₂, образующейся по реакции косвенного восстановления, соответствуют две молекулы CO, образующиеся по реакции газификации (образование двух молекул CO возможно только при $t \geq 1023$ K). Тогда, если в первом цикле вступило в реакцию n молекул CO, то во втором цикле образуется $2n$ молекул CO₂ и 2^2n молекул CO. Соответственно в i -м цикле $2^{i-1}n$ молекул CO.

Значение пространственного расположения атомов в структуре и их фундаментальная связь с составом минералов стали ясны уже во второй половине XIX века, но у исследователей не было тогда прямого метода для подтверждения этого. Такая возможность появилась в 1912 г., когда Макс фон

Лауэ впервые показал, что кристалл может служить трехмерной дифракционной решеткой для пучка рентгеновских лучей. Достаточно сказать, что по величине углов, под которыми происходит дифракция рентгеновских лучей, можно определять расстояние между плоскостями, содержащими атомы, из которых построен кристалл, а изучая интенсивность рентгеновских лучей, можно делать выводы о положении атомов различных элементов на этих плоскостях. Вооружившись точным знанием химического состава кристаллического соединения, мы оказываемся в состоянии установить приблизительное положение всех элементов в его структуре.

Известно, что минерал представляет собой гомогенное твердое тело, образованное природными процессами. Минерал обладает правильным, закономерным расположением атомов, что устанавливает пределы для области изменения его химического состава и придает ему характерные физические свойства.

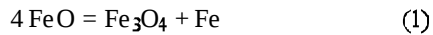
Данное определение исключает все жидкости, газы, искусственные твердые тела и природные аморфные вещества. И все же два аморфных вещества – опал и лешательерит – описаны просто потому, что они представляют интерес в связи с другими, кристаллическими формами кремнезема. Янтарь, уголь, битумы и нефтяные масла исключены по той причине, что имеют переменный состав и не обладают правильной атомной структурой.

Чтобы вещество действительно представляло собой определенный минерал, необходимо иметь единственную в своем роде комбинацию химического состава и структуры. Это не означает, что у минерала должны быть уникальны и структура, и состав. Как мы увидим, имеется много минералов с одинаковой структурой и множество химических составов, которые являются общими для нескольких минералов. Именно сочетание этих двух параметров должно быть строго определенным.

В реальности процессы намного сложнее и необходимо учитывать влияние оксидов пустой породы в железомарганцевых рудах Al₂O₃, MgO, CaO и SiO₂. Образование твердых растворов характерно для металлургических процессов. Так, вюстит при 1100°C растворяет до 28 % CaO, а CaO до 1 % вюстита. Кроме того, в процессах восстановления сложных оксидных систем в большинстве случаев возможно образование различных соединений между исходными оксидными фазами, промежуточными и конечными продуктами восстановления, а также сопутствующими оксидами. На практике часто не осуществляются равновесные условия, отсутствуют термодинамические данные для восстановления многих соединений, поэтому обычно производится приближенная оценка равновесий. Тем не менее, учет образования промежуточных соединений при проведении соответствующих расчетов позволяет

проводить нужные корректировки технологических процессов.

Так, например, ранее проведенными работами [1] выявлено, что присутствие оксидов магния, кремния, стабилизируя решетку вюстит, препятствует образованию ферромагнитных форм железа в результате реакции



При этом образовавшиеся вюститные растворы ухудшают условия дальнейшего восстановления вследствие образования диффузионных препятствий.

При этом скорость распада уменьшается столь значительно, что фаза с 5 % MnO, нагретая до 800°C и медленно охлажденная на воздухе, не обнаруживает даже следов разложения вюстит и образования магнетита. Данное обстоятельство объясняет неэффективность одинакового подхода к обжигу железомарганцевых и железных руд [2]. Реакция (1) имеет место при обжиге железных руд, что способствует повышению ферромагнитных свойств обожженного материала. При обжиге железомарганцевых руд в связи со стабилизацией решетки вюстит монооксидом марганца при тех же условиях реакция (1) не протекает, что ухудшает результаты последующей магнитной сепарации.

Наряду с окислительно-восстановительными процессами роль фазовых равновесий в многокомпонентных гетерогенных системах исключительно важна при прогнозировании и отработке технологии восстановительного обжига железомарганцевой руды. Это связано с тем, что магнитные свойства сосуществующих фаз в обожженной железомарганцевой руде влияют на эффективность магнитного разделения оксидов марганца от железа. Поэтому изучение физико-химических свойств сосуществующих фаз в системе Mn-Fe-O имеет большое практическое значение для разработки технологии обжигмагнитной переработки железомарганцевых руд.

Несмотря на многочисленные исследования, фазовые равновесия в системе Mn-Fe-O и термодинамические свойства сосуществующих фаз во многом остаются невыясненными. Исследование системы марганец – кислород затрудняется многообразием валентных состояний марганца и железа, возможностью взаимного растворения оксидов, а также амфотерностью и полиморфизмом некоторых фаз. Сложный характер фазовых превращений, происходящих в системе железо – марганец – кислород, иллюстрируется диаграммой температура – состав (рисунок).

С кислородом марганец образует ряд соединений, которые широко встречаются в природе. Изучению таких соединений посвящен ряд работ, обобщенных и дополненных Е.Я. Роде. Классифицируя кислородные соединения марганца, Е.Я. Роде выделил два класса соединений: постоянного состава, отвечающие стехиометрическому соотношению компонентов, и

переменного состава – твердые растворы. Из соединений марганца, отвечающих стехиометрическому составу, хорошо известны четыре следующих оксида: MnO_2 – диоксид марганца с содержанием кислорода 36,81 %; Mn_2O_3 – оксид марганца (курнакит) – 30,31 %; Mn_3O_4 – закись-окись марганца (гаусманит) – 27,97; MnO – монооксид марганца с содержанием кислорода 22,56 %. Используемые руды содержат марганец главным образом в виде кислородных соединений. Кроме того, в рудах встречаются карбонаты гидрооксиды.

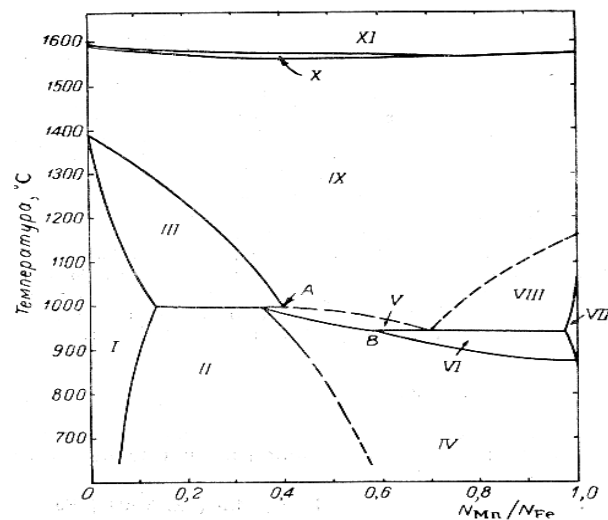


Диаграмма состояния системы Fe – Mn – O (полученная на воздухе; $P_{\text{O}_2} = 0,21$ атм. Па*с). Крайние точки состава соответствуют оксидам Me_2O_3 :

I – твердый раствор на основе гематита; II – твердый раствор на основе гематита + твердый раствор на основе $\alpha\text{-Mn}_2\text{O}_3$; III – твердый раствор на основе гематита + шпинель; IV – твердый раствор на основе $\alpha\text{-Mn}_2\text{O}_3$; V – шпинель + твердый раствор на основе $\alpha\text{-Mn}_2\text{O}_3$; VI – твердый раствор на основе $\alpha\text{-Mn}_2\text{O}_3$ + твердый раствор на основе гаусманита; VII – твердый раствор на основе гаусманита; VIII – твердый раствор на основе гаусманита + шпинель; IX – шпинель; X – шпинель + расплав оксидов; XI – расплав оксидов

Диоксид марганца MnO_2 является самым распространенным оксидом марганца и имеет наиболее важное практическое значение. Она существует в двух модификациях: $\beta\text{-MnO}_2$ (пирролюзит, полианит) и $\gamma\text{-MnO}_2$. Одна из которых – $\beta\text{-MnO}_2$ – характеризуется тетрагональной решеткой типа рутила, а другая – $\gamma\text{-MnO}_2$ – ромбической решеткой. Помимо безводного известен гидратированный диоксид марганца – $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, который можно рассматривать как марганцоватистую кислоту H_2MnO_3 . А.Т. Бетехтин принимал существование природной марганцоватистой кислоты в виде минерала, названного им вернадитом.

Соединения диоксида марганца с оксидами марганца низшей валентности и окислами других металлов, отвечающие общей формуле $RO-MnO_2 \cdot nH_2O$, где RO может быть MnO , BaO , CaO , K_2O , CuO , PbO , MgO , Li_2O , ZnO и др., носят название полиперманганиты. К рассматриваемой группе соединений относятся также природные соединения – псиломеланы. Имеются и другие соединения марганца. По данным, общее число марганецсодержащих минералов, встречающихся в природе, превышает 150.

По данным рентгеновского и электронографического анализа, гематит $\alpha-Fe_2O_3$ имеет ромбоэдрическую структуру типа корунда с постоянной решетки $a = 5,4271 \text{ \AA}$ и $\alpha = 55^\circ 16'$. Гематит является антиферромагнетиком со слабым ферромагнетизмом, обусловленным, по мнению одних авторов, отсутствием строгой антипараллельности спинов магнитных подрешеток, а по мнению других – примесями или дефектами решетки.

Область существования однофазного гематита исследовалась неоднократно. Большинство авторов допускают лишь незначительную растворимость магнетита в $\alpha-Fe_2O_3$, оценивая ее величиной 0,0-0,3 мол. % Fe_3O_4 при $1000^\circ C$ и 1-2 мол. % при $1500^\circ C$. Ограниченность растворения магнетита в гематите подтверждается также магнитными и электрическими измерениями.

Магнетит является простейшим ферритом типа шпинели. Подобно монооксиду железа магнетит при

высокой температуре имеет обширную область гомогенности. При этом низкокислородная граница магнетитового поля соответствует строго стехиометрическому составу Fe_3O_4 , тогда как высококислородная отвечает значительной растворимости Fe_2O_3 в Fe_3O_4 (до 40 вес. % при температуре $1566^\circ C$ и давлении кислорода 16 атм). Примечательно, что увеличение содержания кислорода в магнетитовой фазе сопровождается уменьшением постоянной решетки. Поэтому по аналогии с вюститом можно ожидать, что нестехиометрический магнетит имеет дефектную структуру.

Монооксид марганца (манганозит) MnO имеет кристаллическую структуру типа $NaCl$ с постоянной решетки 4,431 – 4,438 $\text{\AA}$. Монооксид марганца MnO встречается в природе и может быть получен искусственным путем. Этот оксид обладает весьма высокой термической устойчивостью. Подобно вюститу монооксид марганца является фазой переменного состава.

Пока не выяснено, являются ли манганозитовые твердые растворы со значительным отклонением от стехиометрии продуктами физической адсорбции кислорода или их образование связано с изменением валентного состояния марганца. Так как давление кислорода над такими растворами значительно превышает давление диссоциации гаусманита, по-видимому, они представляют собой термически неустойчивые вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батти Х., Принг А. Минералогия для студентов / Пер. с англ. М.: Мир, 2001. 429 с.: ил.
2. Чуфаров Г.И. и др. Физико-химические свойства неорганических окислов. Л., 1978.

УДК 621.34:62.505:669.046.4

ЮЩЕНКО О.А.

Имитационное моделирование динамических режимов электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования

Линия непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) является сложной электромеханической системой, надежность и качество функционирования которой зависит от физико-механических свойств обрабатываемой полосы металла и режимов работы взаимосвязанного через полосу многодвигательного электропривода.

Во время прохождения полосы в печи термохимической обработки (ТХО) под действием высокой температуры, во время движения каретки петлевого устройства возникает процесс складкообразования в полосе, что негативно влияет на качество продукции.

В печи ТХО полоса подвергается термохимической обработке в защитной атмосфере. Рабочее пространство печи делится на ряд зон обработки, соответствующих технологическим фазам: нагреву, выдержке при определенной температуре, охлаждению. Полоса, продвигаясь через рабочее пространство печи, последовательно подвергается

термохимическому воздействию окружающей среды в каждой зоне.

В печи ТХО осуществляются следующие операции: нагрев полосы на участке пламенной печи в атмосфере продуктов неполного сгорания пропан-бутана до температуры $600 \div 650^\circ C$, окончательный нагрев и выдержка полосы на участке печи с радиационными трубами в атмосфере водородного защитного газа при температуре $700 \div 900^\circ C$, охлаждение полосы на участке струйного охлаждения до температуры $450 \div 470^\circ C$. Участки печи открытого пламени, обработки полосы радиационными трубами и струйного охлаждения конструктивно объединены в один.

Для решения проблемы повышения надежности работы ЛНГЦ были проведены исследования [1], включающие ряд экспериментов по определению динамических свойств обрабатываемой полосы металла.

В процессе экспериментальных исследований определялся характер изменений упругих усилий в полосе во время движения каретки петлевого устройства. При эксперименте было выявлено, что на входе в печь ТХО амплитуда колебаний в полосе становится меньше, чем при прохождении полосы через петлевое устройство, так как колебания имеют затухающий характер. В печи ТХО при термообработке под действием высокой температуры пластичность прокатываемого металла увеличивается и амплитуда колебаний уменьшается. Таким образом, в результате проведенных экспериментов установлены следующие существенные факторы, влияющие на динамику полосы:

1. Возникновение продольных колебаний в полосе во время движения каретки петлевого устройства;
2. Изменение упругости и пластичности полосы в процессе обработки металла;
3. Различные параметры и характер волн упругой деформации при ее распространении по направлению движения полосы.

На основании полученных экспериментальных данных были разработаны имитационные модели взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ (рисунок 1).

В разработанной модели многодвигательный групповой электропривод ЛНГЦ заменяется двухдвигательным эквивалентным. Имитационная модель взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ состоит из моделей электроприводов тянущей станции № 1 (ТС1), вертикального петлевого устройства (ПУ), тянущей станции № 2 (ТС2), роликов участка обработки печи (ТХО) и натяжных роликов печи (ТР).

Электроприводы ЛНГЦ связаны между собой по каналам задающих воздействий. Блоки ТС1, ПУ, ТС2, ТХО, ТР формируют модели электроприводов тянущей станции № 1, петлевого устройства, тянущей станции № 2, участков обработки полосы в печи и участка печи с натяжными роликами соответственно. Элементы Step1 и Step2 имитируют сигналы задания натяжения полосы в агрегате, входным воздействием в модели также является задание по скорости от ведущего скоростного механизма. Сигнал с датчика скорости поступает на входы регуляторов скорости электроприводов транспортирующих роликов натяжных станций и камер печи ТХО. Выходные величины модели – усилие натяжения в полосе при прохождении через механизмы средней технологической части ЛНГЦ.

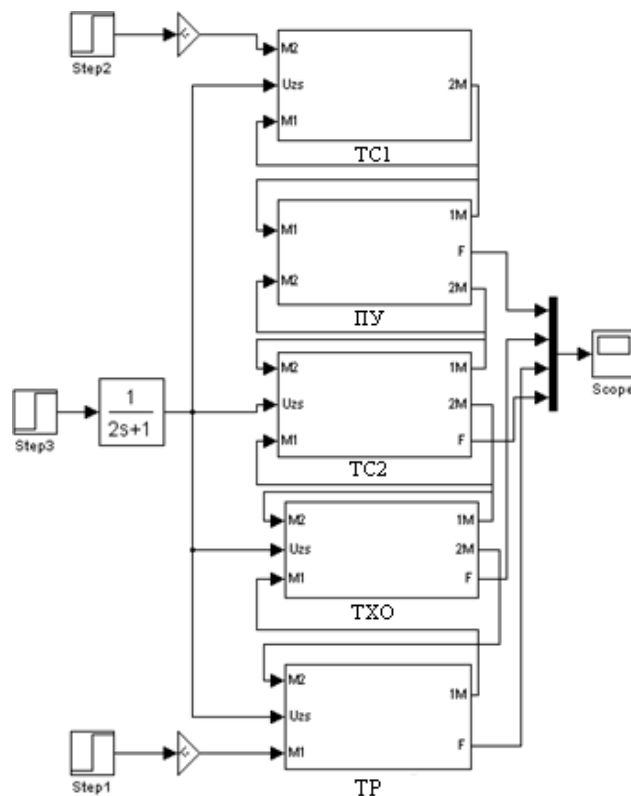


Рисунок 1 – Имитационная модель взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ

В основу построения модели положен принцип декомпозиции [2].

Имитационная модель электропривода петлевого устройства приведена на рисунке 2.

Элемент Step1 имитирует входное задание по скорости от ведущего скоростного механизма для каретки петлевого устройства. Сигнал с датчика скорости поступает на вход регулятора скорости электропривода каретки петлевого устройства. Входными воздействиями в модели также являются сигнал задания натяжения полосы в петлевом устройстве – элемент Step2 и моменты сопротивления полосы с нижнего ролика тянущей станции № 1 – $M1$ и верхнего ролика тянущей станции № 2 – $M2$. Выходные величины модели – усилие натяжения в полосе F и моменты сопротивления полосы $2M$ и $1M$ нижнего и верхнего роликов петлевого устройства соответственно. Блоки Transport Delay, Transport Delay1 и Transport Delay2 формируют задержку сигнала движения каретки петлевого устройства на заданное время. В модели полосы петлевого устройства учитывается изменение длины полосы между верхними и нижними роликами при выборе (нагоне) полосы при помощи функциональных блоков Fcn2 и Fcn3.

Имитационные модели электроприводов тянущей станции № 2 и роликов печи ТХО выполняются аналогично имитационным моделям электропривода башенной печи агрегата непрерывного отжига [3].

В модели усилия натяжения полосы тянущей станции № 1 (рисунок 3) учтено изменение скорости двигателя верхнего ролика во время движения каретки петлевого устройства при стоянке головной части агрегата.

При помощи блоков Transport Delay, Saturation и Rate Limiter смоделировано изменение скорости верхнего ролика тянущей станции № 1 во время остановки головной части агрегата, технологического толчка для контроля сварного шва и запуска головной части агрегата на повышенной скорости для осуществления нагона полосы в петлевое устройство.

Реализация модели была осуществлена в пакете Simulink системы MATLAB 7.

Симуляция процесса проводилась с использованием многошагового метода решения, с

переменным шагом модельного времени, что целесообразно в тех случаях, когда одношаговые явные методы не обеспечивают решения, при жесткости системы дифференциальных уравнений.

Оценка адекватности исследуемой модели определялась по средним значениям результатов эксперимента на модели и измерений на реальной системе. Осциллограммы с записью усилий натяжения в полосе при прохождении через петлевое устройство, тянущую станцию № 2 и печь ТХО, приведены на рисунке 4.

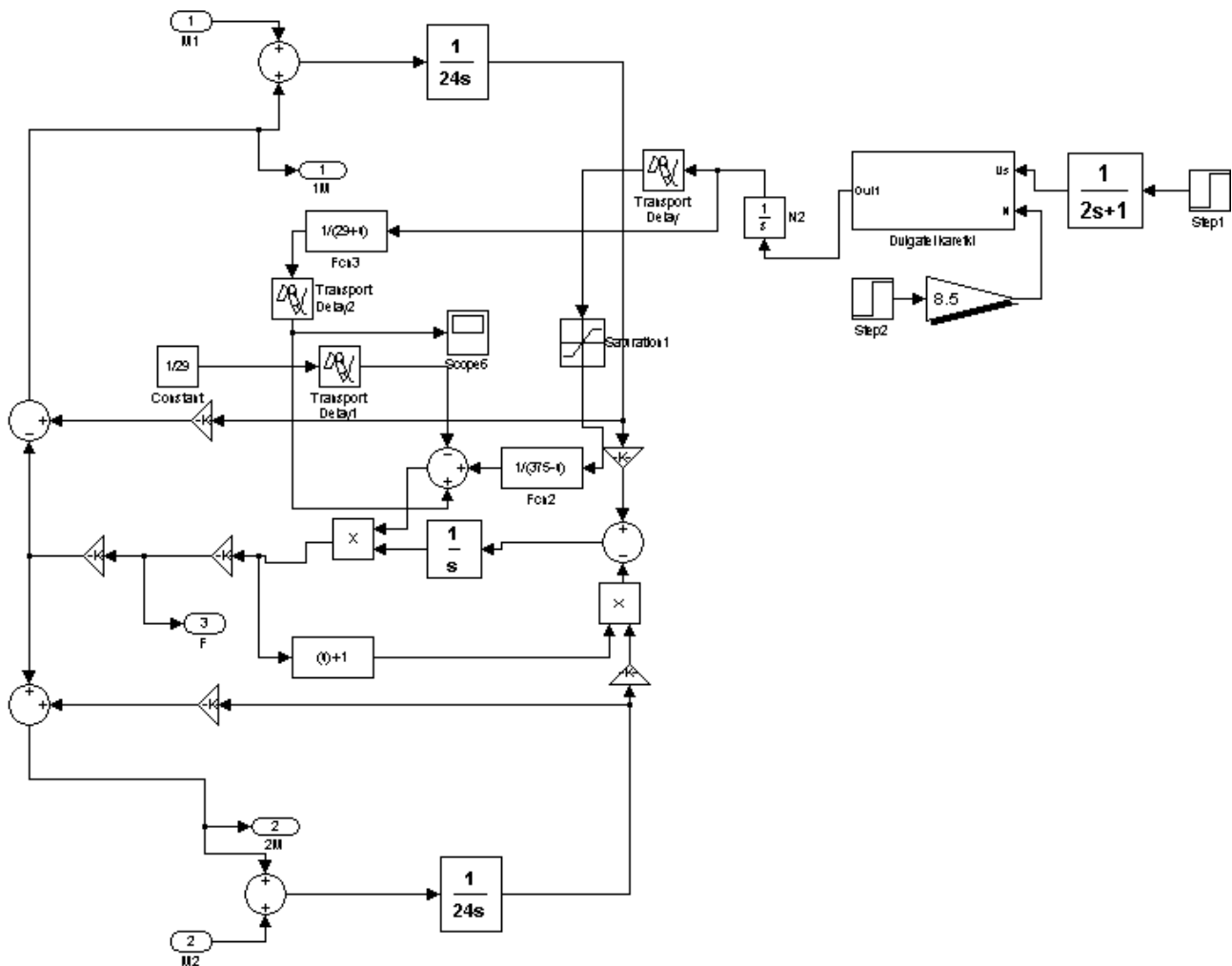


Рисунок 2 – Имитационная модель электропривода петлевого устройства

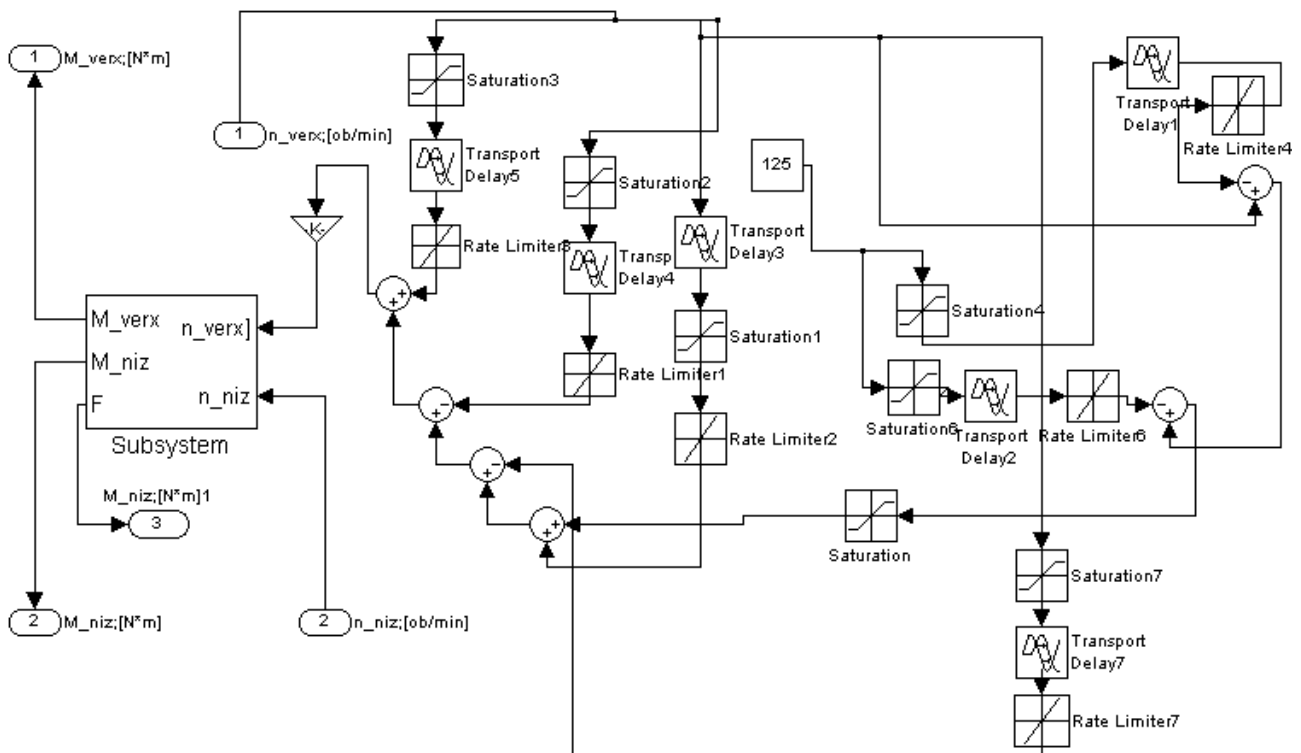


Рисунок 3 – Имитационная модель усилия натяжения полосы тянущей станции № 1

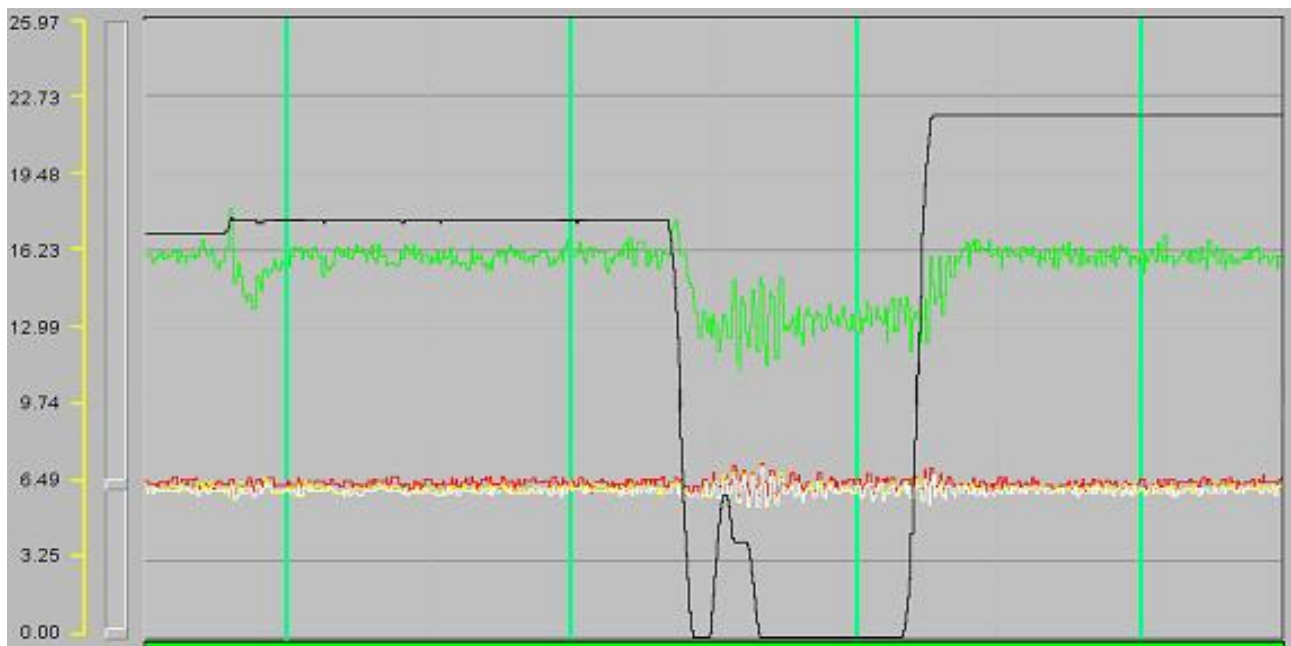


Рисунок 4 – Осциллограммы усилий натяжения в полосе

На осциллограммах сверху вниз соответственно расположены: изменение рабочей скорости головной части ЛНГЦ, записи усилий натяжения в петлевом устройстве, тянущей станции № 2, на участке обработки полосы в печи и на участке печи с натяжными роликами. Масштаб осциллограмм для усилий натяжения полосы – 0,25 кН/мм. Масштаб по временной оси – 0,26 мм/с. Одно деление по временной оси соответствует 127 с.

Анализ полученных осциллограмм показал, что в полосе присутствуют вынужденные и собственные колебания. Вынужденные высокочастотные колебания

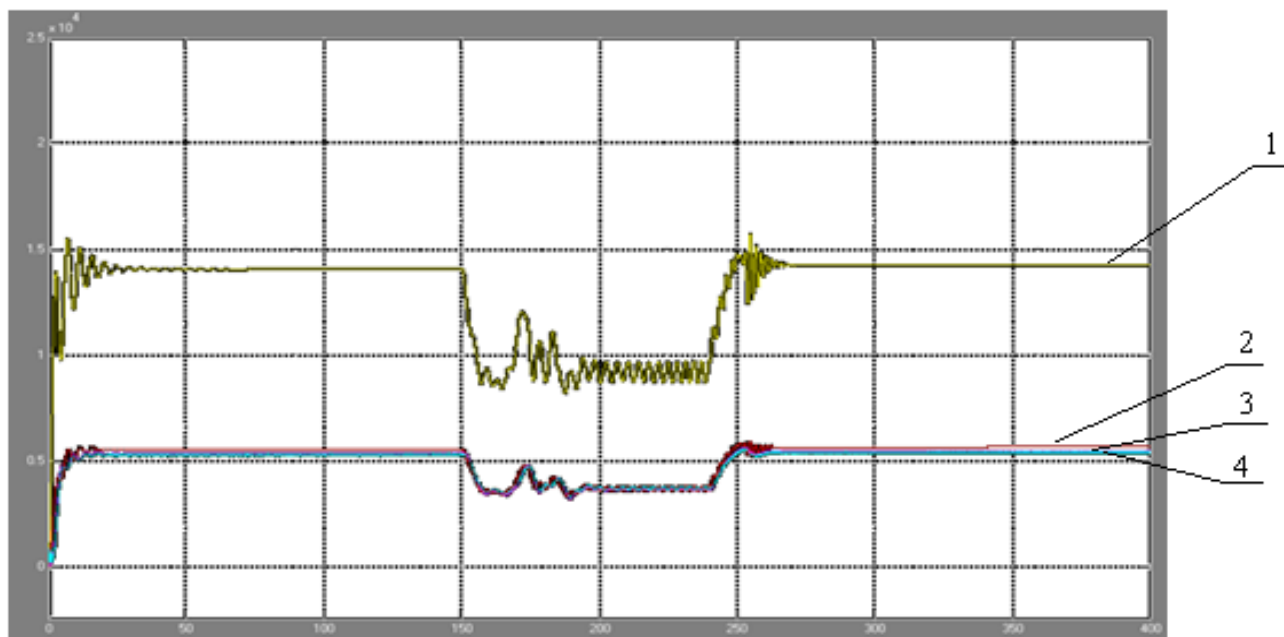
содержат составляющие, возбуждаемые при взаимодействии полосы с роликами, и составляющие, связанные с изменением скорости головной части агрегата. Частотный спектр изменения усилий в полосе сосредоточен в диапазоне частот от 3 до 20 Гц. Низкочастотная составляющая характеризует процессы взаимного влияния приводов роликов механизмов ЛНГЦ и изменения упругих свойств обрабатываемой стальной полосы.

Результаты моделирования на имитационной модели приведены на рисунке 5. При проведении экспериментов и разработке модели оценивалась

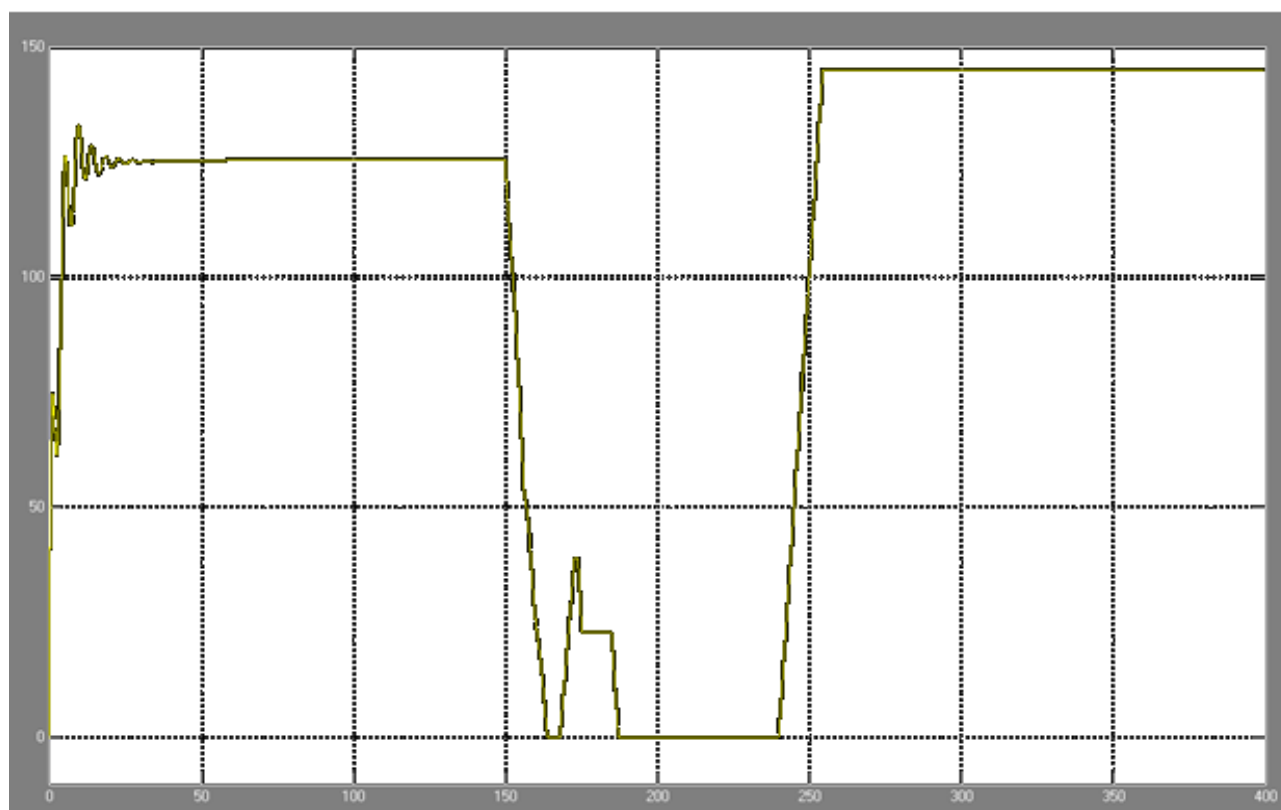
только низкочастотная составляющая, высокочастотной составляющей колебаний усилий натяжения в полосе пренебрегаем, так как она не оказывает значительного воздействия на процесс складкообразования в полосе.

На осциллограмме рисунка 5 (а) приведены усилия натяжения в петлевом устройстве, натяжной станции № 2, в печи ТХО на участке обработки, в печи ТХО на участке с натяжными роликами – кривые 1, 2, 3, 4 соответственно. На рисунке 5 (б) показана скорость головной части агрегата.

Из анализа осциллограмм и результатов имитационных экспериментов следует, что разработанная модель адекватна, отклонение от фактического сигнала составляет не более 10 %, что является достаточным условием для решения проектных задач, в которых анализируются динамические процессы, происходящие во взаимосвязанных электроприводах средней технологической части ЛНГЦ.



а)



б)

а – осциллограммы усилия натяжения в полосе; б – скорость головной части линии

Рисунок 5 – Имитационные эксперименты

Таким образом, в результате анализа и экспериментальных исследований, разработана имитационная модель взаимосвязанных электроприводов транспортирующих роликов средней технологической части ЛНГЦ, учитывающая

основные факторы, влияющие на динамические и статические свойства полосы обрабатываемого металла как объекта управления.

Полученные результаты предназначены для оптимизации режимов работы ЛНГЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ющенко О.А. Экспериментальные исследования натяжения в электромеханической системе печи термохимической обработки // Тр. ун-та. Вып. № 4. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. С. 77-79.
2. Сивякова Г.А. Взаимосвязанный электропривод агрегата непрерывного отжига : Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 2.06.2007. Алматы: АИЭС, 2007. 24 с.
3. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. М. : ДМК-Пресс, 2008. 784 с. : ил.

УДК 669.054

КИМАНОВ Б.М.

Исследование механизма фильтрационного рафинирования стали от растворённого кислорода

В последние годы в металлургии и литейном производстве стран Европы, США, Японии, России, Китая и др. всё большее применение находит фильтрационный метод, обеспечивающий высокую степень рафинирования металлов и сплавов. Суть этого метода состоит в пропускании металлического расплава через специальное устройство (фильтр), при прохождении через который в результате физико-химических, адсорбционных, механических и др. явлений происходит его очищение от шлаковых, неметаллических, интерметаллидных, газовых включений и от вредных примесей.

Используемые фильтры конструктивно можно разделить на две группы: двумерные и объёмные. Первые являются достаточно распространенным видом фильтров и представляют собой сетку (пластину) из керамики или стекловолокна. Такие фильтры очищают металл главным образом от крупных включений экзогенного характера, размер которых больше размеров отверстий в сетке. В этом случае фильтр выполняет роль механического сита (сетки), в связи с чем рафинирующий эффект называют ситовым или сеточным, а процесс очистки - поверхностным [1, 3]. В целом, при фильтровании через двумерные фильтры характерным является малая зависимость его результатов от характера движения расплава через фильтр, невозможность повышения рафинирующего эффекта за счет явлений адгезии, адсорбции, химических реакций и т.д., ввиду малой массы реагирующего материала и поверхности контакта расплава с фильтром.

Более эффективными являются объёмные фильтры, отличительной особенностью которых является большая поверхность их контакта с металлом в процессе его фильтрации и наличие длинных и тонких межзёрненных каналов переменного сечения, что обуславливает удаление из расплава как крупных, так и мелких включений [1]. Объёмный фильтр представляет собой либо слой гранул (кусков) фильтрующего материала определенного размера и

толщины (высоты), размещенных в заливочной воронке, либо цельный блок из керамики. Кусковой фильтр определенного размера получают путем дробления огнеупорного материала с последующим его просеиванием. Фильтрующие элементы в виде гранул получают или путем окатывания соответствующих порошков, или прессованием. Окатыванием можно получить фильтрующие элементы практически любого размера из смеси различных материалов, в т.ч. содержащих раскислители, модификаторы, легкоплавкие компоненты, которые повышают рафинирующую способность фильтра. При этом гранулы могут быть двухслойными (плакированными), что позволяет использовать для изготовления внутреннего ядра окатыша более дешевый и недефицитный огнеупорный материал, а наружный слой на нем формировать из специального (в зависимости от фильтруемого расплава) адгезионно-активного состава, обеспечивающего его высокую рафинирующую способность.

Несмотря на то, что мелкодисперсные включения имеют размер значительно меньше размеров проходного канала фильтра, а значит, по геометрическим факторам они должны свободно проходить через него, часть этих включений, достигающих поверхности фильтра, задерживаются им, вследствие действия на контактной поверхности адгезионных сил. Этот рафинирующий эффект, обусловленный прилипанием мелких включений к поверхности фильтра, называют адгезионным [1]. Процесс этот реализуется по всей поверхности фильтра, контактирующей с расплавом. Поэтому увеличение удельной поверхности фильтра, в том числе за счет его утолщения (увеличения высоты фильтра), способствует повышению степени очистки расплава. В объёмных фильтрах с развитыми поровыми каналами включения задерживаются на их внутренних поверхностях, поэтому процесс

адгезионной очистки называют также процессом внутренней фильтрации [2].

Таким образом, механизм фильтрационного рафинирования металлических расплавов связывают главным образом с улавливанием взвешенных в расплаве неметаллических включений. При этом общий рафинирующий эффект фильтрования ($\mathcal{E}_\Phi$) представляется как сумма сеточного ($\mathcal{E}_{\text{сет}}$) и адгезионного ($\mathcal{E}_{\text{адг}}$) эффектов:

$$\mathcal{E}_\Phi = \mathcal{E}_{\text{сет}} + \mathcal{E}_{\text{адг}}. \quad (1)$$

Однако имеются термодинамические и кинетические предпосылки для эффективной фильтрационной очистки расплава не только от неметаллических частиц, находящихся в металле во взвешенном состоянии, но и от *растворенных* примесей, а именно [3]:

1. Неравновесное состояние расплава, оцениваемое степенью химического пересыщения $\alpha > 1$;

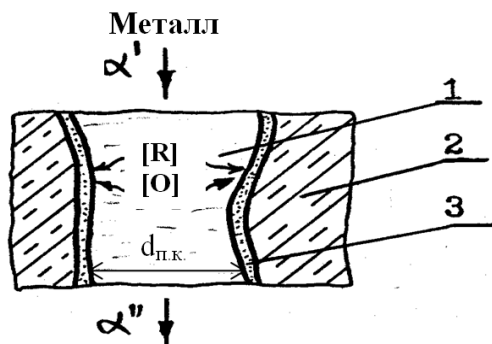
2. Предпочтительность реализации реакции связывания растворённой примеси на готовых подложках, в качестве которых может выступать поверхность фильтра;

3. Дробление потока расплава на тонкие струйки и развитая поверхность контакта расплава с фильтром, что обеспечивает интенсивную доставку компонента R и растворённой примеси к реакционной поверхности.

Предлагаемый механизм осаждения неметаллической фазы на поверхности фильтра можно назвать *подложечным* (подкладочным), поскольку фильтр выполняет роль подложки (подкладки), на которой реализуется реакция связывания растворенного кислорода [O] активным к ней элементом R:



и выделение продукта реакции в виде неметаллической фазы (R_mO_n) на его поверхности (рисунок 1).

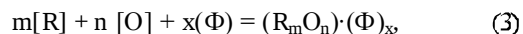


- 1 – жидкая сталь, содержащая растворенные в ней кислород [O] и связывающий его элемент [R];
2 – фильтрующие элементы; 3 – продукт реакции связывания кислорода в неметаллическую фазу;

$d_{п.к.}$ – размер порового канала фильтра; α' и α'' – степени химического пересыщения нефильтрованного и фильтрованного расплавов, соответственно ($\alpha'' < \alpha'$)

Рисунок 1 – Схема подложечного механизма фильтрационного рафинирования стального расплава от растворённого кислорода

Поскольку связывание растворенного кислорода в неметаллическую фазу происходит не в объеме расплава, а непосредственно на поверхности фильтра, то последний может участвовать в поверхностной реакции с образованием сложной неметаллической фазы, т.е. вместо реакции (2) может реализоваться следующая:



где Φ – условное обозначение материала фильтра.

Активность R_mO_n в неметаллической фазе $(R_mO_n) \cdot (\Phi)_x$ будет ниже, чем при реализации реакции (2), следовательно в этом случае при фильтровании расплава возможно достижение более глубокой степени рафинирования.

Таким образом, в расплаве в присутствии достаточного количества компонента R, создаются термодинамические условия для связывания части растворённого кислорода в неметаллическую фазу. Однако известно, что равновесие в реальных условиях практически не достигается, т.е. фактическое содержание растворённого кислорода всегда больше расчетного (равновесного), т.е. в расплаве остается избыточная часть кислорода в растворенном состоянии, которая потенциально может быть связана в неметаллическую фазу. Эта сверхравновесно растворенная часть кислорода может задерживаться фильтром за счет реализации *подложечного* механизма, т.е. за счёт связывания его в неметаллическую фазу на поверхности фильтра как на готовой подложке.

Таким образом, в выражение (1) можно ввести ещё одну величину и тогда общий рафинирующий эффект фильтрования будет равен:

$$\mathcal{E}_\Phi = \mathcal{E}_{\text{сет}} + \mathcal{E}_{\text{адг}} + \mathcal{E}_\Pi, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{\text{сет}}$, $\mathcal{E}_{\text{адг}}$, $\mathcal{E}_\Pi$ – соответственно сеточный, адгезионный и подложечный рафинирующие эффекты.

Чем большая часть примеси будет связана в неметаллическую фазу к началу фильтрования, тем существеннее становится роль сеточного ($\mathcal{E}_{\text{сет}}$) и (или) адгезионного ($\mathcal{E}_{\text{адг}}$) рафинирующих эффектов. С увеличением степени пересыщения расплава возрастает роль подложечного механизма процесса его фильтрационного рафинирования.

Экспериментально подложечный эффект можно зафиксировать с помощью датчиков окисленности – твердоэлектродных кислородно-концентрационных элементов [4] путем контроля *активности* растворённого кислорода в процессе фильтрования или моделирования этого процесса.

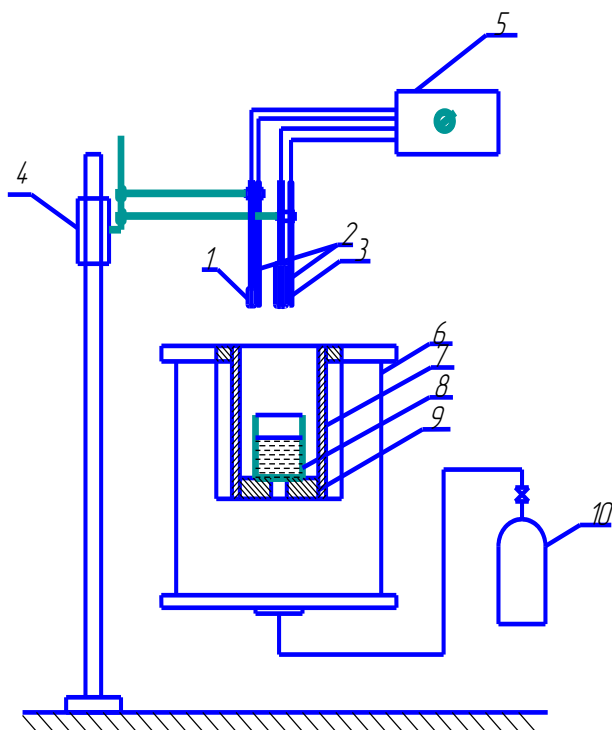
При постановке эксперимента исходили из того, что при постоянной температуре и неизменном составе металла изменение концентрации растворенного в нём кислорода эквивалентно изменению его активности. Для фиксации изменения активности кислорода в расплаве использовали

методику непрерывного ее измерения активометрами методом ЭДС. Значения ЭДС датчиков фиксировали потенциометром КСП-4. Температуру расплава измеряли термопарой ВР 5/20, а также ПП 30/6. При этих условиях относительная систематическая ошибка косвенного измерения активности составляет $\pm 5\%$, а случайная ошибка определения не превышает $\pm 4\%$. Схема установки для выявления подложечного механизма фильтрационного рафинирования приведена на рисунке 2.

Эксперименты по выявлению подложечного механизма рафинирования растворённого кислорода проводили при моделировании процесса фильтрования по методике, представленной ниже.

В качестве объекта исследования использовали сталь марки 08КП следующего химического состава: $C=0,047\%$, $Si=0,012\%$, $Mn=0,36\%$, $P=0,014\%$, $S=0,011\%$, $Al<0,005\%$. Температуру расплава с помощью задатчика, включённого в электрическую цепь печи, поддерживали постоянной в течение опыта на уровне 1570°C . Плавки проводили в инертной атмосфере аргона. Материалом фильтра служили кварцевые и алундовые трубки.

После расплавления стали в печи Таммана (6) в тигель с расплавом (8) опускали активометр (1) с токосъёмником (2) с целью определения исходной активности кислорода ($E_{\text{исх.}}$) с помощью самопишущего потенциометра (5). После чего в расплав на ту же глубину вводили модель фильтра (3) в виде пакета из огнеупорных трубок с активометром внутри (4) в виде пакета из огнеупорных трубок с активометром внутри с последующим замером ЭДС ($E_{\text{ф}}$).



1 – активометр; 2 – токосъёмник молибденовый;
3 – трубки из фильтрующего материала с активометром внутри; 4 – механизм подъёма и опускания датчиков и фильтров; 5 – потенциометр КСП-4; 6 – печь сопротивления Таммана;

7 – нагреватель; 8 – тигель алундовый с металлом;
9 – подставка; 10 – баллон с аргоном

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки для фиксации изменения активности кислорода в расплаве при контакте его с материалом фильтра

На рисунке 3 приведены потенциограммы изменения активности кислорода (E мВ) в стали до и после контакта расплава с фильтрами из SiO_2 и Al_2O_3 .

По полученным значениям ЭДС (в мВ) рассчитывали активность кислорода в % масс. [4]:

$$\lg a_{\text{O}} = 2,685 - \frac{10,087E + 5660}{T}, \quad (5)$$

где $a_{[\text{O}]}$ – активность растворенного кислорода, % масс;
 E – величина ЭДС активометра, мВ;
 T – температура расплава, К.

Полученные усреднённые значения активности кислорода в мВ и % масс. приведены в таблице.

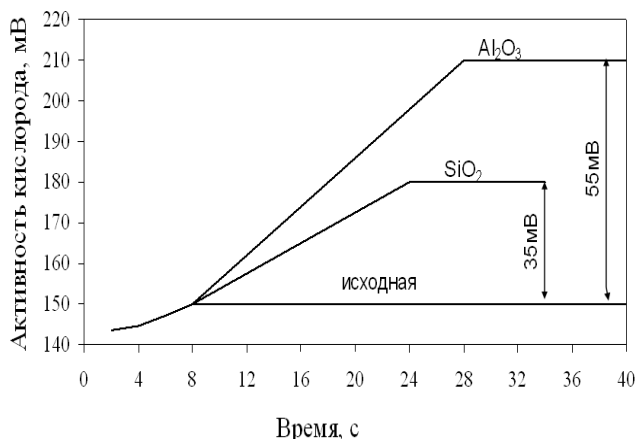


Рисунок 3 – Влияние материала фильтра на изменение активности кислорода в стали 08КП

Активность кислорода в стали до и после контакта с материалом фильтра

Вариант	Активность кислорода		Эффективность рафинирования, %
	E , мВ	$a_{[\text{O}]}$, % масс.	
1. Исходный металл (без фильтра)	150	0,062	-
2. Фильтр SiO_2	185	0,040	35,5
3. Фильтр Al_2O_3	205	0,033	46,5

Как видно из приведенной таблицы, концентрация растворенного в стали кислорода при контакте с фильтрами из SiO_2 и Al_2O_3 снижается на 35,5 и 46,5 % соответственно, что доказывает существование подложечного механизма рафинирования стали от растворенного кислорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курдюмов А.В., Инкин С.В., Чулков В.С. и др. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов. М.: Металлургия, 1980. 196 с.
2. Apelian D., Mutharasan R., Alis Removal of inclusions from steel melts by filtration // J. of materials science. 1985. V. 20. №10. P. 3501-3514.
3. Тен Э.Б., Киманов Б.М., Ким В.А. и др. Фильтрационное рафинирование металлических расплавов от растворённой примеси // Труды междунар. научно-практ. конф. «Инновационная роль науки в подготовке современных технических кадров». Караганда: КарГТУ, 2008. С. 327-330.
4. Лузгин В.П., Зинковский И.В., Подкидышев В.В., Иванов А.А. Кислородные зонды в сталеплавильном производстве. М.: Металлургия, 1989. 144 с.

УДК 669.3

ХАРЧЕНКО Е.М.,
 ЖУМАШЕВ К.Ж.

Изучение реакций твердофазного восстановления меди железом из состава ортоарсената

Анализ поведения мышьяка в медеплавильном производстве и его содержание в шлаках показывает сопоставимость эквивалентного соотношения меди, свинца к мышьяку и возможность образования высокотемпературных форм арсенатов – ортоарсенатов. По данным работ ученого Химико-металлургического института А.С. Садвокасова, в силикатной системе происходит замещение силикат-иона арсенат-ионом. Предварительно проведенные нами опыты показали возможность выделения таких металлов, как медь, свинец, мышьяк и железо из силикатного расплава в отдельные оксидные фазы (ферриты, арсенаты) добавлением в жидкий шлак щелочных реагентов. Кроме того, для образования

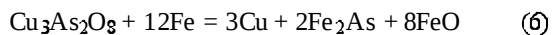
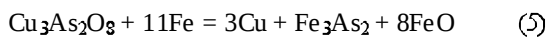
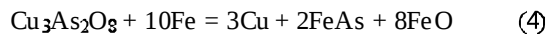
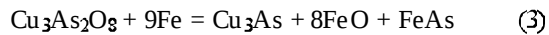
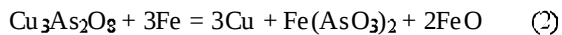
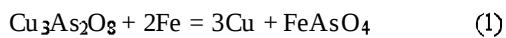
арсенатов создается условие при огневом рафинировании черновой меди от примесей, особенно к концу процесса, когда основными примесями являются Pb, Cu и As [1,2]. Выполняемая работа направлена на изучение возможности выделения меди в легкоотделяемую металлическую фазу, путем восстановления ее металлическим железом. Такой продукт реакции можно было бы использовать в качестве нейтрализующего реагента при переработке отработанных сернокислых растворов, в результате которой получают цементную медь и железный купорос. Необходимость таких исследований возникла в связи с дефицитом железного скрапа и возможностью его замены на металлизированный

железный порошок при переработке отработанного медного электролита на ПО «Балхашцветмет».

В связи с тем, что содержание меди в отвальном медном шлаке не велико (0,57 %), выявить его на кривых РФА трудно, поэтому для получения достоверных данных по восстановлению меди металлическим железом из арсенатной фазы было принято решение использовать синтетически полученный ортоарсенат меди.

Для изучения кинетики восстановления ортоарсената меди железом в качестве реакционной смеси взяты пирометаллургическая форма ортоарсената меди, синтезированная по методике [3].

Нами предполагалось, что в зависимости от массового соотношения реакционной смеси в продуктах твердофазного взаимодействия возможно образование различных фаз – соединений, о чем свидетельствуют результаты термодинамического анализа реакций (1-6) (таблица).



Поскольку затруднен количественный выход продуктов при стехиометрических соотношениях реакционных смесей, нами была проведена попытка его качественного обнаружения.

Значение энергии Гиббса восстановления ортоарсената меди железом

№ р-ции	300 К	700 К	1100 К	1300 К	1500 К	1700 К
(1)	612,1	-625,07	-630,53	-639,02	-653,62	-675,11
(2)	-945,1	-1005,40	-1057,31	-1136,55	-1186,46	-1169,29
(3)	1065,8	767,47	310,76	78,78	-140,32	-341,55
(4)	-742,56	-1064,49	-1580,21	-1848,14	-2105,59	-2346,98
(5)	-925,07	-1287,43	-1859,29	-2155,27	-2439,14	-2704,74
(6)	-689,36	-1086,68	-1709,19	-2030,51	-2338,05	-2625,16

Для этого существует несколько причин: твердофазное взаимодействие, где диффузия весьма затруднена; в неравновесных условиях не достигается равномерности распределения исходных компонентов и продуктов взаимодействия; взаимодействие компонентов идет преимущественно на поверхности раздела фаз и исключительно с образованием продуктов, более «насыщенных» по одному компоненту.

Для экспериментального подтверждения присутствия того или иного предполагаемого продукта реакции проводили выдержку реакционных смесей (составленных по реакциям 1-6) в трубчатой печи при 800°C в атмосфере очищенного аргона. После полного охлаждения содержимое лодочки и возгоны из реакционной трубки подвергались РФА. В случае смеси по реакции 2 образовались белые возгоны в реакционной трубке, которые по составу

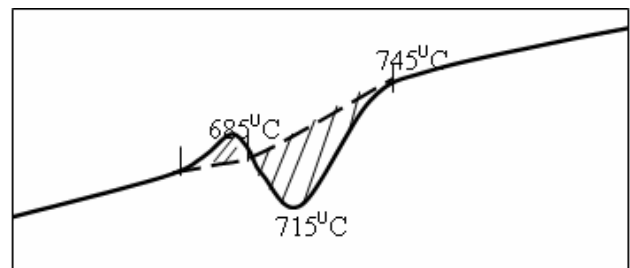
соответствовали As_2O_3 . Появление триоксида мышьяка, видимо, связано с термической нестойкостью метаарсенита железа – $\text{Fe}(\text{AsO}_3)_2$ (распадается на воздухе до $\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{12}$, As_2O_3 и O_2 [3]).

Дальнейшее повышение расхода железа приводит к появлению темных возгонов, образующих зеркальную поверхность со стеклом, что характерно для металлического мышьяка. Это подтверждается РФА. Однако основная часть мышьяка остается связанной нелетучими продуктами и, по данным РФА, невозможно определить, какой арсенид более вероятен (их смесь).

Образование металлического мышьяка, изученность образования соединений (арсенидов) в системах $\text{Cu} - \text{As}$, $\text{Fe} - \text{As}$, исследования Химико-металлургического института по восстановлению триоксида мышьяка железом служат полным основанием для факта образования арсенидов по схеме $\text{Cu}_x\text{As}_y + n\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}_n\text{As}_y + x\text{Cu}$, по мере роста расхода железа не исключается возможность образования всех термодинамически устойчивых арсенидов [4].

Итак, полное восстановление мышьяка с образованием арсенидов железа происходит в широком интервале соотношений арсената и железа, равных 1 моль: 9-12 атомов соответственно. Поэтому для изучения реакции полного восстановления меди и мышьяка из состава ортоарсената меди железом взяли соотношение 1:12 соответственно.

На кривой ДТА ортоарсената меди и железа взаимодействие сопровождается экзо- и эндоэффектами (рисунок).



Кривая ДТА ортоарсената меди и железа

Раздвоение, видимо, связано с восстановлением меди (экзоэффект), с переходом в область полного восстановления меди и мышьяка (эндоэффект).

Таким образом, результаты термодинамического, дериватографического, рентгенофазового анализов позволяют сделать вывод о возможности селективного и твердофазного восстановления меди из состава ортоарсената металлическим железом. Восстановление меди из состава ортоарсената меди

металлическим железом протекает при температуре выше 700°C и в зависимости от расхода железа образуются металлическая медь и различные соединения мышьяка – триоксид мышьяка, арсениды меди и железа.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки теоретических основ при создании новой технологии переработки шлаков цветной металлургии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раддл Р. Физическая химия пирометаллургии меди. М.: Иностранная литература. 1955. 168 с.
2. Купряков В.П. Шлаки медеплавильного производства и их переработка. М.: Металлургия, 1987. 200 с.
3. Махметов М.Ж., Горохова Л.Г. Термическая устойчивость и растворимость арсенатов. Алма-Ата, 1988. 109 с.
4. Жумашев К.Ж., Журинов М.Ж. Основы извлечения мышьяка: Алма-Ата: Гылым, 1992.

УДК 622.324.5

КЫЗЫРОВ К.Б.,
ПОРТНОВ В.С.,
ТАТКЕЕВА Г.Г.,
БАЙКЕНЖИНА А.Ж.

Неравновесная термодинамика угольного вещества

Воспользуемся общим подходом, развитым в работе [1], но с учетом особенностей рассматриваемой нами системы.

Молекулы газа в угольном веществе или поверхностном слое будем рассматривать как систему невзаимодействующих частиц, погруженную в термостат. Квантовые переходы, обусловленные взаимодействием молекул газа с термостатом, будут диссипативными (с вероятностью P) в отличие от взаимодействия с внешним полем (с вероятностью F). Диссипативные процессы приводят к тому, что вторичное поле (отклик системы) всегда меньше первичного.

Поскольку подсистема молекул обменивается с термостатом только энергией, то соответствующий им ансамбль частиц будет каноническим. В этом случае выражение для статистической энтропии имеет вид:

$$S = -k \sum_i f_i \ln f_i, \quad (1)$$

где f_i – функция распределения;
 k – постоянная Больцмана.

Дифференцируя (1) по времени и преобразуя, получим:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k}{2} \sum_{i,j} l h f_i - \ln f_j \quad P_{ij} f_i - P_{ji} f_j, \quad (2)$$

где P_{ij} – вероятность перехода из начального i (с энергией E_i) в возбужденное состояние j (с энергией E_j).

Для диссипативных процессов принцип детального равновесия имеет вид:

$$\frac{g_i P_{ij}}{g_j P_{ji}} = e^{\frac{E_j - E_i}{kT}}, \quad (3)$$

где g_i, g_j – статистические веса для уровней E_i и E_j .

Тогда (1) примет вид:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k}{2} P_{ij} \ln f_i - \ln f_j \left(f_i - \frac{g_i}{g_j} f_j e^{\frac{E_i - E_j}{kT}} \right). \quad (4)$$

Каноническая функция распределения:

$$f_{ij} = \frac{1}{Z} e^{-E_{ij}/kT}, \quad (5)$$

где статистическая сумма:

$$Z = e^{-G/kT}, \quad (6)$$

где G – потенциал (свободная энергия) Гиббса системы термостат + система молекул.

Положим, что неконфигурационная часть потенциала Гиббса линейно зависит от концентрации N молекул:

$$e^{-G/kT} = \sum_N h(N), \quad (7)$$

где $h(N) = \omega(N) e^{-G/kT}$;

$\omega(N)$ – статистический вес.

После громоздких, но простых вычислений нетрудно показать, что функция $h(N)$ представляет собой распределение Гаусса около равновесного значения $\bar{N}$ с малой дисперсией, т.е.:

$$h(N) = h(\bar{N}) e^{-\Delta \bar{N}^2 / N}. \quad (8)$$

Подставляя (8) в (7), имеем:

$$e^{-G/kT} = h(\bar{N}) \sum_{\Delta N} e^{-\Delta \bar{N}^2 / N}. \quad (9)$$

Для оценки суммы в (9) заменим ее интегралом:

$$\sum_{\Delta N} e^{-\Delta \bar{N}^2 / N} = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2 / N} dx = \sqrt{\pi N}.$$

Тогда (9) принимает вид:

$$e^{-G/kT} = h(\bar{N}) (\pi N)^{1/2}. \quad (10)$$

Воспользовавшись (7) и взяв логарифм от (10), находим:

$$G/kT = -\ln \omega(\bar{N}) + \frac{G}{kT} + \frac{1}{2} \ln(\pi \bar{N}), \quad (11)$$

где $G/\bar{N}$ – часть общего потенциала Гиббса, связанная с концентрацией молекул.

Как и выше, считая, что термодинамический потенциал $G/\bar{N}$ зависит от равновесного числа молекул C^f линейным образом, т.е.:

$$G = G^0 + \bar{N}G^f, \quad (12)$$

где G^0 – термодинамический потенциал термостата, находим:

$$G = G^0 - \bar{N}kT. \quad (13)$$

С помощью (8) выражение (6) преобразуется к виду:

$$Z = e^{-G^0/kT} e^{\bar{N}}. \quad (14)$$

Подставляя (14) в (4), находим:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k}{2} \sum_{i,j} P_{ij} e^{G^0/kT} e^{-\bar{N}} e^{-E_i/kT} \left(\frac{E_j - E_i}{kT} \right) \left(1 - \frac{g_i}{g_j} e^{\frac{E_i - E_j}{kT}} \right). \quad (15)$$

Пренебрегая малыми членами и заменяя в (15) сумму интегралом, получим:

$$P = \frac{2\Delta S}{k\tau} \exp \left\{ -\frac{E_m - G^0/\bar{N}}{kT} \right\}, \quad (16)$$

где ΔS – изменение энтропии в диссипативном процессе;

E_m – среднее значение энергии основного состояния дефектов;

τ – время релаксации.

Для функции отклика Φ системы на внешнее поле имеем:

$$\hat{O} = \frac{F}{F + P}, \quad (17)$$

где P – вероятность диссипативного процесса и определяется (19); F определяет вероятность перехода в возбужденное состояние за счет первичного внешнего поля, причем $F = 1/\tau_p$, где τ_p – время жизни возбужденного состояния. С учетом (16) выражение (17) примет вид:

$$\hat{O} = \frac{1}{1 + \frac{\tau_p}{\tau} \frac{2\Delta S}{k} \exp \left(-\frac{E_m - G^0/\bar{N}}{kT} \right)}. \quad (18)$$

Обозначая предэкспоненциальный множитель в (18) через C , получим:

$$\hat{O} = \frac{1}{1 + C \exp \left(-\frac{E_m - G^0/\bar{N}}{kT} \right)}. \quad (19)$$

Полученное нами выражение для вероятности диссипативного процесса в угольном веществе по форме совпадает с уравнением Аррениуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (20)$$

где E – энергия активации;

k_0 – предэкспоненциальный множитель;

T – температура эксперимента.

Однако в нашем случае энергия активации реакции распада (деструкции) угольного вещества приобретает более прозрачный физический смысл. Запишем выражение для энергии активации:

$$A_{\text{дэо}} = \frac{E_m - G^0/c}{kT}. \quad (21)$$

В уравнении (21) мы заменили $\bar{N}$ на c , т.е. число молекул на их концентрацию. Из уравнения (21) следует, что энергия активации зависит от нескольких параметров: энергии связи молекул E_m (для нескольких сортов молекул она различна, т.е. мы имеем набор молекулярных уровней энергии); концентрации молекул; энергии Гиббса; температуры.

В нашей модели невзаимодействующих частиц и с учетом аддитивности энергии Гиббса, мы будем иметь:

$$\begin{aligned} G^0 &= c_1 G_1^0 + c_2 G_2^0 + \dots + c_n G_n^0, \\ c &= c_1 + c_2 + \dots + c_n, \\ E_m &= E_1 + E_2 + \dots + E_n. \end{aligned} \quad (22)$$

Таким образом, каждый сорт молекул имеет свою энергию активации:

$$E_{\text{дэо}i} = \frac{E_{mi} - G_i^0/c_i}{kT}. \quad (23)$$

Это приводит к селективности процесса деструкции угольного вещества и ступенчатой функции газовыделения (рис. 1).

Из (22) и (23) видно, что чем больше молекул газа или летучих веществ – тем меньше энергия активации. Для наших целей, не делая большой ошибки, мы будем рассматривать только ту часть газовыделения, которая связана с метаном. В этом случае энергия активации распада углеметана будет иметь вид:

$$A_{\text{дэо}} = \frac{200 - G^0/c}{kT}. \quad (24)$$

Здесь мы приняли $E_m = 200$ кДж/моль – средняя энергия связи метана в угольном веществе. Энергия активации распада углеметана зависит от температуры так, как это показано на рисунке 2. При температуре $T = T_p$ собственно и начинается распад углеметана.

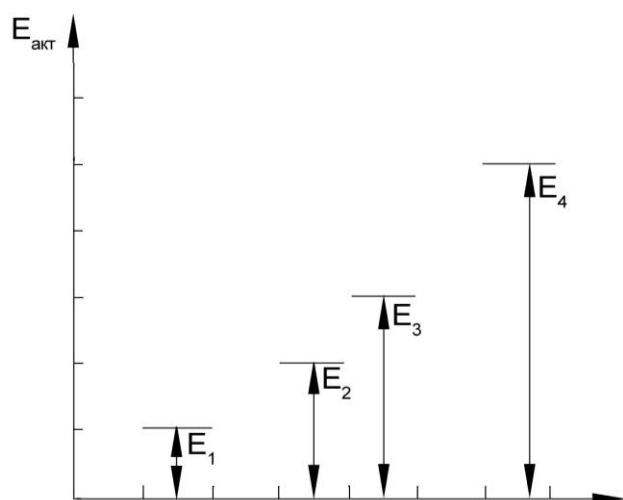
В ряде работ отмечено различие температур начала газовыделения, например, самая высокая у фюзенита (390 °C), витринита (335 °C), экзинита (250 °C) или $T_{cp} = 325$ °C. Тогда в формуле (24) $kT \approx 825 \cdot 10^{-23}$ Дж К⁻¹.

Подставляя все численные оценки, мы получим: $G^0/c = 200 - 536 \cdot 10^{-23}$. Ясно, что второй член правой

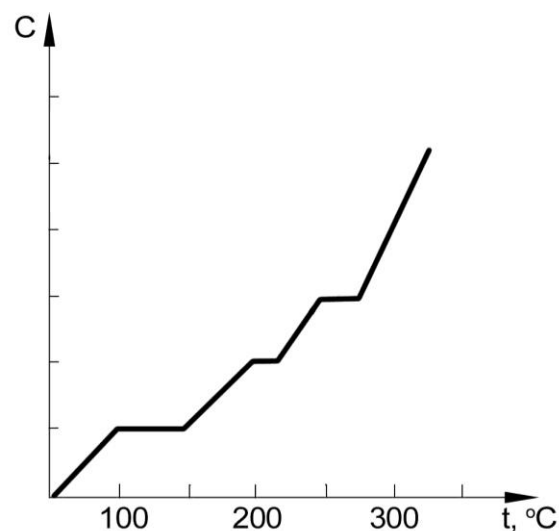
части пренебрежимо мал. Вновь обозначая энергию связи (или энергия распада) через $E_{\text{св}}$ мы получаем очень интересное соотношение:

$$\frac{G^0}{c} = E_m. \quad (25)$$

Энергия активации процесса распада углеметана тем меньше, чем меньше энергия Гиббса углеводородов.



а) энергии активации молекул угольного вещества



б) функция газовой выделенности из угольного вещества

Рисунок 1 – Схематическое представление о распределении энергии активации молекул углеводородов и температурная зависимость газовой выделенности из угольного пласта

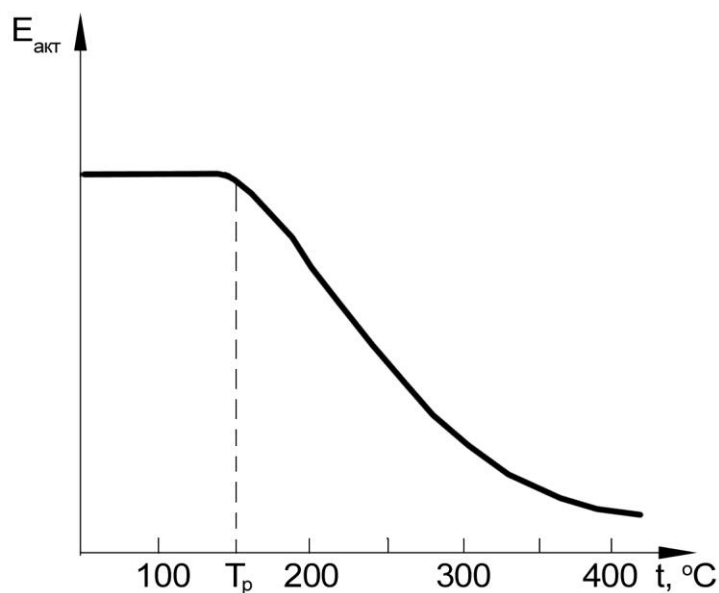


Рисунок 2 – Схематическое изображение температурной зависимости энергии активации распада углеметана

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портнов В.С., Юров В.М. Связь магнитной восприимчивости магнетитовых руд с термодинамическими параметрами и содержанием железа // Известия вузов. Горный журнал. № 6. 2004. С. 122-127.

**КИМ В.А., ТРЕБУХОВА
Т.А., СЕРЕДЕНКО А.С.**

Перспективы развития бескоксовой металлургии

Главными вопросами, стоящими перед отечественной металлургией, – рост производства металла, повышение качества металлопродукции, техническое перевооружение и улучшение экологичности производства. Наряду с дальнейшим ростом выпуска металлопродукции, полученной традиционным способом, в некоторых регионах целесообразно внедрять и развивать новые бескоксковые способы производства, которые по мере повышения качества металлопродукции и технико-экономических показателей могут обеспечить значительную долю прироста выпуска высококачественного металла в стране.

Основным сырьем для бескоксковой металлургии являются материалы с высокой степенью металлизации (более 80%), к которым относятся металлизированные окатыши или брикеты.

Решение проблемы, связанных с получением металлизированного сырья и его применение в местных сталеплавильных производствах, приобретает особую актуальность для инновационного развития Казахстана при возрастающей потребности в металле и в условиях дефицита металлолома, чугуна и кокса, а также открывает возможность расширения использования местной сырьевой базы.

Известно, что использование металлизированного сырья при выплавке стали (в основном, в электродуговых печах) позволяет производить наиболее высококачественный, экономически выгодный (с относительно низкой энергоемкостью) и экологически чистый металл (по сравнению с доменным процессом), пригодный для удовлетворения самых высоких требований таких отраслей-потребителей, как машиностроение (авиа-, судостроение и т.д.). К настоящему времени выдано более 1000 патентов, связанных с бескоксовым получением металла. В промышленном масштабе освоено порядка двух десятков.

На сегодня в мире наиболее широко распространены технологии прямого восстановления железа компании Midrex (США), установки которой работают во многих странах с 1971 г. В 2007 г. по технологиям Midrex произведено около 40 млн. т железа прямого восстановления, или 60% от общего мирового производства [1]. К разновидностям Midrex также относятся технологии Corex Midrex, Fastmet, Kwiksteel и ITmk [2, 3].

Для нашего региона в условиях отсутствия природного газа наиболее предпочтительным является развитие технологий, связанных с использованием твердого углерода. Запасы неоксующихся углей в Казахстане превышают запасы коксующихся, а стоимость единицы тепла в них и в природном газе сопоставимы.

Степень промышленного освоения процессов и основные показатели приведены в таблице 1.

Несмотря на ряд преимуществ восстановления руд газами, осуществление этих процессов в

промышленных условиях встречает большие затруднения по следующим причинам:

- низкая работа газа-восстановителя и, как следствие, необходимость проводить процесс с участием огромных объемов рециркулирующего газа и расчленять процесс восстановления на 2-3 ступени;

- необходимость использования только очень богатых руд оптимального гранулометрического состава.

Анализируя недостатки, присущие восстановлению руд газами, А.А. Байков пришел к заключению, что более целесообразным с точки зрения практического выполнения восстановления руд является твердый углерод. В этом случае нет необходимости в подводе газа извне, так как смесь руды и газа является генератором газа [4].

Для внутреннего рынка РК наиболее предпочтительным с экономической и технологической точек зрения является процесс восстановления, в котором в качестве восстановителя используется твердое топливо – энергетический уголь, обладающий более низкой себестоимостью по сравнению с истощающимся дорогим коксующимся углем.

Запасы энергетического угля позволяют осуществить реализацию известных способов прямого восстановления с целью решения сырьевой проблемы, планируемых мини-заводов по получению металлизированного сырья для электросталеплавильных заводов в Казахстане.

Согласно программе по инновационному развитию металлургического комплекса РК производство черных металлов должно наращиваться ускоренными темпами. Наряду с традиционными способами должны развиваться технологии по бескоксовому получению металла.

Ситуация на внутреннем рынке РК складывается таким образом, что в металлургической отрасли страны резко ощущается нехватка металлургического лома и его заменителей в электросталеплавильном производстве. Только потребность Павлодарского завода «Кастинг» в металлизированном продукте, готовом к применению в электросталеплавильных печах, составляет около 1,0 млн. т в год. В случае успешного внедрения схемы по получению металлизированного сырья в металлургическую промышленность будет решена сырьевая проблема существующих и планируемых электросталеплавильных мини-заводов в Казахстане, а также позволит экспортировать качественную конкурентоспособную продукцию на мировой рынок, повышая экономический потенциал РК.

При размещении производства с полным металлургическим циклом существенно повышается гибкость и маневренность по сравнению с традиционной схемой домна – конвертер. В первую очередь это проявляется в том, что производства чугуна и стали технологически жестко взаимосвязаны

и их территориально разорвать невозможно. При бескоксовой технологии электросталеплавильные печи могут работать на собственных и на привозных металлizadosанных окатышах. Это дает возможность рассматривать уже несколько вариантов размещения предприятий черной металлургии. Если при коксодоменной схеме производства металла большинство заводов приближено к железорудной базе с целью снижения транспортных расходов, то при работе на привозном металлizadosанном сырье экономичнее может оказаться приближение металлургического завода к районам, имеющим избыток металлолома и развитое металлопотребление.

Реализация технологии прямого получения железа сопровождается существенным уменьшением загрязнения окружающей среды по сравнению с коксодоменным производством.

Результаты сопоставления выбросов основных компонентов в атмосферу для рассматриваемых технологий приведены в таблице 2.

Точный учет всех аспектов этого требования при сопоставлении экологических особенностей рассматриваемых технологий может оказать значительное влияние не только на социальную, но и на экономическую эффективность технологии прямого получения железа. Например, при

бессточном водоснабжении заводов замена коксодоменной технологии прямым получением железа сокращает общее водопотребление со 180 до 160 м³/т проката, соответственно снижаются при этом приведенные затраты [5]. В дополнение к таблице 1 можно сказать, что учет других токсичных выбросов приведет за счет коксохимического производства к еще большей разнице в пользу прямого получения железа.

Проблема получения металлizadosанных материалов и создание установки для получения металлizadosанного продукта с использованием в качестве восстановителя энергетического угля местного месторождения должна устраняться новыми техническими решениями. Исследователям необходимо двигаться в направлении по созданию инновационных разработок по получению металлizadosанного продукта на базе местных природных ресурсов, способных диверсифицировать металлургическую промышленность Казахстана.

Таким образом, дальнейшее развитие металлургического комплекса республики должно сопровождаться внедрением новых технологий по получению электростали, выпускаемой с использованием металлizadosанного продукта.

Таблица 1 – Результаты промышленного освоения процессов по состоянию на 2001 г.

Показатели	Твердофазное восстановление				Жидкофазное восстановление	
	Восстановление газом		Восстановление углем		Восстановление углем	
	Мидрекс	Хил Фиор, Финмет и др.	СЛ/РН, Фастмет, Редсмелт и др.		Корекс, Хайсмелт, Ромелт	
Установленная мощность, млн.т	25,9	13,6	4,3	4,2	3,08	
Объем производства, млн.т	26,8	8	2,2	3,4	2,73	

Таблица 2 – Выбросы в атмосферу, кг/т проката

Производство	Пыль		SO ₂		CO		NO ₂	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
Коксохимическое	1,2	-	0,5	-	0,4	-	0,1	-
Агломерационное	3,6	-	7,0	-	45,0	-	1,2	-
Окатышей	0,7	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6
Доменное	7,0	-	0,1	-	10,0	-	0,5	-
Железной губки	-	0,4	-	-	-	-	0,2	-
Конвертерное	2,4	-	0,1	-	7,0	-	0,1	-
Электросталеплавильное	-	0,6	-	0,1	-	1,2	-	0,1

* Коксодоменная технология – 1, прямое получение железа – 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев А.А., Галкин В.И., Роменец В.А. Экономическая эффективность бескоксовых схем производства металла в различных ценовых условиях // Изв.вуз. Черная металлургия. 2003. № 9. С. 73-77.
2. World direct reduction statistics // Midrex Technologies, Inc., Charlotte, North Carolina, USA. 2001. 10 p.
3. Люнген Х.Б., Мюльхаймс К., Штеффен Р. // Черные металлы. 2001. № 10. С. 20-34.
4. Байков А.А. В сб. Производство губчатого железа. М.: Металлургиздат, С. 287.
5. Манохин А.И. Теория и практика прямого получения железа. М.: Наука. 1986. С. 21-24.

УДК 622.7

ТОКБУЛАТОВ Т.Е.

Определение оптимальных условий флотации молибдена с применением вероятностно-детерминированного метода планирования эксперимента

Исследование процессов флотации молибденовых руд Саякского месторождения проведено с использованием вероятностно-детерминированного метода планирования (ВДП) экспериментов, основанного на известной формуле М.М. Протождяконова для обработки статистических данных [1] и усовершенствованного проф. В.П. Малышевым [2]. Применение ВДП позволяет исследовать процесс флотации молибденовых руд при различных сочетаниях влияющих факторов с определением оптимального режима процесса.

Поскольку конечной целью флотации является получение сульфидов металлов, обладающих флотационными свойствами, достаточными для получения кондиционных концентратов, контроль за влиянием вышеуказанных параметров осуществляли по качественно-количественным характеристикам флотации, т.е. по содержанию (β) молибдена в концентрате и (ε) извлечению молибдена в концентрат и хвосты. План-матрица и результаты экспериментов

по флотации каждого из 25-ти опытов представлены в таблице 1.

Для определения оптимальных условий процесса флотации молибденовой руды с применением реагента-собирателя ВК-987 составлен план шестифакторного эксперимента на пяти уровнях. За независимые факторы приняли измельчение молибденовой руды (содержание класса $-0,074$ мм, %); расходы флотационного реагента ВК-987, г/т; вспенивателя Т-80, г/т; жидкого стекла, г/т; pH среды. Пределы изменения независимых факторов представлены в таблице 2.

После выборки экспериментального массива по факторам были построены точечные графики частных зависимостей извлечения молибдена в концентрат от условий проведенного процесса (рисунок 1 а-д), которые аппроксимировали уравнениями (таблица 3).

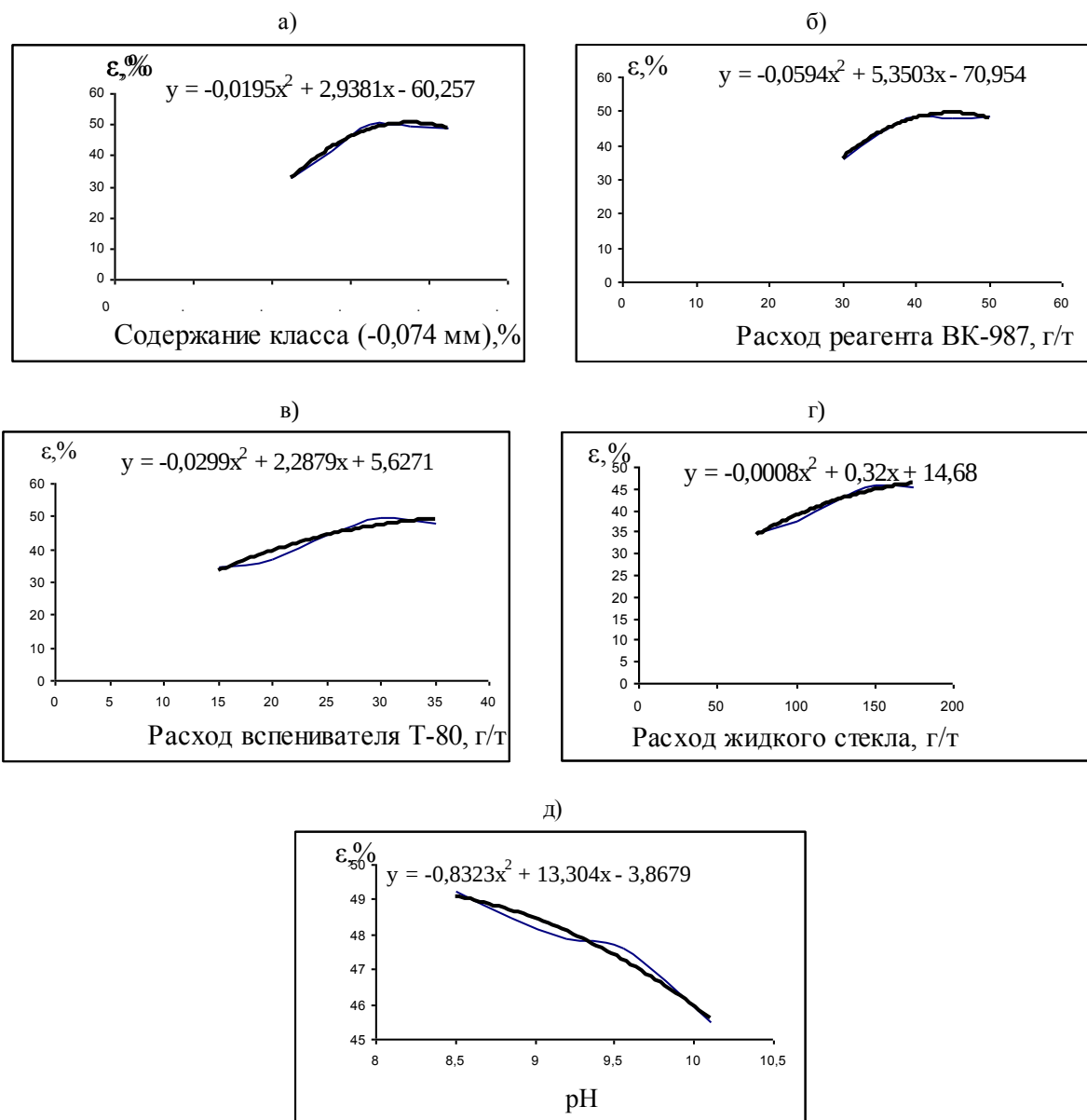
Из приведенных данных следует, что в условиях эксперимента определяющими факторами процесса являются: содержание класса $-0,074$ мм; расходы ВК-987, Т-80, жидкое стекло, pH среды.

Таблица 1 – План-матрица и результаты шестифакторного эксперимента по флотации молибденовой руды

№	Факторы					Извлечение Мо в концентрат, ε , %		Извлечение Мо в хвосты, ε , %		Содержание Мо в концентрате, β , %	
	Содер. класса $-0,074$ мм, %	ВК-987, г/т	Т-80, г/т	Жидк. стекло, г/т	pH	$\varepsilon_{\text{экспер}}$	$\varepsilon_{\text{теор}}$	$\varepsilon_{\text{экспер}}$	$\varepsilon_{\text{теор}}$	$\beta_{\text{экспер}}$	$\beta_{\text{теор}}$
1	45	30	15	75	8,5	18,03	17,02	98,68	116,15	3,84	4,08
2	45	40	25	125	9,2	37,50	36,37	69,14	70,79	6,63	6,86
3	45	35	20	100	8,85	24,88	27,35	92,75	87,39	6,22	5,62
4	45	50	35	175	10,1	42,44	40,55	62,40	62,89	6,21	6,55
5	45	45	30	150	9,55	43,01	43,44	61,88	62,94	6,46	6,79
6	65	30	25	100	10,1	35,33	35,39	73,12	73,99	6,25	6,56
7	65	40	20	175	9,55	50,53	52,06	55,70	55,52	9,10	8,86
8	65	35	35	150	8,5	61,61	59,02	48,47	50,32	9,45	8,72
9	65	50	30	75	9,2	52,03	47,11	53,24	58,06	9,95	9,46
10	65	45	15	125	8,85	44,35	42,55	60,75	62,14	8,28	8,19
11	55	30	20	150	9,2	31,21	33,74	80,67	77,08	5,33	5,60
12	55	40	35	75	8,85	42,67	43,28	63,01	61,98	8,25	8,49
13	55	35	30	125	10,1	45,12	43,77	62,78	64,82	7,44	7,51
14	55	50	15	100	9,55	32,23	32,22	77,80	77,74	6,29	6,65
15	55	45	25	175	8,5	52,18	54,68	55,73	53,57	8,15	9,08
16	85	30	35	125	9,55	44,21	44,73	61,87	61,33	6,34	6,81
17	85	40	30	100	8,5	56,67	54,66	50,51	52,82	10,46	10,59
18	85	35	15	175	9,2	42,14	40,67	63,99	65,13	7,49	7,32
19	85	50	25	150	8,85	66,72	58,43	48,84	50,92	9,83	9,90
20	85	45	20	75	10,1	35,81	38,54	71,40	67,68	8,76	9,35
21	75	30	30	175	8,85	50,45	50,48	58,49	55,41	6,67	7,34
22	75	40	15	150	10,1	45,07	42,69	56,27	62,30	7,21	8,03
23	75	35	25	75	9,55	41,68	40,80	64,69	65,27	8,34	8,91
24	75	50	20	125	8,5	47,77	51,53	58,07	55,23	9,23	9,50
25	75	45	35	100	9,2	53,36	59,38	53,46	48,80	9,01	10,16

Таблица 2 – Факторы и уровни их варьирования при исследовании процесса флотации молибденовых руд с применением флотореагента ВК 987

Фактор	Уровень				
	1	2	3	4	5
Содержание класса (–0,074 мм, %)	45	55	65	75	85
ВК-987, г/т	30	35	40	45	50
Т-80, г/т	15	20	25	30	35
Жидкое стекло, г/т	75	100	125	150	175
рН	8,5	8,85	9,2	9,55	10,1



а) от содержания класса –0,074 мм, %; б) расхода ВК-987, г/т; в) расхода Т-80, г/т; г) расхода жидкого стекла, г/т; д) рН

Рисунок 1 – Частные зависимости извлечения молибдена в концентрат

Таблица 3 – Уравнения частных зависимостей извлечения молибдена в концентрат от исследуемых факторов

Уравнение	R	Коэффициент корреляции R и его значимость по $t_R > 2$
		Значимость, t_R
$\epsilon_{\text{измел}} = -0,0195x_{\text{измел}}^2 + 2,9381x_{\text{измел}} - 60,257$	0,98	37,34 > 2
$\epsilon_{\text{ВК-987}} = -0,0594x_{\text{ВК-987}}^2 + 5,3503x_{\text{ВК-987}} - 70,954$	0,98	36,03 > 2
$\epsilon_{\text{Т-80}} = -0,0299x_{\text{Т-80}}^2 + 2,2879x_{\text{Т-80}} + 5,6271$	0,95	9,203 > 2
$\epsilon_{\text{ж.стекло}} = -0,0008x_{\text{ж.стекло}}^2 + 0,32x_{\text{ж.стекло}} + 14,68$	0,98	29,38 > 2
$\epsilon_{\text{рН}} = -0,8323x_{\text{рН}}^2 + 13,304x_{\text{рН}} - 3,8679$	0,99	233,00 > 2

Так, извлечение молибдена в концентрат возрастает с 37,2 до 49,9% при содержании класса (–0,074 мм) от 45 до 65% в процессе измельчения (рисунок 1 а). Дальнейшее повышение степени измельчения до 75 и 85% дает незначительный прирост извлечения молибдена. Поэтому наиболее оптимальным режимом измельчения следует считать 65% при содержании класса –0,074 мм.

Из параболического графика частной зависимости (рисунок 1 б) при изучении влияния расхода реагента-собираателя ВК-987 г/т на извлечение молибдена в концентрат следует, что наиболее оптимальным является расход 40 г/т. Дальнейшее увеличение расхода реагента на показатели извлечения молибдена в концентрат практически не влияет.

При варьировании расхода вспенивателя Т-80 в интервале от 15 до 35 г/т (рисунок 1 в) максимальные показатели по извлечению молибдена в концентрат обеспечиваются при расходе вспенивателя 30 г/т. При дальнейшем увеличении расхода Т-80 до 35 г/т извлечение молибдена в концентрат уменьшается до 43%.

Из рисунка 1 г следует, что с увеличением расхода жидкого стекла от 75 до 150 г/т при флотации молибденовой руды происходит увеличение извлечения молибдена в концентрат до 45,8%. При увеличении расхода жидкого стекла до 175 г/т извлечение молибдена в концентрат практически остается на том же уровне, т.е. оптимальным является расход 150 г/т.

Экспериментами показано, что изменение рН влияет на показатели извлечения молибдена в концентрат (рисунок 1 д). При увеличении рН от 8,5 до 10,1 наиболее максимальные показатели по извлечению молибдена в концентрат 49,22% наблюдаются при рН=8,5.

Расчетные данные извлечения молибдена в концентрат сведены в таблицу 1.

Обобщенное многофакторное уравнение нелинейной множественной корреляции, составленной на основании частных функций, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{гт}} = & \frac{-0,0195\delta_{\text{гт}}^2 + 2,9381\delta_{\text{гт}} - 60,257}{44,26^4} * \\ & * \frac{-0,0594\delta_{\text{АЕ}}^2 + 5,3503\delta_{\text{АЕ}} - 70,954}{*} \\ & * (-0,0299\delta_{\text{О-80}}^2 + 2,2879\delta_{\text{О-80}} + 5,6271) * \\ & * (-0,0008\delta_{\text{е.л.д.гт}}^2 + 0,32\delta_{\text{е.л.д.гт}} + 14,68) * \\ & * (-0,8323\delta_{\text{дл}}^2 + 13,304\delta_{\text{дл}} - 3,8679); \end{aligned}$$

$$R_1 = 0,99; t_{R_1} = 233,00.$$

Используя полученное уравнение многофакторной корреляционной зависимости, моделировали процесс извлечения молибдена при флотации молибденовой руды, задаваясь влияющими факторами, измельчением 65%, расходами реагентов:

ВК-987 – 40 г/т, Т-80 – 30 г/т, жидкое стекло – 150 г/т, рН=8,5. При этом извлечение молибдена в концентрат составило 62,80 %.

При рассмотрении технологической схемы необходимо в оптимальных условиях учесть содержание молибдена в концентрате.

Графики частных зависимостей содержания молибдена в концентрате от параметров процесса флотации представлены на рисунке 2 а-д.

В результате математических преобразований получены аппроксимирующие уравнения, представленные в таблице 4.

Из графика частной зависимости следует, что при увеличении измельчения класса (–0,074 мм) от 45 до 65% содержание молибдена в концентрате возрастает от 5,6 до 8,2% (рисунок 2 а). Дальнейшее увеличение измельчения не дает значительного прироста содержания молибдена в концентрате. Поэтому оптимальным режимом измельчения следует считать 65% класса –0,074 мм при флотации молибденовой руды.

При изучении расхода реагента-собираателя ВК-987 г/т на качество молибдена в концентрате (рисунок 2 б) следует, что наиболее оптимальным является расход реагента 40 г/т. При этом содержание молибдена в концентрате составляет 8,14%. Дальнейшее увеличение расхода реагента ВК-987 от 45 до 50 г/т на показатели содержания молибдена влияет незначительно.

Из параболического графика частной зависимости содержания молибдена в концентрате от расхода вспенивателя Т-80 (рисунок 2 в) показало, что максимальные показатели по качеству молибдена в концентрате обеспечиваются при расходе вспенивателя 30 г/т. При увеличении расхода Т-80 до 35 г/т показатели по качеству концентрата изменяются незначительно.

Частные уравнения от влияния добавок жидкого стекла оказались незначимыми (рисунок 2 г). Это, возможно, обусловлено в первую очередь с широким интервалом расхода жидкого стекла. Однако дополнительно проведенными экспериментами установлено, что при расходе 150 г/т жидкого стекла показатели по содержанию молибдена в концентрате увеличиваются на 5%.

Экспериментами показано, что изменение рН влияет на показатели качества молибдена в концентрате при флотации молибденовой руды (рисунок 2 д). При увеличении рН в интервале от 8,5 до 10,1 наиболее максимальные показатели по содержанию молибдена в концентрате 8,2% наблюдаются при рН=8,5.

Обобщенное уравнение нелинейной множественной корреляции для расчета содержания молибдена в концентрате флотации от значимых факторов имеет вид:

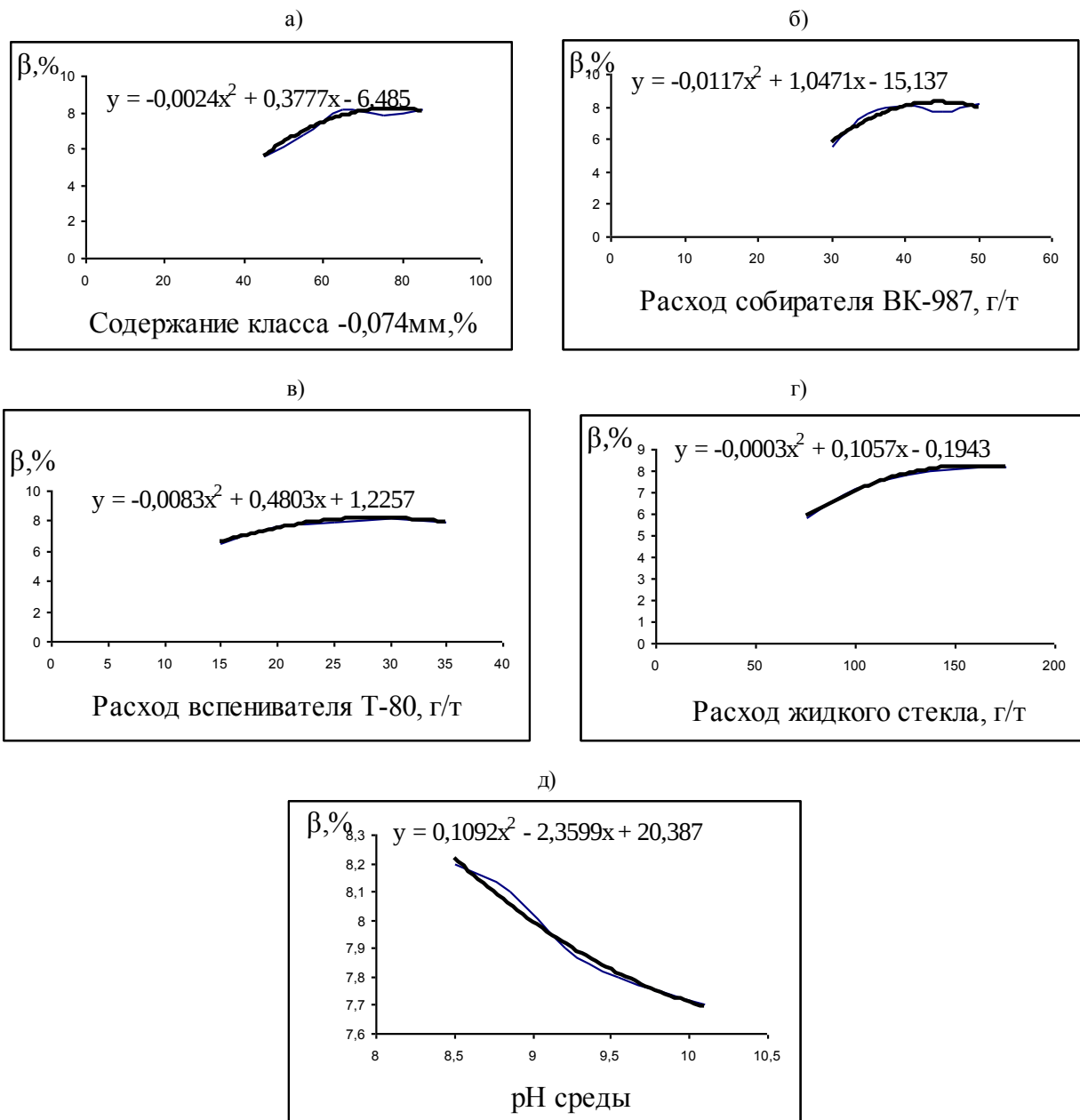
$$\beta_{\text{efi} \delta \delta \delta \delta} = \frac{-0,00242 \delta_{\text{efi}}^2 + 0,3777 \delta_{\text{efi}} - 6,485}{7,53^3} * \\ * \frac{-0,0134 \delta_{\text{AE}-987}^2 + 1,1803 \delta_{\text{AE}-987} - 17,634}{*} \\ * \frac{(-0,00083 \delta_{\text{O}-80}^2 + 0,4803 \delta_{\text{O}-80} + 1,2257)}{*} \\ * \frac{(0,1092 \delta_{\text{df}}^2 - 2,3599 \delta_{\text{df}} + 20,387)}{*};$$

$$R_1 = 0,94; t_{R_1} = 39,10.$$

Расчетные данные содержания молибдена в концентрате сведены в таблице 1.

Согласно описанной математической модели содержание молибдена в концентрате составляет 10,1% при измельчении класса $-0,074$ мм 65%, расходе реагента-собиателя ВК-987 – 40 г/т, Т-80-30 г/т, pH=8,5. По экспериментальным данным при доработке режима флотации следует ожидать его понижение.

Аналогично с учетом выхода продуктов извлечение молибдена в хвосты флотации от исследуемых факторов описываются точечным графиками частных зависимостей (рисунок 3 а-д), которые аппроксимируются следующими уравнениями (таблица 5).



а) от содержания класса $-0,074$ мм, %; б) расхода ВК-987, г/т;
в) расхода Т-80, г/т; г) расхода жидкого стекла, г/т; д) pH среды

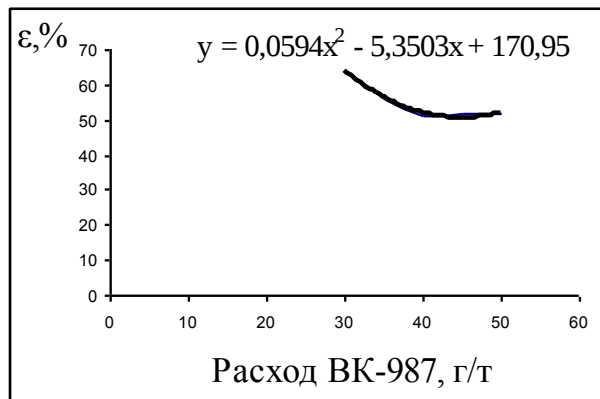
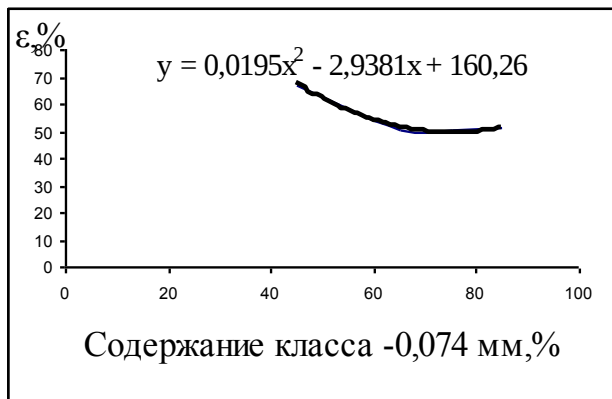
Рисунок 2 – Частные зависимости содержания молибдена в концентрате

Таблица 4 – Уравнения частных зависимостей содержания молибдена в концентрате от исследуемых факторов

Уравнение	Коэффициент корреляции R и его значимость по $t_R > 2$	
	R	Значимость, t_R
$\beta_{\text{измел}} = -0,0024x_{\text{измел}}^2 + 0,3777x_{\text{измел}} - 6,485$	0,94	8,59 > 2
$\beta_{\text{ВК-987}} = -0,0134x_{\text{ВК-987}}^2 + 1,1803x_{\text{ВК-987}} - 17,634$	0,95	9,13 > 2
$\beta_{\text{T-80}} = -0,0083x_{\text{T-80}}^2 + 0,4803x_{\text{T-80}} + 1,2257$	0,98	21,12 > 2
$\beta_{\text{ж.стекло}} = -0,0003x_{\text{ж.стекло}}^2 + 0,1057x_{\text{ж.стекло}} - 0,1943$	0,61	0,96 < 2 незначима
$\beta_{\text{pH}} = 0,1092x_{\text{pH}}^2 - 2,3599x_{\text{pH}} + 20,387$	0,94	7,75 > 2

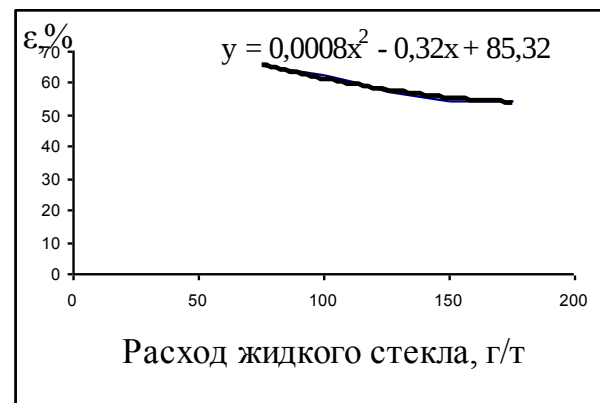
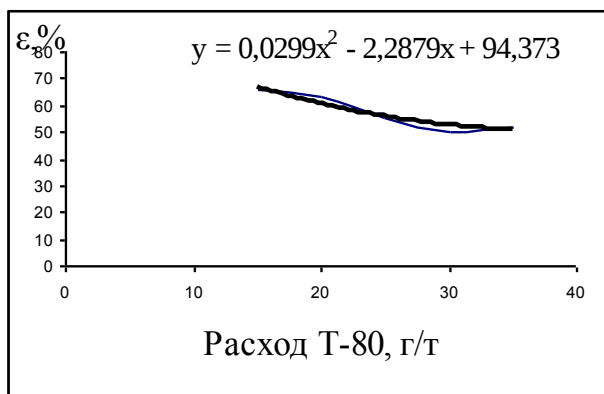
а)

б)

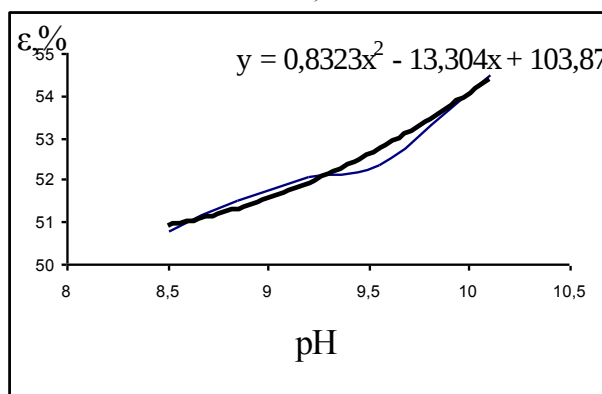


в)

г)



д)



а) от содержания класса -0,074 мм, %; б) расхода ВК-987, г/т;
в) расхода Т-80, г/т; г) расхода жидкого стекла, г/т; д) pH

Рисунок 3 – Частные зависимости извлечения молибдена в хвосты

Таблица 5 – Уравнения частных зависимостей извлечения молибдена в хвосты флотации от исследуемых факторов

Уравнение	Коэффициент корреляции R и его значимость по $t_R > 2$	
	R	Значимость, t_R
$\epsilon_{\text{измел}} = 0,0195x_{\text{измел}}^2 - 2,9381x_{\text{измел}} + 160,26$	0,99	40,05 > 2

$\varepsilon_{\text{БК-987}} = 0,0594x_{\text{БК-987}}^2 - 5,3503x_{\text{БК-987}} + 170,95$	0,99	37,67>2
$\varepsilon_{\text{Т-80}} = 0,0299x_{\text{Т-80}}^2 - 2,2879x_{\text{Т-80}} + 94,373$	0,96	11,99>2
$\varepsilon_{\text{ж.стекло}} = 0,0008x_{\text{ж.стекло}}^2 - 0,32x_{\text{ж.стекло-80}} + 85,32$	0,99	46,67>2
$\varepsilon_{\text{рН}} = 0,8323x_{\text{рН}}^2 - 13,304x_{\text{рН}} + 103,87$	0,99	61,76>2

Математические модели процесса в виде обобщенных многофакторных уравнений, составленные на основе полученных частных зависимостей, имеют вид:

для извлечения молибдена в хвосты флотации

$$\varepsilon_{\text{одн. н.д.}} = \frac{0,0195\tilde{\sigma}_{\text{с.д.}}^2 - 2,9381\tilde{\sigma}_{\text{с.д.}} + 160,26}{53,7^4} * \\ * \frac{0,0594\tilde{\sigma}_{\text{АЕ-987}}^2 - 5,3503\tilde{\sigma}_{\text{АЕ-987}} + 170,95}{*} * \\ * \frac{(0,0299\tilde{\sigma}_{\text{О-80}}^2 - 2,2879\tilde{\sigma}_{\text{О-80}} + 94,373)}{*} * \\ * \frac{(0,0008\tilde{\sigma}_{\text{с. н.д.}}^2 - 0,32\tilde{\sigma}_{\text{с. н.д.}} + 85,32)}{*} * \\ * \frac{(0,8323\tilde{\sigma}_{\text{д.ф.}}^2 - 13,304\tilde{\sigma}_{\text{д.ф.}} + 103,87)}{*};$$

$$R_1 = 0,96; t_{R_1} = 49,95.$$

Расчетные данные извлечения меди в хвосты флотации представлены в таблице 1.

В соответствии с полученной математической моделью в оптимальных условиях флотации извлечение молибдена в хвосты флотации составляет 50,01%.

Анализ частных зависимостей показал, что в матричных экспериментах все изучаемые факторы влияют как на процесс флотации молибденовых руд, так и на его качество.

Высокие значения R_1 , t_R для уравнения свидетельствуют об адекватности многофакторных зависимостей процессу флотации молибденовой руды Саякского месторождения.

Таким образом, результаты анализа показателей по извлечению в концентрат, хвосты и содержанию молибдена в концентрате подтвердили, что выбранная модель адекватно отображает процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алматы: Наука, 1977. 37 с.
2. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента. Алматы: Наука, 1981. 115 с.

Раздел 3

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности

УДК 622.831

ДЕМИН В.Ф.
ПОРТНОВ В.С.
ДЕМИНА Т.В.
БАЛАБАС А.Ю.

Автоматизированная среда для расчета параметров анкерного крепления выемочных выработок

В Карагандинском бассейне все большее применение получает анкерная (до 12 %) и комбинированная анкерно-арочная крепь (до 36 % от общего объема проводимых выработок).

Для принятия обоснованных технологических решений по установке параметров анкерной крепи, для ее эффективной эксплуатации на базе геомеханического прогноза состояния горного массива предлагается интеллектуальная информационная система.

Алгоритм созданной интеллектуальной среды состоит в следующем. Параметрами анкерной крепи являются: расчетное сопротивление, податливость, расстояние между анкерами в ряду и между рядами, плотность установки анкеров [1].

Расчет параметров анкерной, комбинированной крепи и средств усиления в зоне временного опорного давления производится с учетом размеров и глубины расположения выработки, способа и параметров ее охраны, прочности, трещиноватости, устойчивости вмещающих пород и интенсивности проявлений горного давления.

В качестве критерия интенсивности проявлений

горного давления для расчета и выбора крепи принимают расчетные смещения кровли или боков выработки с анкерной крепью U_a (м), определяемые по формуле:

$$U_a = U_p \cdot K_a, \quad (1)$$

где U_p – ожидаемые расчётные смещения пород в выработке, м;

K_a – коэффициент уменьшения смещений в выработках с анкерной крепью по сравнению с рамной податливой крепью.

Интенсивность проявления горного давления определяется по величинам смещений кровли ($U_{a\text{кр}}$) и боков ($U_{a\text{бок}}$) выработки. Для расчета и выбора параметров анкерного крепления выработки по смещениям кровли и боков подразделяются на три категории: менее 0,1; от 0,1 до 0,25; более 0,25 м.

Удельную расчетную нагрузку на анкерную крепь $P_{ак}$ определяют в зависимости от расчетных смещений U_a и ширины (высоты) B (h) выработки.

Длину анкеров в кровле выработки $L_{ак}$ определяют по формуле:

$$L_{ak} = \frac{B + 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \frac{90 - \varphi_{\delta}}{2}}{0.2 \cdot R_{\delta\delta}^{\delta\delta} \cdot \eta} + L_1 + L_2, \quad (2)$$

где B и h – ширина и высота выработки в проходке, м;
 $R_{\delta\delta}^{\delta\delta}$ – расчетное сопротивление сжатию пород в кровле, МПа;
 φ_{δ} – кажущийся угол внутреннего трения в боках выработки, град.

$$\varphi_{\delta} = \operatorname{arctg} 0.1 \cdot R_{\delta\delta}^{\delta\delta} \cdot \eta, \quad (3)$$

где $R_{\delta\delta}^{\delta\delta}$ – расчетное сопротивление пород сжатию в боках выработки, МПа;
 η – коэффициент структурного ослабления, зависит от степени трещиноватости породы изменяется от 0,5 до 1,0 (от сильно- до слаботрещинчатых);
 L_1 – величина заглубления анкера за зону разрушенных пород;
 L_2 – длина части анкера, выступающей в выработку.

Для ограниченно податливой крепи характерна схема работы по упругопластической модели с разупрочнением. Установка такой анкерной крепи в слабых породах приведет к срабатыванию узла податливости при образовании ближайшей по времени зоны расслоения. Образующийся свод-мост перераспределяет воздействие горного давления от сдвижения вышележащих пород на пяты свода – прилегающие боковые породы, что останавливает процесс формирования вертикальной нагрузки от зон разрушения над крепью выработки. Эффект управления породами кровли состоит в том, что в кровле выработки формируется грузонесущая плита с прочной связью между блоками и повышенной устойчивостью породных обнажений, препятствуя образованию трещин расслоения пород по напластованию (трещин горного давления) и технологических трещин. Поэтому при смещениях кровли выработки от 0,1 до 0,25 м крепление и поддержание выработки в течение всего срока службы производят анкерной крепью с податливостью $\Delta a = 0,07-0,12$ м.

При расчетных смещениях кровли U_a от 0,2 до 0,25 м в зоне влияния очистных работ предусматривается усиление анкерной крепи податливыми стойками с сопротивлением 200 кН/м, устанавливаемыми по оси выработки.

При расчетных смещениях кровли $U_a = 0,25-0,35$ м применяется комбинированная крепь, состоящая из анкерной крепи и усиливающей крепи из податливых гидравлических стоек или стоек трения, устанавливаемых в средней части сечения выработок под верхнюю между рядами анкеров в зоне влияния опорного давления от очистных работ.

При расчетных смещениях кровли $U_a > 0,35$ мм анкерная крепь применяется в сочетании с рамной податливой крепью, плотность установки подпорной рамной крепи Π (рам/м) при этом определяется из выражения:

$$\Pi = \psi \cdot n_{\phi} \quad (4)$$

где n_{ϕ} – плотность установки рамной крепи для данных горно-геологических условий, рам/м; ψ – поправочный коэффициент на устойчивость пород, зависит от класса, состава пород и изменяется от 0,5 до 0,7 (от угля до песчаников).

Для выработок, проводимых в массиве и поддерживаемых для повторного использования на границе с выработанным пространством, удельную расчетную нагрузку P_{a-k} во всех условиях следует принимать как при $U_a = 0,25$ мм. При этом анкерная крепь применяется в сочетании с усиливающей (типа УКР) и специальной из стоек – ремонтин под продольные профили.

Расстояние между анкерами в ряду (а) определяется по формуле:

$$a = \sqrt{\frac{Q}{P_{\delta\delta}}}, \quad (5)$$

где Q – несущая способность одного анкера, кН.

Количество анкеров в ряду определяется соответственно при плоской, арочной кровле и для боков выработки

$$\hat{E}_{\varepsilon} = \frac{\hat{A}}{a}, \quad \hat{E}_{\varepsilon} = \frac{L_{ca}}{a}, \quad \hat{E}_{\varepsilon} = \frac{h}{a}, \quad \text{шт}, \quad (6)$$

где L_{ca} – периметр свода выработки, м.

Шаг установки анкерной крепи (расстояние между рядами анкеров) определяется соответственно для кровли и боков

$$C_{\varepsilon} = \frac{\hat{E}_{\varepsilon} \cdot Q}{B \cdot P_{\delta\delta}}, \quad C_a = \frac{\hat{E}_a \cdot Q}{h \cdot P_{\delta\delta}}, \quad \text{м}. \quad (7)$$

Расчитанный шаг установки анкерной крепи C_k и C_{ϕ} сверяется с требуемой минимальной плотностью установки анкеров (Π), которая должна составлять при устойчивой кровле (прочность пород на одноосное сжатие R_c более 60-80 МПа) плотность установки составляет 1 анкер/м², а согласно проведенным расчетам, при породах средней устойчивости ($30 < R_c < 60$ МПа) – 1,5 анкера/м², неустойчивых породах ($R_c < 30$ МПа) – 2 анкера/м²:

$$C_{\varepsilon} \leq \frac{Q}{\hat{A} \cdot \bar{I}}, \quad C_a \leq \frac{Q}{h \cdot \bar{I}}. \quad (8)$$

Данную задачу в Карагандинском угольном бассейне не ставили, поэтому разработок нет. Существуют отдельные программные продукты по расчетам анкерных крепей горных выработок [2, 3].

Так как программное обеспечение должно использоваться как для расчета параметров, так и представления технологической схемы эксплуатации анкерной крепи, то возможности имеющихся программных продуктов не в полной мере удовлетворяют необходимой функциональности и приведенным выше требованиям.

Для определения параметров технологии анкерного крепления создана объектно-ориентированная модель с программным модулем с использованием общесистемного обеспечения операционной системы Microsoft Windows XP Professional. Для разработки автоматизированной системы проектирования применена система

визуального программирования *Borland Delphi 7.0* [3], являющаяся приложением *WINDOWS*. Для графической интерпретации результатов использована автоматизированная компьютерная среда *AutoCad 2000 AutoDesk*, а для текстовой информации – текстовый процессор *Microsoft Word XP* из пакета *MS Office XP*.

Логическая модель выполняемых расчетов по заданному алгоритму представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм расчета и построение технологической схемы

В качестве исходной информации в программный модуль вводятся следующие данные:

- горно-геологические: угол падения пород, период разработки;

- горно-технические: удельный вес пород, время поддержания подработанной выработки и после наработки; расположение слоев пород; степень трещиноватости массива; характеристика тектонических нарушений; мощность и сопротивление пород в боках и кровле выработки;

- технологические: вынимаемая мощность пласта; класс кровли по обрушаемости; характеристика (сопротивление одноосному сжатию) и мощность слоев пород; тип, высота и поперечное сечение выработки; глубина расположения и назначение выработки; воздействие других выработок и их ширина; расстояние между параллельными выработками; время поддержания выработки; наличие присечной выработки;

- параметры безопасности.

Программа «Расчет параметров анкерных крепей» состоит из трех последовательно отображаемых интерфейсов «Основные параметры выработки», «Слои пород в кровле и боках» и «Определение расчетных нагрузок на анкер» (рисунок 2).

На интерфейсе «Основные параметры выработки» вводятся в систему данные, характеризующие разрабатываемую выработку: характеристики технологических нарушений, тип выработки, размеры выработки и т.д.

На интерфейсе «Слои пород в кровле и боках» задаются параметры, характеризующие слои горных пород: степень трещиноватости массива, расположение слоев пород, сопротивление пород и т.д.

Для расчета параметров анкерной крепи следует перейти на третий интерфейс «Определение расчетных нагрузок на анкер».

После выполнения описанных действий и генерации по заданному алгоритму система отобразит отчет на интерфейсе.

В результате исследований разработана моделирующая информационная интеллектуальная система, позволяющая автоматизировать процесс расчета параметров технологии применения анкерной крепи.

	А	В
1	Параметр	Значение
2	Расчетное сопротивление слоев пород в кровле, МПа	20 310
3	Расчетное сопротивление слоев пород в почве, МПа	31 870
4	Расчетное сопротивление слоев пород в боках, МПа	0,000
5	Действительные смещения пород на контуре выработки со стороны кровли, мм	171 600
6	Действительные смещения пород на контуре выработки со стороны почвы, мм	0,027
7	Действительные смещения пород на контуре выработки со стороны боков, мм	0,008
8	Расчетная вертикальная нагрузка на метр длины выработки, кН	102 300
9	Расчетная горизонтальная нагрузка на метр длины выработки, кН	171 600
10	Расчетная нагрузка на метр длины выработки, кН	0,000

Рисунок 2 – Пример экспортированной таблицы расчетных данных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна / К.К. Элиманов, С.К. Баймухаматов, В.В. Демин и др. Караганда: АрселорМиттал Темиртау, 2008. 88 с.
2. Интернет-сайт www.ixbt.com.
3. Интернет-сайт www.overclocker.ru

УДК 627.431

**БЕСИМБАЕВА О.Г.,
НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К.,
ДОЛГОНОСОВ В.Н.**

Расчет устойчивости откосов ограждающих дамб золоотвалов

Безопасная и эффективная работа золоотвала Топарской ГРЭС № 2 возможна при организации наблюдений за состоянием устойчивости откосов ограждающих и внутренних разделительных дамб. Исследуемый золоотвал овражного типа образован ограждающими дамбами № 1, № 3 и хвостовой частью дамбы № 3, а также природными возвышенностями. Рельеф основания всей площади золоотвала имеет общий понижающий уклон в сторону ограждающих дамб № 1, № 3.

При гидравлической укладке золошлакового материала в отвал ограждающие дамбы подвергаются гидравлическому давлению этого материала в водонасыщенном состоянии (или воды отстойного пруда), а также воздействию фильтрационного потока.

Гидрогеологические условия всех дамб Топарской ГРЭС определяются наличием золоотстойников – сбросные, технические воды и атмосферные осадки, инфильтруясь через золу и дресвяно-щебневые прослои в теле дамб, подпитывают природные грунтовые воды, приуроченные к элювиальным грунтам (кора выветривания скальных пород). Анализ материалов прошлых лет [1] по золоотвалу показывает повышение уровня подземных вод в связи с наращиванием дамб и расширением золоотвала. Скорость подъема уровня грунтовых вод в теле дамб обуславливается литологическим составом грунтов и достигает 0,5 м в год.

Разведочными работами золоотвала Топарской ГРЭС установлено, что происходит фильтрация из водохранилища под телом ограждающих дамб №1 и № 3 через мелкие пески четвертичного возраста. Частичную фильтрацию можно предполагать в обход дамбы через дресвяно-щебневые породы девона и на отдельных участках через тело плотины. Фильтрация имеет напорно-безнапорный характер движения: напорный – под плотиной, свободный – в обход плотины и в нижнем бьефе. Депрессионная кривая имеет сложную форму, понижаясь к центру тела дамбы в продольном и поперечном профилях. В верхнем бьефе воды вскрыты на глубинах от 0.0 до 5.60-9.0 м, по оси дамбы – на глубинах 3.40-12.0 м. В нижнем бьефе воды залегают на глубине 0.50-1.40 м.

Устойчивость ограждающих и разделительных дамб водохранилищ определяется комплексом инженерно-геологических, гидрогеологических и техногенных факторов, из которых наибольшее влияние оказывают следующие: физико-механические характеристики грунтов и хвостов; технология

возведения и эксплуатации сооружения; характер основания; гидродинамические, гидростатические, сейсмические и динамические силы.

При расчетах устойчивости откосов ограждающих дамб водохранилищ необходимо учитывать, что физико-механические характеристики тела дамбы претерпевают существенные изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения за счет: неравномерности намыва и заполнения секций золоотвала, изменения пьезометрического уровня воды, фильтрации и выноса глинистых частиц из тела дамбы, температурного режима, наращивания высоты дамбы, влияния транспортных средств и т.п.

С геомеханической точки зрения ограждающее намывное сооружение представляет собой водонасыщенный массив, который находится в динамическом состоянии. В результате намыва отходов происходит рост ограждающего сооружения в высоту, что приводит к деформациям намывного массива. С появлением прудка и по мере роста высоты сооружения в нем происходит изменение фильтрационного режима.

В процессе строительства и эксплуатации насыпных ограждающих дамб сталкиваются с различными видами фильтрации воды. Различают фильтрационные потоки допустимые, которые в случае принятия соответствующих мер не являются опасными для сооружения, и недопустимые, которые представляют угрозу для устойчивости сооружения. Возникновению опасных сосредоточенных фильтрационных потоков могут способствовать недостаточное и нетщательное уплотнение отсыпанного грунта; таяние льда, попавшего в насыпь во время отсыпки грунта; неравномерная осадка основания.

Для обоснования устойчивости откосов ограждающих дамб требуется детальное изучение всех факторов, влияющих на процесс сдвижения пород насыпного сооружения, при этом решающее значение приобретает выбор способа расчета, который отвечал бы конкретным гидрогеологическим условиям и физико-механическим свойствам пород, слагающих тело дамб и их оснований.

Разнообразие инженерно-геологических и гидротехнических условий, технических решений по возведению ограждающих дамб и способов их наращивания в процессе работы золоотвалов, намываемых гидротранспортом, предопределило наличие разных способов расчета устойчивости

откосов насыпных сооружений, учитывающих конкретные случаи нарушения целостности ограждающих дамб.

Исследуемые способы расчета производят оценку состояния отдельных элементов ограждающего сооружения (устойчивость низового откоса, откоса дамбы и отдельных плоских прослоек дамбы с глинистым экраном). Однако золошлаковые отвалы представляют собой единую технологическую систему, которые занимают значительные территории с разной топографией земной поверхности, различными условиями намыва и сроком эксплуатации, имеют общее для всех ограждающих и разделительных дамб основание. Поэтому необходимо при расчетах устойчивости рассматривать влияние на состояние ограждающих дамб обводненности пород тела дамб и грунтов основания и дополнительных нагрузок со стороны шлакоотвала.

Анализ существующих методик и решений показал, что основное внимание в них уделено устойчивости собственно откоса дамбы и влиянию гравитационных и фильтрационных сил. По нашему мнению, недостаточно изучены вопросы устойчивости единой механической системы «шлакоотвал-дамба» и собственно дамбы по основанию с учетом изменяющихся во времени физико-механических свойств грунтов тела дамб и их основания, геометрических параметров сооружения, степени обводненности шлакоотвала и сдвигающего действия сил гидростатического давления. Для решения данной задачи разработаны научно-методические основы расчета устойчивости ограждающих дамб шлакоотвалов и прочих хвостохранилищ, имеющих высокую степень обводненности.

Разработаны две расчетные схемы устойчивости системы «шлакоотвал-дамба» и устойчивости дамбы при сдвигающем действии сил гидростатического давления. Наиболее важные особенности предложенных решений в рамках совершенствования методики расчета устойчивости ограждающих дамб и шлакоотвалов состоят в следующем:

1) разработана расчетная схема устойчивости системы «шлакоотвал-дамба», которая учитывает соотношение сдвигающих и удерживающих сил, действующих по основанию дамбы и шлакоотвала, которая позволяет оценить степень устойчивости данной механической системы;

2) разработана расчетная схема устойчивости дамбы по её основанию, учитывающая сдвигающее действие сил гидростатического давления при

высокой степени обводненности шлакоотвала. В соответствии с законом Паскаля величина гидростатического давления линейным образом зависит от глубины шлакоотвала, а эпюра имеет треугольную форму.

На рисунке 1 представлена расчетная схема системы «шлакоотвал-дамба», которая учитывает геометрические параметры сооружения, взаимодействие элементов системы «шлакоотвал – дамба», степень обводненности шлакоотвала и топографию земной поверхности.

Для оценки состояния ограждающей дамбы строится поперечный профиль по известным геометрическим параметрам дамбы, шлакоотвала и углу наклона основания шлакоотвала. Схема разбивается на расчетные элементы, определяются сдвигающие и удерживающие силы, оказывающие воздействие на дамбу.

Рассмотрим устойчивость системы «шлакоотвал-дамба».

I. Выполняем расчет первого элемента системы (дамбы).

Определяем вес дамбы с учетом треугольника C1DF:

$$P_{\text{дд}} = S_{\text{AAND}} \cdot \gamma_{\text{дд}} + S_{\text{C1DF}} \cdot \gamma_{\text{с}}, \quad (1)$$

где S_{ABCD} и S_{C1DF} – площади фигур на рисунке 1.

Вычисляем нормальные силы блока, действующие на основание AD:

$$N_{\text{а}} = P_{\text{а}} \cdot \cos \delta. \quad (2)$$

Вычисляем сдвигающие силы, действующие на призму возможного обрушения по поверхности скольжения AD:

$$T_{\text{а}} = P_{\text{а}} \cdot \sin \delta. \quad (3)$$

Определяем удерживающие силы в соответствии с теорией предельного равновесия для данного расчетного элемента по поверхности скольжения AD:

$$T_{\text{а}}^{\text{уд}} = k_{\text{а}} \cdot |AD| + N_{\text{а}} \cdot \operatorname{tg} \rho_{\text{а}}. \quad (4)$$

II. Выполняем расчет второго элемента системы – шлакоотвала.

Вычисляем вес шлакоотвала – фигуры EDF:

$$P_{\text{с}} = S_{\text{EDF}} \cdot \gamma_{\text{с}}, \quad (5)$$

где S_{EDF} – площадь фигуры на рисунке 1.

Вычисляем нормальные силы, действующие на основание шлакоотвала длиной DE:

$$N_{\text{с}} = P_{\text{с}} \cdot \cos \delta. \quad (6)$$

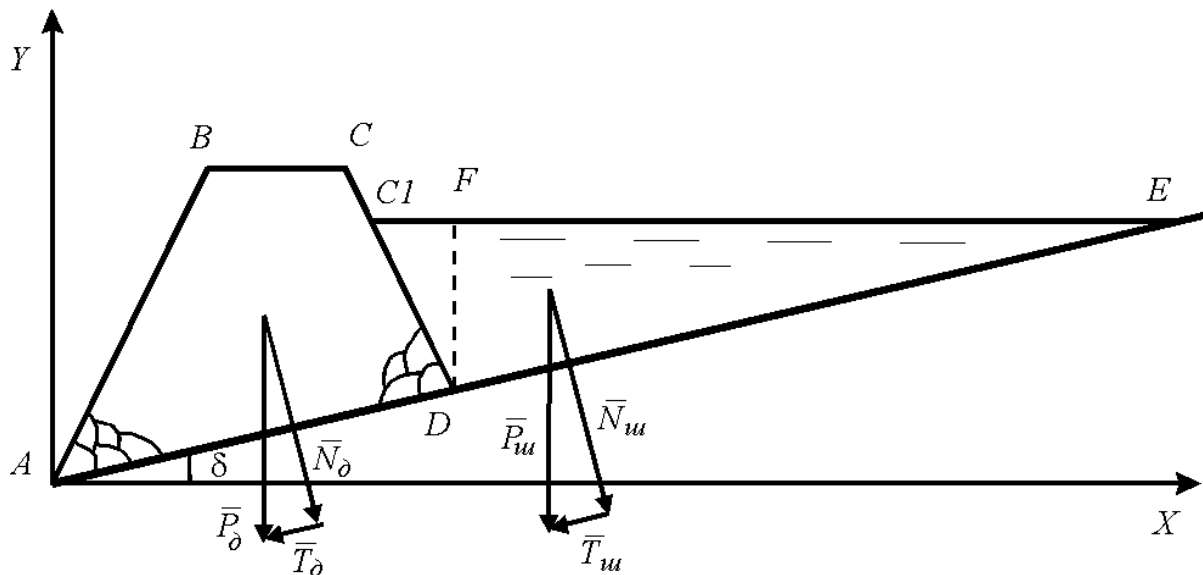


Рисунок 1 – Схема к расчету устойчивости системы «шлакоотвал-дамба»

Вычисляем сдвигающие силы, действующие на призму возможного обрушения, по поверхности скольжения DE:

$$T_{\theta} = P_{\theta} \cdot \sin \delta. \quad (7)$$

Определяем удерживающие силы в соответствии с теорией предельного равновесия для расчетного элемента системы – шлакоотвала по поверхности скольжения DE:

$$T_{\theta \bar{\alpha}\bar{\alpha}} = k_{\theta} \cdot |D\bar{A}| + N_{\theta} \cdot \operatorname{tg} \rho_{\theta}. \quad (8)$$

III. Составляем уравнение предельного равновесия системы «шлакоотвал-дамба». Определяем суммарные сдвигающие и удерживающие силы системы

$$\dot{O}_{\bar{n}\bar{a}\bar{a}} = \dot{O}_{\bar{a}} + \dot{O}_{\theta} = (P_{\bar{a}} + P_{\theta}) \sin \delta; \quad (9)$$

$$\dot{O}_{\bar{\alpha}\bar{\alpha}} = \dot{O}_{\bar{a} \bar{\alpha}\bar{\alpha}} + \dot{O}_{\theta \bar{\alpha}\bar{\alpha}} = k_{\bar{a}} |AD| + N_{\bar{a}} \operatorname{tg} \rho_{\bar{a}} + k_{\theta} |D\bar{A}| + N_{\theta} \operatorname{tg} \rho_{\theta}. \quad (10)$$

Коэффициент запаса системы определяем как отношение удерживающих и сдвигающих сил, действующих по линии AE, определяется по формуле

$$n = \dot{O}_{\bar{\alpha}\bar{\alpha}} / (\dot{O}_{\bar{n}\bar{a}\bar{a}} \cdot n_{\zeta}), \quad (11)$$

где n_{ζ} – нормативное значение коэффициента запаса.

Рассмотрен простейший случай расчетной схемы с прямолинейным основанием. При более сложной геометрии дамбы и топографии земной поверхности, основание системы разбивается на участки, а сама система – на расчетные блоки. Разработана компьютерная программа «Дамба-I», позволяющая выполнять расчеты устойчивости при различных геометрических параметрах сооружения, при изменении физико-механических характеристик грунтов тела дамбы и ее основания, учитывающая изменение угла наклона основания земной поверхности золоотвала.

Для оценки состояния дамб при сложной топографии земной поверхности золоотвала рассмотрим вопрос устойчивости системы «шлакоотвал-дамба» для условий Топарской ГРЭС №

2 при увеличении наклона основания. Результаты выполненных расчетов приведены в таблице.

Выполненные расчеты подтверждают достаточную степень устойчивости системы «шлакоотвал-дамба» для условий дамбы № 3 Топарской ГРЭС № 2.

Столь высокие значения коэффициентов запаса системы обусловлены равнинным характером местности, на которой они расположены, с наклоном от 0,5 до 1,5°. Применение указанной расчетной схемы целесообразно при больших значениях углов наклона участков формирования шлакоотвалов (более 5 – 10°). График изменения коэффициента запаса устойчивости системы «шлакоотвал-дамба № 3» приведен на рисунке 2.

Нарушение же целостности насыпной дамбы № 3 может произойти в результате повышения уровня воды в верхнем бьефе пруда-отстойника и образования в теле дамбы неустановленных опасных ходов сосредоточенной фильтрации.

Для анализа устойчивости системы «шлакоотвал-дамба» при высокой степени обводненности шлакоотвала разработана расчетная схема устойчивости дамбы по её основанию (рисунок 3), которая учитывает сдвигающее действие сил гидростатического давления. При решении данной схемы учитывается равнодействующая сил гидростатического давления, направленная вдоль основания дамбы, которая оказывает сдвигающее действие.

Рассмотрим устойчивость дамбы под действием сил гидростатического давления воды (рисунок 3).

(I) Определяем вес дамбы

$$P_{\bar{a}} = S_{A\bar{A}ND} \cdot \gamma_{\bar{a}}, \quad (12)$$

где S_{ABCD} – площадь поперечного сечения дамбы;
 $\gamma_{\bar{a}}$ – объемный вес пород дамбы.

Вычисляем нормальные силы блока, действующие на основание AD:

$$N_{\bar{a}} = P_{\bar{a}} \cdot \cos \delta. \quad (13)$$

Результаты расчета устойчивости системы «шлакоотвал-дамба»

Параметры	Зависимость коэффициента запаса системы от угла наклона основания					
Угол наклона основания δ , градус	1,2	1,4	1,7	2,1	2,4	4,8
Коэффициент запаса системы, n	12,5	10,8	9,0	7,6	6,7	3,4

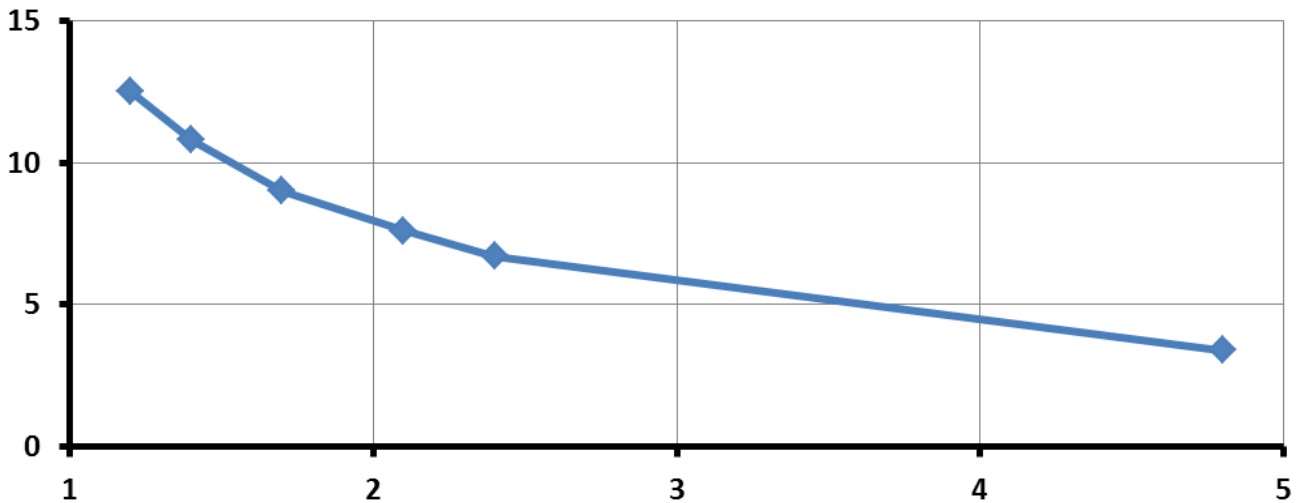


Рисунок 2 – График изменения коэффициента запаса устойчивости системы «шлакоотвал-дамба № 3»

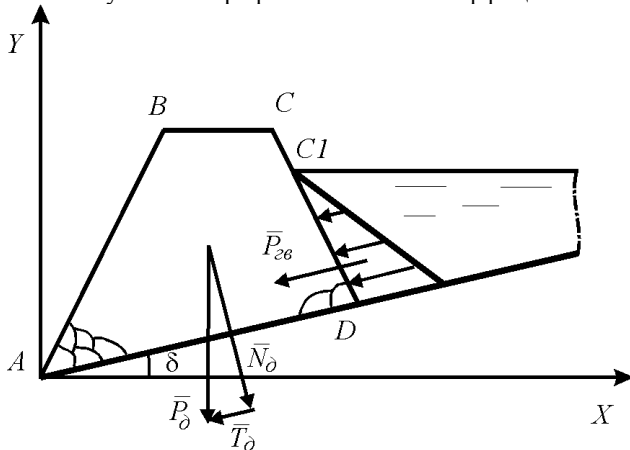


Рисунок 3 – Схема к расчету устойчивости дамбы с учетом сил гидростатического давления

Вычисляем сдвигающие силы, действующие на призму возможного обрушения, по поверхности скольжения AD:

$$T_a = P_a \cdot \sin \delta. \quad (14)$$

Удерживающие силы, действующие по основанию дамбы, в соответствии с теорией предельного равновесия:

$$T_{a\bar{a}} = k_a \cdot |AD| + N_a \cdot \operatorname{tg} \rho_a. \quad (15)$$

(II) Определяем гидростатическое давление воды

$$P_{aa} = z \cdot \gamma_A = z, \quad (16)$$

где z – глубина;

$\gamma_B = 1$ – объемный вес воды.

В соответствии с законом Паскаля, гидростатическое давление воды одинаково во всех направлениях. Для расчета принимаем наиболее неблагоприятное направление параллельно основанию дамбы (рисунок

3). В этом случае результирующая сила гидростатического давления оказывает сдвигающее действие на дамбу. Величина гидростатического давления, как следует из формулы (16), линейным образом зависит от глубины, а эпюра давления – треугольную форму. Равнодействующая сил гидростатического давления

$$P_{aa} = \bar{f} \cdot |C_1 D| / 2. \quad (17)$$

(III) Определяем устойчивость дамбы с учетом сдвигающего действия сил гидростатического давления.

Сдвигающие и удерживающие силы системы по поверхности скольжения:

$$\dot{O}_{aa} = \dot{O}_a + P_{aa} = P_a \cdot \sin \delta + P_{aa}; \quad (18)$$

$$\dot{O}_{\bar{a}\bar{a}} = \dot{O}_{a\bar{a}} = k_a |AD| + N_a \operatorname{tg} \rho_a. \quad (19)$$

Коэффициент запаса системы определяем как отношение удерживающих и сдвигающих сил, действующих по линии AD, по формуле (11).

Разработана компьютерная программа «Дамба-II», позволяющая выполнять расчеты устойчивости ограждающих дамб, учитывающие изменение параметров шлакоотвала, угла наклона поверхности формирования золоотвала и прочностных характеристик элементов системы и их основания. Выполненные расчеты устойчивости системы «шлакоотвал-дамба» для условий Топарской ГРЭС № 2 для предельного случая обводнения шлакоотвала с введением нормативного коэффициента запаса 1,3 показывают, что коэффициент запаса устойчивости дамбы № 1 равен $n = 1,528$, соответственно дамбы № 3 – $n = 1,337$.

С учетом того, что к расчету приняты минимальные значения прочностных характеристик пород дамбы и основания и введен нормативный коэффициент запаса, можно утверждать, что по

основанию дамб № 1 и № 3 имеется двукратный запас устойчивости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. М.: Высшая школа, 1975.
2. Отчет «Карагандинская ГРЭС-2, Ограждающие дамбы с водосбросами». Ростов-на-Дону: Всесоюзный государственный проектный институт «Теплоэлектропроект», 1962.
3. Бесимбаева О.Г., Низаметдинов Ф.К., Долгоносоев В.Н., Долгоносоев Е.В. Расчет устойчивости шлакоотвалов и ограждающих дамб // Материалы VI Междунар. научно-практ. конф. «Dynamika naukowych badac-2010» Volume 10. Techniczne nauki. Nowoczesne informacyjne technologie. Matematyka. Fizyczna kultura I sport. – Przemysł: Nauka i studia, 2010. Р. 46-49.

УДК 622.231

БЕЙСЕНБАЕВ К.М.

Неравновероятное контактирование кровли с верхняками

Проблема вывалообразования из кровли и отжим угля с груди забоя при выемке угля лавами по-прежнему остается актуальной.

Трещины давления, возникающие за счет концентрации напряжений в зоне опорного давления, и трещины под действием растягивающих деформаций в верхних частях слоев кровли инициируют зарождение над забоем блочной системы. Она может находиться в явном, но чаще в неявном состоянии, что зависит от раскрытия трещин, поэтому недостаточное поддержание этих зон в кровле может вызвать потерю равновесия системы и её разрушение – и определение особенностей распределения нагрузок на кровлю необходимо.

Для расчета устойчивости кровли в рамках её разрушения от изгиба или изгиба-сдвига очень важно знать влияние сопротивления крепи на эти напряжения, а величина неподдерживаемой кровли имеет второстепенное значение. Но в рамках модели кровли, содержащей цикловые трещины, последнее обстоятельство немаловажно и оно подтверждено экспериментальными исследованиями. Т.е. балка (или полосу) кровли, которую мы удерживаем от изгиба, будет прочнее в том случае, если мы предотвратим выпадение из неё нарушенных трещинами фрагментов. А это напрямую зависит от ширины неподдерживаемой кровли и характера распределенной нагрузки. Наша задача разделяется на две части и иногда их решения будут противоречивы. Решение, соединяющее подходы, приведено в [1-4] и может частично описывать бифуркационное состояние пород.

Неподдерживаемый пролёт в основном зависит от условий контактирования верхняка с кровлей и определяется на основе вероятностной оценки [5].

Для обеспечения необходимой нагрузки от крепи по уступу верхней толщи было выявлено влияние типа крепи и параметров верхняка на закономерности распределения сопротивлений при консольном креплении верхняка, и для верхняков крепей оградительно-поддерживающего типа [6]. Получены необходимые формульные (интегральные) и программные элементы оценки взаимодействия. Шахтные и лабораторные исследования

взаимодействия верхняков с кровлей выявили два новых элемента контактирования. Методология равновероятных контактов ИГД им. А.А. Скочинского характерна для коэффициентов нарушенности кровли K_n (отношение нарушенной площади кровли к общей) $\geq 0,3$. За пределами этого диапазона реализуется схема, когда на верхняке имеются зоны, чаще вступающие в контакт. При длине верхняка, в 2 и более раз превышающей ширину шнека комбайна, также необходима поправка на повышение контактируемости с удалением участка контактирования от равнодействующей сопротивления.

Состояние кровли при применении современных крепей типа «Глиник», а также ОКП-70 существенно улучшилось, что было установлено еще в 1985-90 гг. В течение 80-90 % длительности технологического цикла выемки величина K_n не превышает 0,3, следовательно реализуются предложенные схемы взаимодействия. Это особенно очевидно для ОКП-70 и «Глиник» – его верхняк состоит из собственно верхняка и консольного козырька, поджимаемого гидропатроном. Для козырька реализуется схема преимущественного контактирования, а для верхняка – схема вероятностного контактирования с учетом возрастания контактов при удалении области взаимодействия от равнодействующей, для которых предложены как расчетные формулы, так и программа [7].

Проведенные экспериментальные исследования взаимодействия верхняков крепи с кровлей показали, что длина верхняка должна составлять не менее 1100 мм, а отношение длины завальной части к длине забойной $m_{зв} / m_{зб} = 1$. Однако в данном случае выполнение этого отношения затруднительно из-за особенностей конструкции крепи, поэтому и для оградительно – поддерживающей крепи нами были предложены схема поддержки гидропатроном и методика расчета его сопротивления с учетом случайного характера контактирования, что было выполнено ранее предложения [7], реализованного затем в ОКП-70. В то же время установлены отклонения от равновероятной гипотезы контактирования и выявлены зоны преимущественной

контактируемости участков верхняков с кровлей, которые возникают вследствие особенности обработки забоя шнеками комбайна. Для всех типов верхняков установлена повышенная контактируемость на их торцах, а также качественное соответствие распределений расчетному на основе [8].

Влияние расстояния между забоем и верхняками крепи было выявлено ранее в работе [4]. Там же установлена количественная связь между объемом вывалов и величиной неподкрепленной полосы кровли при применении крепи типа ОКП и предложены верхняки, уменьшающие эту величину. Использование данных верхняков позволило заметно повысить эффективность отработки угольных пластов с неустойчивыми кровлями [7].

Для выявления влияния зазора неподкрепленной кровли на эффективность работы забоев и установления особенностей его формирования применительно к механизированным комплексам типа ОКП, МК-97, КМ-87, КМ-81, КМ-130, ранее использующимися в Карагандинском бассейне, нами были проведены наблюдения за забоями в условиях шахт им. Костенко, им. 50-летия Октябрьской революции, Кировская на пластах с углом падения 6-16° и глубиной до 540 м. При этом производились замеры полосы неподдерживаемой кровли между поверхностью забоя и областью контакта верхняков с кровлей, измерялись глубина и объем вывалов, суммарная длина нарушенной кровли, отжим угля с забоя, хронометраж производственных процессов. Данные исследования позволили установить фактические величины пролетов неподдерживаемой кровли (приведены в [3]), что необходимо для расчета устойчивости кровли, а также подтверждены предположения о возрастании контактируемости к торцу верхняка.

Анализ работы комплексов показывает, что основными причинами, вызывающими отклонение ширины неподдерживаемой полосы кровли от проектной, способствующими вывалообразованию, нарушению синхронизации работы крепи с другими устройствами и снижению производственных показателей, являются (рис. 1) неподвижка конвейера к забою $\delta_{нкв}$ из-за штыба между ними, наличия «ступенек» в почве пласта и неровностей самого забоя. Эта величина зависит от жесткости конвейера и режима его удержания. Поэтому отсутствие фиксированной связи между конвейером и секциями крепи является существенным недостатком. Следующей причиной является угловое смещение комбайна на забой из-за смещения его центра тяжести к пласту;

$$\delta\alpha = K \cdot m,$$

где K – коэффициент пропорциональности;

m – вынимаемая мощность пласта. В свою очередь

$$K = K_1 \cdot K_2,$$

где K_1 связан с эксцентриситетом центра тяжести комбайна и особенностями режима его работы, K_2 зависит от угла падения, в частности, для систем,

работающих по простиранию $K_2 = 1$, а по восстанию $K_2 < 1$.

Увеличение зазора происходит за счет изменения хода передвижки секции крепи (рис. 1), что особенно характерно для крепей, имеющих шпунтовые связи из-за углового поворота ее в плоскости, нормальной плоскости забоя и напластования при посадке завальной гидростойки, когда допускаемый угол поворота шпунтовых связей исчерпывается ($\delta_{нкп} = n \cdot \delta_{кз}$). $\delta_{кз}$ – здесь есть уменьшение шага передвижки, а n показывает, что оно увеличивается от цикла к циклу, накапливаясь по мере подвигания забоя ($n=1, 2, 3, \dots$).

Кроме того, наклон перекрытия секции вызывает смещение верхняка на завал, величину которого можно рассчитать для крепи со шпунтовыми связями следующим образом:

$$\pm \delta_{уцс} = \left(\frac{l_0}{2} + l_k \right) 1 - \cos \beta,$$

где l_0 , l_k – соответственно расстояние между осями гидростоек и длина консольного верхняка;

β – угол наклона верхнего перекрытия относительно напластования;

$\pm \delta_{уцс}$ – зависит от конкретной конструкции крепи и, в частности, $\delta_{с} = 0$ для устройств, имеющих четырехзвенники, образованные перекрытиями и основаниями в диапазонах их номинальной работы. Однако за пределами этих зон оно резко увеличивается.

Полоса неподдерживаемой кровли увеличивается на ширину захвата b для почвоуступной выемки, т.е. имеется зазор δ_t , зависящий от технологии работ. Для прямолинейного забоя $\delta_t = 0$.

Следует учитывать и зазор, который определяется шириной отжима угля, δ_o с обрушением раскоски, а также зазор $\delta_{вв}$, зависящий от особенностей взаимодействия верхняков с кровлей и в общем является случайной величиной, которая может принимать значения от 0 до L , где L – длина верхняка от забойного торца до линии действия равнодействующей сопротивления. В выражение, приводимое ниже, включен и зазор, вызываемый прочими причинами:

$$\delta_i \hat{e} = n \cdot \delta_{\hat{e}y} + \hat{E} \cdot m + \left(\frac{l_0}{2} + l_k \right) 1 - \cos \beta + \\ + \delta_o + \delta_{\hat{a}\hat{a}} + \delta_{\hat{e}\hat{e}} + \delta_{\hat{i}} + \delta_{\hat{i}}.$$

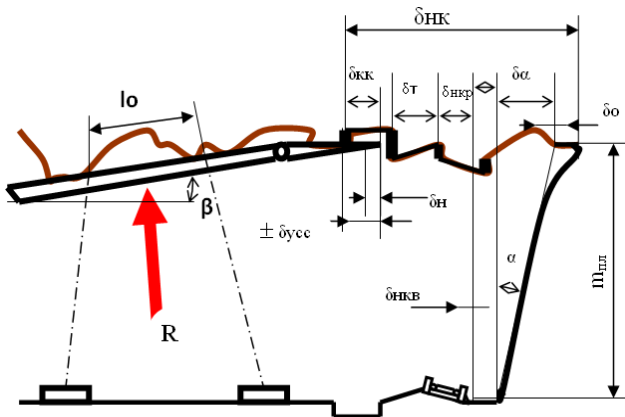


Рисунок 1 – К расчету пролета неподдерживаемой кровли (не представлен накапливающийся зазор при передвижках секции $\delta_{нк1}$, $\delta_{нк2}$ можно учесть через δ_0)

Заметим, если профиль кровли не существенно нарушен вывалами, $\delta_{нк}$ может иметь постоянную или переменную величину, зависящую от величины подвигания, поскольку вероятность контактирования любой точки верхняка с кровлей становится невероятной.

δ_0 – дополнительный зазор в результате отжима пласта, принимают на основе экспериментальных данных или на основе приводимых методов, где рассчитываются давления на пласт с участками различных фазовых состояний, параметры которых определены на основе экспериментального разрушения угля и породы, по данным натурных наблюдений и других исследований, и объединены в матрицу состояния пласта. Это позволяет ставить в соответствии с нагрузкой на пласт и расстоянием рассматриваемого участка от поверхности обнажения, комплекс его физико-механических свойств, а также особенности состояния участка. При определенных нагрузках и предельных состояниях прилежащих к поверхности забоя участков последние считаются разрушенными, тогда:

$$\delta_0 = \sum_{k=1}^n \delta x_k,$$

где δx_k , k – ширина и количество разрушенных участков.

Если исходить из условия, что дополнительная передвижка секций производится при увеличении зазора на 1 цикл (без учета зазоров, имеющих постоянный характер в данных условиях), то такая необходимость возникает через $n = bk / \delta k$. В частности, в лаве КМ-130 – через 5-6 циклов, а в лаве КМ-81 через 3-4 цикла.

Параметр $\delta_{нк}$ учитывает культуру обслуживания и его опыт (члены $\delta_{нк1}$; $\delta_{нк2}$; $\delta_{нк3}$; $\delta_{нк4}$; $\delta_{нк5}$). Закономерности накапливания отставания крепи, вскрытые данными исследованиями, ранее учитывались в основном на уровне обычных инженерных знаний и на основе опыта обслуживания, т.е. без системы. Отставание крепи по этим причинам происходило почти во всех забоях и в то же время на начальном этапе использования новой техники (М-130, УКП, Пиома) их было существенно меньше, чем при использовании старой, поскольку контроль производился

разработчиками. Однако анализ показывает, что имеется техника, когда культура обслуживания влияет меньше, при этом крепи и другое оборудование имеют определенную защиту от несанкционированных случайных действий.

При наличии в кровле зон преимущественного контакта в ряде случаев консольные верхняки в зоне над шарниром упирались в выступы от следов шнека комбайна и практически не контактировали с кровлей на участках, длина которых составляла до 30 % от всей длины забоя, при ширине обнажения 1,2-1 м, где начиналось интенсивное вывалообразование. Хотя при передвижке достаточно было подпереть верхняк гидропатроном и снять его торцом эти неровности. Заметим, что приведенные формулы и в частности ниже приводимая методика расчета с учетом неравновероятной схемы контактирования была изложена в [8] в универсальном виде, поскольку пригодна для описания процессов опоры многих механизмов с грунтами основаниями, при рассмотрении вопросов:

- о прочности грунта под основаниями;
- о характере нагружения и возможном износе самого основания.

При этом получены выражения, вероятности контактирования i -го участка:

$$P_i = \frac{2A^2 i - k}{2 L - x_0 \quad x_0 - A \cdot k + [x_0 + A 1 + n] nA}.$$

Данное значение P_i рассчитано при k -м начальном контакте, который в свою очередь может произойти на любом из участков разбиения, поэтому следует подсчитывать вероятность P_i при каждом из них и выбрать среднюю величину. Следует различать случаи, когда $AK \leq x_0$ и $i \geq K$, очевидно, что для всех $i < K$ в этом варианте $P_i = 0$.

С учетом указанных условий необходимо подсчитать для всех L/A случаев начального контакта среднюю величину P_i . Причем для случая $AK > x_0$ расчет производится по другой формуле

$$P = \frac{2A^2 K - i + 1}{x_0 \quad 2AK - x_0 + A}.$$

Данные выражения основаны на разделении рассматриваемого отрезка на равные интервалы и их структура хорошо моделируется на ЭВМ. В то же время вполне возможен переход к точным интегральным выражениям, однако в сложных случаях контактирования это может привести к трудно берущимся интегралам, поэтому сохранение вышеприведенных подходов необходимо, тем более, что точность расчетов практически не страдает.

Расчет для отрезка с параметрами F , x_0 производится следующим образом: задается значение $i = 1$ и для всех точек K при $i = 1$ определяется $P_{11}^i, P_{12}^i, P_{13}^i, \dots, P_{1i/A}^i$ (вероятности контактирования участков разбиения при осуществлении всех K -контактов), принимающих значения 1,2,3... L/A . Необходимо учитывать условия, рассчитывая в зависимости от их исполнения по вышеприведенным

формулам. Так, в случае $KA < x_0$ и $i < K$ все $P = 0$. Далее задается $K = 2$, затем $K = 3$ и т.д. После чего определяются средние значения вероятностей в точках:

$$P_{cp}^i = \frac{A}{x_0} \sum_{k=1}^{x_0/A} P_{ik} \quad \text{или} \quad P_{cp}^i = \frac{A}{x_0} \sum_{k=1}^{x_0/A} P_{ik}.$$

Данные вероятности учитывают только односторонние неравновероятные акты взаимодействия. В то же время начальные контакты равновероятны и происходят с неровностью, имеющей максимальную высоту Y_{max} . Конечно, начальный контакт может быть потерян, например, если с Y_{max} также расположена «высокая неровность», а далее идет резкое уменьшение высоты профиля, но тогда, как уже было сказано, первый контакт будет не силовым (не вызывающим концентрацию напряжений) и можно считать, что его не было, не теряя общности рассуждений.

Вероятность k -контакта нельзя оценить как A/L , поскольку равновероятный и неравновероятный контакты образуют устойчивую пару, поэтому следует рассматривать вероятности A/x_0 и $A/(L-x_0)$ в зависимости от расположения K -контакта.

Проведены расчеты распределения нагрузок и вероятности контактирования вдоль отрезка при соотношении $L/x_0 = 1$ и $L/x_0 = 0,41$ на основе имитационного моделирования контактирования. Нагрузки на торцах в первом случае равны, а во втором – в 3,65 раза больше со стороны короткого участка отрезка.

Приведенные выражения для расчета распределений сопротивлений можно получить и в интегральной форме, что в некоторых случаях существенно упрощает расчеты. Если вероятность P_x контакта пропорциональна расстоянию от точки поворота, то изменение P_x можно задать в виде линейной функции

$$P_x = a x_i - x_0 + b - ax_0.$$

Коэффициенты определим из соотношений:

$$\int_{x_0}^L (ax_i + b - ax_0) dx = 1; \quad ax_k + b - ax_0 = 0,$$

откуда:

$$P_x = \frac{X_i - X_k}{L - x_0} \frac{L - x_0 - 2x_k}{L - x_0 - 2x_k},$$

т.е. P_x зависит от расположения K -контакта.

Поэтому рассмотрим совокупность отрезков с участками с координатой X_i , когда противоположный K -контакт пробегает все возможные значения последовательно от отрезка к отрезку при фиксированном значении X_i . Тогда очевидно, что средняя сумма P_{xcp} и составит искомую вероятность контакта участка с координатой x с учетом всех возможных контактов.

$$P_{xcp} = \frac{1}{x_0} \int_0^{x_0} \frac{x_i - x_k}{L - x_0} \frac{dx_k}{L + x_0 - 2x_k} = \frac{L - x_0 + 2x_i \ln \left(1 - \frac{2x_0}{L - x_0} \right) + x_0}{4x_0 L + x_0}.$$

Определение распределений сопротивлений вдоль отрезка

С учетом возможных k -контактов среднее сопротивление можно определить так:

$$Q_{xcp} = \frac{1}{x_0} \int_0^{x_0} \frac{Q^* x_0 - x_k}{x_i - x_k} dx_k = \frac{Q^*}{x_0} \left[x_i - x_0 \ln \left(x_i - x_k + x_k \right) \right].$$

Дальнейшие расчеты можно производить так же, как это выполнялось для ЭВМ-варианта, однако очевидно, что выражения для расчета весьма громоздки, хотя рассмотрен самый простой случай взаимодействия, в частности, распределение сопротивлений с учетом вероятности контактирования задается так:

$$Q_{xpi} \frac{Q^*}{x_0} \left[\frac{L - x_0 + 2x_i \ln \left(1 - \frac{2x_0}{L - x_0} \right) + x_0}{8x_0 L + x_0} + \frac{A}{2x_0} \right] \times \left[x_i - x_0 \ln \left(1 - \frac{x_0}{x_i} \right) + x_0 \right].$$

Приведем выражение для расчета распределений сопротивлений при наличии дополнительного усилия, приложенного перпендикулярно к первому и схеме равновероятного контактирования:

$$Q_{ip} = \frac{Pl_i}{L_j} \left[L_j - l_i l_n \left(1 + \frac{L_j}{l_i} \right) \right] - \frac{M_o}{L_j} \ln \left(1 + \frac{L_j}{l_i} \right),$$

где L_i и L_j – соответственно расстояние от равнодействующей усилия до рассчитываемой точки и длина противоположной части отрезка (верхняя). От обычной схемы оно отличается только наличием последнего члена, поэтому для расчета распределений им пользоваться удобнее, чем ранее приведенной формулой.

Легко составить выражение и для противоположной части Q_{jp} :

$$Q_{jp} = \frac{Pl_j}{L_i} \left[L_i - l_j l_n \left(1 + \frac{L_j}{l_j} \right) \right] + \frac{M_o}{L_i} \ln \left(1 + \frac{L_j}{l_j} \right).$$

Расчеты показывают, что учет неравновероятной схемы контактирования даёт повышенную по сравнению с обычной контактируемость на концах отрезка, что хорошо согласуется с практикой. Ранее выполняемые расчеты показывали существенную потерю контактируемости, а значит, и сопротивления для рассмотренных схем. Получено практически полное совпадение результатов по этим приближенным расчетам уже при 4-х разбиениях рассматриваемого участка отрезка (рис. 2).

Применение того или иного способа зависит от уровня решаемых задач и особенностей используемого программного обеспечения.

Вывод о неравновероятной схеме контактирования и определение методики его расчета вносит новые качественные и количественные показатели в расчеты контактируемости крепи с кровлей и распределение сопротивлений по линии взаимодействия.

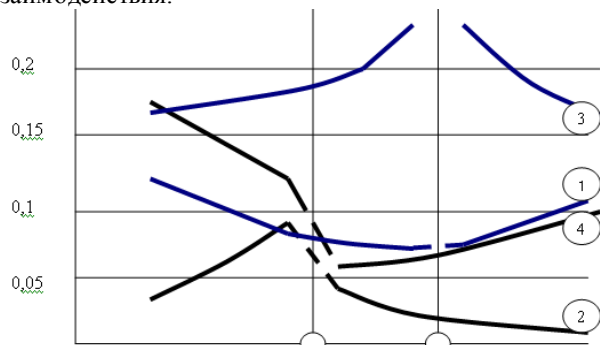


Рисунок 2 – Распределение сопротивлений (1, 3) и вероятностей контактирования K_p (2, 4) вдоль кровли при соотношении $m_{3б} / m_{3в} = 1$ (кривые 1, 2) и при $m_{3б} / m_{3в} = 0,41$ (кривые 3, 4)

Волнообразная деформация пород вокруг выработки имеет место не только для расслаивающихся пород, но и в моделях со структурой частиц с уплотнением-разуплотнением [3]. Изменение условий контактирования пород, проявления новых расслоений приводит к резким сменам поднятия опусканием пород в рассматриваемой зоне и наоборот, что, например, визуально проявлялось в интенсивной деформации арочной крепи за короткий промежуток времени, появлении зияющих трещин в зонах, где, казалось бы, их не следует ожидать (в груди забоя и стенках выработок, когда трещины направлены по напластованию от стенки вглубь). Эти явления бифуркации могут привести систему в колебательное состояние (в численных моделях [3] это зафиксировано в виде закливания программы при периодическом открытии и закрытии одних и тех же трещин). Для перехода в режим автоколебания в реальных условиях нужны дополнительные факторы, а в моделях особые модули программы, которые также должны достаточно точно описывать характер контактирования крепи с боковыми породами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейсембаев К.М. Об организации технологических систем выемки в сложных условиях // Комплексное использование минерального сырья. 1990. № 10. С.10-15.
2. Бейсембаев К.М. Оценка взаимодействия системы крепь-порода в средствах для сложных условий // Тез. док. междунар. научно-практ. конф. «Проблемы развития угольной промышленности Республики Казахстан». 5-7 мая 1993 г. Караганда. 1993. С. 82-83.
3. Бейсембаев К.М., Жетесов С.С., Шманов М.Н. Геомеханические основы расчёта параметров разработки угля в нестационарных системах: монография. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. 207 с.
4. Бейсембаев К.М. Устойчивость и состояние массива в сложных условиях // Комплексное использование минерального сырья. 1992. № 6. С. 3-8.
5. Ягодкин Г.И., Казьмин В.М. Установление оптимальных параметров перекрытий механизированных крепей. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1969. С. 32.
6. Жетесов С.С., Бейсембаев К.М. Повышение устойчивости кровли подсечного слоя при выемке мощных пластов с погашением и выпуском верхней угольной толщи // Механизация и транспорт на горных предприятиях: Сб. статей. Караганда, 1979. С. 45-90.
7. Дубовский Ю.П., Потапенко В.А. Испытание поддерживающего элемента оградительно-поддерживающей крепи для неустойчивой кровли // Уголь. 1984. № 6. С. 30.
8. Бейсембаев К.М., Тасымов М.Т. Программный и интегральный расчет контактирования прямолинейного отрезка и случайного профиля // Интеграция банковского и промышленного капитала: современные тенденции и проблемы развития в Казахстане: Материалы междунар. научно-практ. конф. 16-17 мая 2002 г. Караганда, 2002. С. 386-391.

УДК 622.324.5

ТАТКЕЕВА Г.Г.

Теоретические аспекты метановыделения из угольных пластов

Величина природного давления газа в микропорах и природных микротрещинах в угольных пластах является одним из основных показателей, определяющих объем метана в сорбированном и свободном состояниях в пластах, и одним из косвенных показателей выбросоопасности угольных пластов [1]. Метан в угольных пластах находится в основном в абсорбированном и адсорбированном

состояниях и в относительно небольших объемах в свободном состоянии. С ростом глубины горных работ объем метана в свободном состоянии увеличивается и может достигать 10-12% [1].

Если мы в качестве функции отклика Φ из предыдущих исследований возьмем относительное газовыделение — $\Phi = c/c_0$ и линеаризуем это выражение, то получим формулу:

$$\frac{\tilde{n}}{\tilde{n}_0} = \frac{kT}{C_1} \cdot \frac{A}{G^0} \cdot \tilde{n}_0, \text{ или } \tilde{n} = \frac{kT}{C_1} \cdot \frac{A}{G^0} \cdot \tilde{n}_0^2, \quad (1)$$

где c_0 – начальная концентрация метана в углеводстве (угольном пласте), т.е. метаноносность;
 A – работа (энергия) внешних сил (поля);
 C_1 – константа.

Формула (1) дает квадратичную зависимость газовыделения от метаноносности пласта (рис. 1).

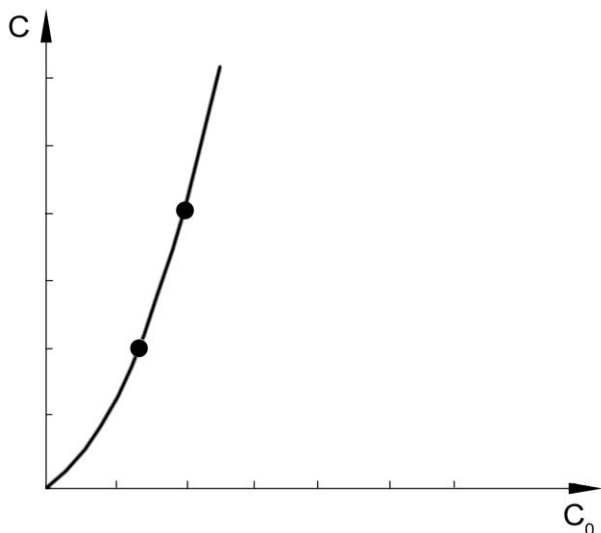


Рисунок 1 – Схематическая зависимость газовыделения от метаноносности угольного пласта

В простейшем случае метановыделение линейно увеличивается с увеличением глубины залегания пласта и формула (1) дает квадратичную зависимость роста метаноносности от глубины залегания.

В таблице 1 соответствующие величины приведены для угольных свит Карагандинского бассейна.

В природном состоянии в угольном веществе существует динамическое равновесие между адсорбированным, абсорбированным (в твердом растворе) и метаном в свободной фазе, которое характеризуется тем, что в любой момент при отсутствии экстремальных внешних воздействий число молекул метана, переходящего из свободной фазы в сорбированное состояние, практически равно числу молекул десорбирующегося метана. Свободный метан в угольном пласте в природных условиях занимает объем, в пределах которого взаимодействие его молекул с поверхностью угля сравнительно невелико, поэтому объем метана в свободной фазе в пустотах угля обычно незначителен. В таких условиях метан, находящийся в угле в свободной фазе, играет роль «подпора» для сорбированного метана, в значительной степени препятствуя его десорбции. Нарушение динамического равновесия между метаном в свободной и сорбированной фазах в природной системе «уголь – метан – природная влага» при перераспределении горного давления (под воздействием тектонических процессов или горных работ) проявляется в превышении числа

десорбирующихся молекул метана над числом сорбируемых углем. Установлено [1], что объем метана в свободной фазе на глубине 700-1200 м составляет в углях средних степеней метаморфизма ($V^{dat} = 18-29\%$) от 5 до 10 % всего содержащегося в угле метана; в углях высокой степени метаморфизма ($V^{dat} = 8-14\%$) от 4 до 6% и в малометаморфизованных углях ($V^{dat} = 30-38\%$) – до 10-12%. При нарушении установившегося динамического равновесия в природной системе «уголь – метан – природная влага» движение молекул метана из природных угольных пор происходит как путем перемещения по их стенкам, так и путем перехода из абсорбированного состояния в адсорбированное и затем в свободное, с выделением метана из свободной фазы, то есть происходит распад углеметана, сопровождаемый снижением давления метана в угле.

Таблица 1 – Динамика роста средней метаноносности угля (м³/т) в Карагандинском угольном бассейне

Глубина от поверхност и, м	Угольная свита			
	Карагандинская, Ашляринская	Долинская, Тентекская		
	пласты			
	K ₁ – K ₄	K ₅ – K ₈	D ₁ – D ₅	D ₆ – T
< 150	3,0	2,0	0	0
151-200	6,7	9,0	3,7	0,6
201-250	14,0	13,2	12,2	3,9
251-300	17,0	15,8	15,4	6,0
301-350	18,5	16,4	16,2	9,4
351-400	19,3	16,8	16,5	10,5
401-450	19,8	17,4	16,8	13,7
451-500	20,1	18,0	17,2	15,8
501-600	20,5	18,5	17,9	17,1
601-700	20,7	18,9	18,3	19,0
701-800	20,8	19,5	нет данных	нет данных

Величина природного давления метана в угольных пластах на глубинах ниже верхней границы метановых газов обычно меньше гидростатического, но в ряде пластов карагандинской свиты превышает его.

При снижении давления метана в пласте в процессе его десорбции при дегазации часть выделившегося метана, определяемая по разнице сорбционных емкостей угля при первоначальном и вновь установившемся давлениях, переходит в свободное состояние, а количество метана, сохранившегося в угле в сорбированном состоянии, соответствует новым термодинамическим условиям (температуре, давлению). Поэтому любой метаноносный угольный пласт, обладающий природной влажностью, следует рассматривать как единую газогидродинамическую систему, в которой изменение давления метана в какой-либо точке постепенно передается прилегающему массиву угольного пласта, размеры которого зависят от величины природной газопроницаемости и влажности, а также от степени метаморфизма угля. Величины природного давления метана в пласте и сорбционной

способности угля тесно взаимосвязаны. Теплота сорбции природной системы «уголь – метан – природная влага» равна 17-20 кДж/моль.

Из-за сложного анизотропного строения угля процесс нарушения динамического равновесия между газовыми фазами протекает с запаздыванием и может быть отнесен к самотормозящимся (самозатухаемым). Исследованиями установлено [1], что при прочих равных условиях (величины природной метаноносности, влажности, пористости, температуры) продолжительность активного газоистощения (дегазации) угольного пласта – природного пористого сорбента – примерно в 4 раза больше, чем продолжительность газоистощения несорбирующего коллектора – пористых песчаников, песков и т.п. Запаздывание нарушения равновесия между сорбатом-угольным пластом и сорбентом-метаном выражается зависимостью $1/\sqrt{t}$.

Поэтому вследствие относительно небольших потерь метана с момента вскрытия угольного пласта в процессе создания в скважине замерной камеры до момента начала измерений величины давления метана после окончания периода нарастания и стабилизации давления метана его величина определяется значительно точнее, чем на месторождениях природного газа, истечение которого в скважину из природного коллектора происходит гораздо быстрее, чем метана из угольного пласта.

С другой стороны, при замерах давления метана в угольных пластах требуется более длительный период для его нарастания до природной величины (особенно при замерах на высокометаморфизованных углях – тощих, антрацитах). Величина этого периода зависит от ряда природных и технологических факторов – от величин природного давления метана в пласте, природной метаноносности, влажности, газопроницаемости и петрографического состава углей и от его микроструктуры. Шахтными исследованиями установлено [1], что стабилизация давления метана в пласте на уровне 5% от природного происходит: на пластах низких степеней метаморфизма в течение 10-15 суток и на высокометаморфизованных пластах антрацита в течение 30-60 суток, что является удовлетворительным.

Поскольку $G^0 = H - TS + PV$, то из (1) при $c = c_0$ имеем:

$$\tilde{n}_0 = \tilde{N}_2 G^0 = C_2(H - TS) + C_2 PV.$$

Таким образом, давление метана в пласте равно:

$$P = c_0 - C_2(H - TS) / (C_2 V). \quad (2)$$

Уравнение (2) показывает сложную зависимость давления газа в пласте от его концентрации и свойств угольного вещества. Однако все параметры в (2) экспериментально определяемы, что важно с практической точки зрения. Видно, что с увеличением давления увеличивается метаноносность угля. Сказанное иллюстрирует таблица 2.

Таблица 2 – Давление метана и метаноносность на различных глубинах в шахтах Карагандинского угольного бассейна

Показатель	Единица измерения	Шахта			
		Абайская	Саранская	им. «Косте-нко»	Стахановская
Глубина	м	370	510	610	680
Природное давление метана	Мпа	2,8	4,0	4,2	4,9
Метаноносность	м ³ /т	15,0	17,5	18,5	18,2

Мы воспользуемся полученным нами соотношением (2) и подходом, развитым в работе [2]. Пусть P – давление метана в порах, а P_m – внешнее (горное) давление на пласт. Для вычисления упругой энергии угольного каркаса авторы [2] применили следующий прием: мысленно разбиваем пласт на шарообразные области радиуса R_2 , содержащие полости радиуса R_1 , заполненные метаном. Затем вычисляется упругая энергия каркаса как сумма упругих энергий всех таких областей. Используя известное решение задачи о деформациях и напряжениях шара с концентрической шаровой полостью [3], подверженного действию внутреннего и внешнего давления, приходим к формуле для упругой энергии рассматриваемой области:

$$E_{el} = \frac{2\pi}{R_2^3 - R_1^3} \left[\frac{(PR_1^3 - P_m R_2^3)^2}{3K} + \frac{(P_m - P)^2 R_1^3 R_2^3}{4G} \right], \quad (3)$$

где K и G – модули всестороннего сжатия и сдвига соответственно.

Учитываем теперь, что отношение

$$\gamma = \frac{R_1^3}{R_2^3} \quad (4)$$

имеет четкий физический смысл пористости угля.

Тогда для плотности упругой энергии угля получим выражение, содержащее лишь хорошо определяемые в лабораторных и шахтных экспериментах параметры:

$$\varepsilon_{el}(P, P_m) = \frac{1}{2(1-\gamma)} \left[\frac{(P_m - \gamma P)^2}{K} + \frac{3\gamma}{4G} (P_m - P)^2 \right]. \quad (5)$$

Поскольку ε_{el} через давление, она является упругой составляющей плотности термодинамического потенциала Гиббса газопористого материала. Добавляя к ε_e плотность потенциала Гиббса газа, находящегося в порах, находится плотность ϕ потенциала Гиббса рассматриваемого угольно-газового массива:

$$\phi(P, P_m) = \frac{1}{2(1-\gamma)} \left[\frac{(P_m - \gamma P)^2}{K} + \frac{3\gamma}{4G} (P_m - P)^2 \right] + \gamma P \ln \frac{P}{P_T}. \quad (6)$$

Здесь P_T – величина размерности давления, зависящая от температуры и рода газа.

Поскольку $\phi = G^0/V$ и считая давление функцией пространственной координаты – $P(x)$, мы имеем уравнения (2) и (6), полностью определяющие равновесное давление в угольных пластах.

Из приведенных выше результатов наших исследований и других авторов вытекает следующая картина выхода метана из угольного пласта: на первой стадии инициируется распад углеметана на твердую и газообразную фазы; на второй стадии полученный при распаде газ, а также газ, адсорбированный в поровом пространстве угля диффундирует по системе трещин и открытых пор в скважинное пространство; на третьей стадии газ выходит на поверхность.

На первой стадии описание процесса распада твердого раствора углеметана осуществляется на основе нашей модели:

$$\dot{n} = \frac{kT}{C_1} \cdot \frac{A}{G^0} \cdot \dot{n}_0^2. \quad (7)$$

Здесь основную роль играет работа A внешних сил, определяющая в конечном счете саму возможность деструкции углеводородов и ее интенсивность.

На второй стадии процесс газопереноса сквозь угольный пласт к скважине описывается различными диффузионно-фильтрационными моделями, в которых делаются те или иные приближения.

Массоперенос метана по системе открытых каналов происходит путем фильтрации. Движущей силой процесса выступает градиент давления газа. Поскольку фильтрация – это безынерционный процесс, то для его описания применяется известное уравнение Дарси, которое в одномерном случае записывается так:

$$\frac{\partial \dot{n}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{k}{\mu} \cdot \rho \cdot \frac{\partial P}{\partial x} \right]. \quad (8)$$

Здесь k – коэффициент проницаемости; μ – динамическая вязкость метана.

В случае вытеснения газа воздушным потоком в отточную скважину, описание процесса усложняется и уравнения фильтрации выглядят так:

$$\begin{aligned} n \frac{\partial c}{\partial t} &= \operatorname{div} \left[\frac{kT}{\mu n} c \operatorname{grad}(cR) \right] - W_m - W_o; \\ n \frac{\partial c_m}{\partial t} &= \operatorname{div} \left[\frac{kT}{\mu n} c_m \operatorname{grad}(cR) \right] - W_m; \\ n \frac{\partial c_o}{\partial t} &= \operatorname{div} \left[\frac{kT}{\mu n} c_o \operatorname{grad}(cR) \right] - W_o. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь W – скорость притока газа из пористых блоков в фильтрационный объем; индексы m и o относятся к метану и кислороду, соответственно.

На третьей стадии описание процесса выхода метана из угольного пласта на поверхность через скважину обычно описывается классической газодинамикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айруни А.Т., Презент Г.М., Баймухаметов С.К. и др. Проблемы разработки метаноносных угольных пластов, промышленного извлечения и использования шахтного метана в Карагандинском угольном бассейне. М.: Изд-во Академии горных наук РФ, 2002. 318 с.
2. Алексеев А.Д., Фельдман Э.П. Равновесное распределение газов в угольных пластах // Письма в ЖТФ. 2008. Том. 34. Вып. 14. С. 48-53.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. М.: Наука, 1965. 203 с.

ӘОЖ 622.271=512.122

ҚАПАСОВА А.З.

Ашық кеніш қиябеттерінің орнықтылығын есептеудің негіздері

Қазіргі кезде жүзден астам қиябеттердің орнықтылығын есептейтін әдістер мен тәсілдер бар. Кез-келген сырғу бетті есептеу әдісі теориялық жағынан негізделген және ұсынылатын әдістің нақты практикалық жағдайда қолдану мүмкіндігі болуы керек.

Сырғу беті түзу мен шеңбер бөлігі тіркескен беттен тұратын әдіс практикада көп қолдау тапқан (1-сурет). Әдіс сусымалы ортадағы шекті тепе-теңдік теориясына негізделген [1]. Шекті тепе-теңдікті Кулон келесі кейіптеуішпен анықтаған

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \rho + c$$

мұнда σ , τ – таптауыр және жанама кернеулер, МПа;

C – жыныстардың ұастастығы, МПа;

ρ – таужыныстарының ішкі үйкеліс бұрышы, град.

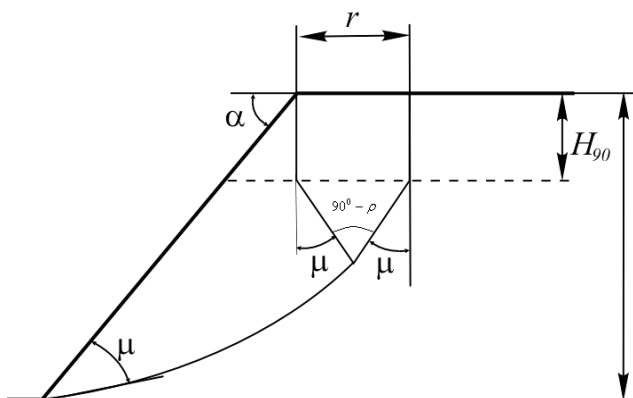
Тік бағытты түзетін шекті биіктік $H_{\text{ғр}}$, жылжудың деңгей беті үшін, ішкі үйкеліс бұрышы мен таужыныстардың ұастастық еселігі арқылы анықталып, бұзылу призмасының ені келесі кейіптеуішпен анықталған [2]:

$$r = \frac{2\hat{f} \left[1 - \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha + \rho}{2} \right) \right] - 2H_{90}}{\operatorname{ctg} \mu + \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha + \rho}{2} \right)},$$

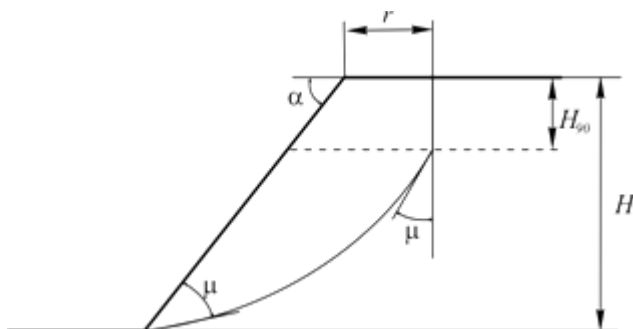
мұнда H – қиябет биіктігі, м;

α – қиябет бұрышы, град.

Практикада сырғу бетін «сынасыз» қарапайым салу көп тараған (2-сурет).



1-сурет – Біртекті ортада түзу мен шеңбер бөлігі тіркескен сырғу бетінің тәсімі



2-сурет – Біртекті ортада сырғу бетін қарапайым құру

H – шекті қиябет биіктігін (немесе α – қиябет бұрышын) және r – бұзылу призмасының енін график бойынша анықтауға болады [2].

Ол үшін n_y – орнықтылық еселігі арқылы таужыныстарының беріктілік ерекшеліктерін анықтайды: ұстастығын, ішкі үйкеліс бұрышын және қиябеттің шартты биіктігін $\hat{f}'$ және r' -графикке байланысты анықталады.

Ақиқат қиябеттің биіктігі

$$\hat{f} = \hat{f}' \cdot \frac{k_p}{\gamma}$$

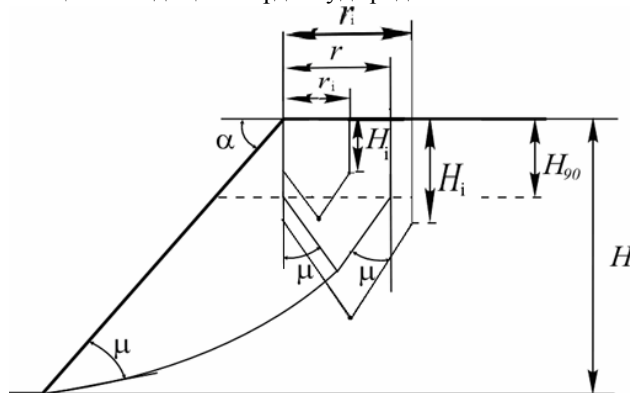
Ақиқат бұзылу призмасының ені

$$r = r' \cdot \frac{k_p}{\gamma}$$

Қазу нәтижесінде жасалынған қиялардың беттеріндегі өзгерістер өндіріс жағдайына әсерін тигізбес үшін, қияның тереңдігіне байланысты еселігін есептеп, әрбір тереңдігін бағалап отыру керек. Салынған сырғу беттер H мәніне жеткендегі сырғу сызығы болып табылғандықтан, аталған әдісте

тереңдіктің өзгеруіне байланысты орнықтылықты ескермеген.

Сілемдегі сырғу бет тек H_{90} -нан емес $H_{жс}$ -дан басталатын болғандықтан [3] және r – бұзылу призмасының ені H_{90} биіктігіне – тура пропорционал (3-сурет), тәсімге байланысты кейіптеуішпен анықталатындықтан күдік тудырады.



3-сурет – Бұзылу призманың еніне H_{90} – әсері

Барлық авторлардың жұмыстарын қамтитын қиябеттердің орнықтылығын есептеу әдістерінің жіктемесін ұсынған Певзнер М.Е. бұзылу призмасының енін есептегенде, төмендетілген қате мәнді беретінін және бұл әдістің сырғу беті толық немесе ішінара жарықшақтар кезінде байланыс қабаттары бойынша өткен жағдайларда, яғни анизотропты ортада қолдануға болмайтынын атап көрсеткен [4]. Осы әдіспен сырғу бетін салғандағы бұзылу призмасын анықтаудағы кететін қателікті жою үшін, А.М. Мочалов қиябеттің орнықтылығын аналитикалық есептеуді ұсынды [2]. Ол үшін көпбұрышты күштер әдісімен қиябеттің шекті биіктігі анықталды.

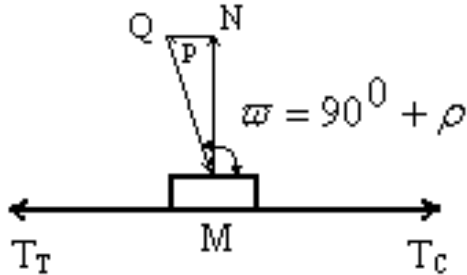
Статикалық сынақ кезінде таужыныстардың үлгілерінің бүйір беттерінде қысу бағытымен $\mu = 45^\circ - \rho/2$ бұрышын жасайтын және үлгінің жоғарғы және төменгі қысым қойылған беттерінің шетінен басталып, ортасында өзара қиылысатын екі сырғу беттері болатыны белгілі [3]. Көптеген әдістермен сырғу беттерін есептегенде осы бұрышты қолданып есептеудің әдістері қалыптасқан. Осы әдістерге байланысты жер бетінің сырғуы шөгу аймағы алаңында $45^\circ + \frac{\rho}{2}$ және ығыстыру аймағы ауданында

$45^\circ - \frac{\rho}{2}$ болатыны аталып өткен [1]. Кейінгі көптеп жүргізілген эксперименттердің нәтижелерінде бұл заңдылықты толығымен дәлелдегенімен [5,6], оның жүру тәсілінің физикасы тау-кен жұмыстарына арналған еңбектерде жеткілікті талданбай келеді. Кен орындарында жүріп жатқан бұзылыстардың ерекшеліктерін ұғыну мақсатында, кенді қазу жұмыстарының тиімділігі мен қауіпсіздігіне кепілі болатын осы аса маңызды мәселені денелердің өзара үйкелісінің заңдылығымен негіздеуге болады.

Денелердің өзара үйкелісінің заңдылығында бір дененің үстінде жатқан екінші денеге түсетін P салмақтан олардың арасындағы бетте, егер ол дең-

гейлі болса, таптауыр N мен жанама T күштері пайда болатыны белгілі.

T_c күші денелердің беттеріндегі тежеуші T_m күшпен теңескенде, олар бірінің бетімен бірі сырғу алдындағы шектік тепе-теңдік жағдайда болады. Енді P мен N күштерінің арасындағы сәл ұлғайған бұрыш үстіңгі денені астыңғы дененің бетімен жылжытып жібереді (4-сурет). Осы физикадан белгілі [7] заңдылықтың геометриялық мәнін қарастырсақ, денелердің қозғалу беттері мен оларға қойылатын P күшінің бағытының арасындағы бұрыштың мәні $\varpi = 90^\circ + \rho$ екенін байқаймыз.



4-сурет – Екі дененің арасындағы сырғу бет

Енді P күшін тікелей қойылған демей, басқа Q күшінің туындысы ретінде қарастырайық. Q күші тұрақты түсіп тұратын салмақ болсын. Осы салмақтан үстіңгі дененің тұтастығы бұзыла алады деп қабылдаймыз. Сонда Q күштің ықпалымен бұзылған үстіңгі дене астыңғының бетімен жылжуы керек. Ол үшін жоғарыдағы ω бұрышының болуы қажет. Ал үстіңгі денеде алғашқыдай P күшінің бағытына сәйкес күш болуы керек және оның сырғуының табиғаты тағыда T күшіне ұқсас. Сонда үстіңгіде де, астыңғыда да бірі біріне тең екі жанама күштер пайда болғанда үстіңгі дененің бөлінген бөлігі астыңғы дененің бетімен сырғи алады екен. Сонда үстіңгі дененің сырғу бетінде бұрынғы P күштің орынына астыңғы дененің бетіндегі сырғуды тежеуші T_m күшке тең, бірақ оны сырғытуға ұмтылатын, T_c күші пайда болды. $T_m = T_c$ күштердің екеуі де сырғу беттерге жанама күштер және екеуінің араларындағы бұрыш $\varpi = 90^\circ + \rho$.

Сырғу беттерінің қандай-да бір есептеу әдісін әмбебап қолдану үшін, көптеген талаптар қойылады. Соның бірі есептеу әдісі сілемдегі ақиқат қасиеттерді мейлінше толықтай көрсететін, нақты жағдайлардағы берілістермен негізделуі керек.

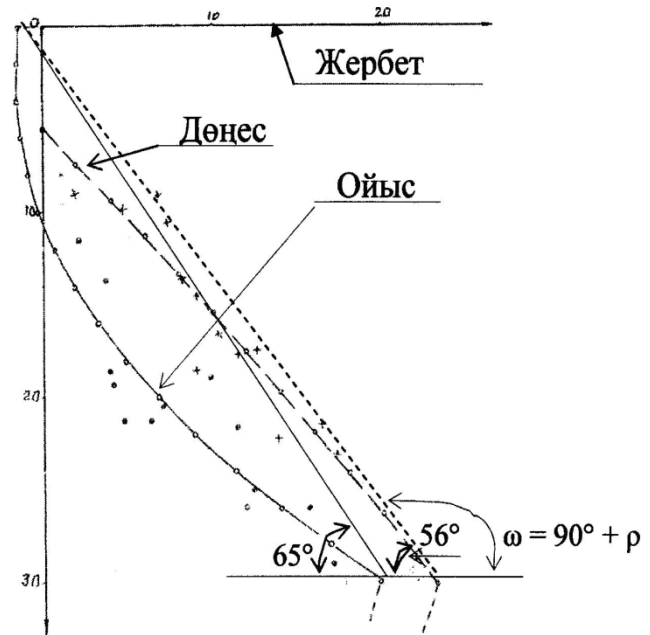
Кен орындарында жүріп жатқан бұзылыстардың ерекшеліктерін ұғыну мақсатында келесідей жұмыстар істелінеді.

Табиғи жағдаймен ұштасатын сырғу бетін есептеп шығару үшін, ашық кеніш қиябеті кескінінің түсірілмеуі орындалады және математикалық статистикамен есептеп, қияның кескіндерінің өзгеруі (5-сурет) алынады.

Кенді ашып алғанда, табиғи жағдайда қалыптасқан тепе-теңдік әртүрлі дәрежеде бұзылады. Қазу нәтижесінде жасалынған қиялардың беттеріндегі өзгерістер өндіріс жағдайында ескерусіз болып жүруі

мүмкін. Ол үшін, қияны құрап тұрған таужыныстардың кернеулілік күйі мен физика-механикалық қасиеттерінің көрсеткішіне оның геометриялық өлшемдері сай табылған болуы керек.

Ашық кеніш қияларындағы кернеулердің шамасы қияның сырт жағындағы жерсілемдердің ашық кенішке қарай табиғи сырғу беттерімен ығыса алатын көлемдеріне және олардың сырғу шамасына байланысты болады. Сондықтан, алдымен қиялардың қай аумағында қандай сырғу беттері болады және сол беттерде сырғу жүреді ме, егер жүрсе оның әсер ететін аумағының шегі қандай болады деген сауал туындайды.



5-сурет – Статистикалық есептеуден кейін алынған қиябеттің кескіні

Қойылған сауалға жауап беру үшін, қияның өзін өз алдына жеке қарастыру керек. 6-суреттегі жер бетіндегі B нүктесінен тік түсетін BO сызығы жүргізіледі. Қияның астындағы BOH үшбұрышы және BO артындағы жер сілемді тіреп тұрған дене.

Егер әлсіз беттер болса, онда алдымен қияның бетіндегі қалыңдығы $H_{жс}$ болатын қабатының жылжуы мүмкін. Қияның төменгі бетін үшбұрышты дене $CH_{ж}$ тіреп тұрады. AC бетімен

$$\varpi = 90^\circ + \rho$$

бұрышымен қиып кетуі мүмкін.

Қияның тағы бір қабаты $H_{жс}$ тереңдігіне байланысты. BO сызығының бойындағы O_1 нүктесінен жер бетіне дейін, 2-топтағы сырғу беттерінің қисығын жербетке дейінгі деңгейге дейін салуға болады. Бұл жерде де $\varpi = 90^\circ + \rho$ бұрышымен қияның төменгі бетін қиып кетуі мүмкін.

Егер сырғу беттердің 2-тобының қисығын $\hat{A}'_E \hat{f}_E \hat{I}'_1$ бөлігі түрінде салсақ, онда қияның астындағы жерсілемде сырғу беттердің екі түрі болуы мүмкін. Осының бір түрі $\varpi = 90^\circ + \rho$ бұрышымен қиябеттен ауытқып сырғу бетпен жылжып кете алады.

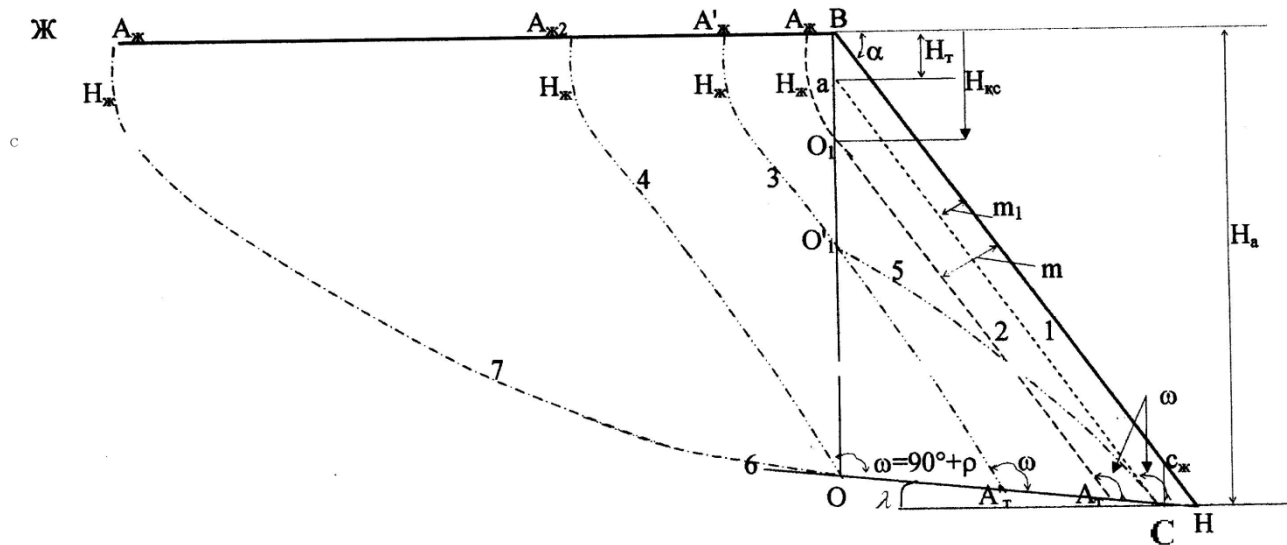
Қияның астындағы таужыныстар $\hat{I}_1 \hat{N}$ қисық сызығының бойымен де сырғып кетуі мүмкін.

$\hat{A}'_e \hat{A}$ кесіндісі E_n – опырылатын ені десек, $\hat{A}'_e$ нүктесінен B нүктесіне қарайғы кез-келген кесіндіні E_{ni} – деп белгілесе, ал қияның табан жағындағы C нүктесінен O нүктесіне дейінгі көлбеу қашықтық K_T болады, ал кез-келген i нүктесіне дейінгі қашықтық K_{Ti} . Салмақтың өсу бағытына байланысты жердің

бетіндегі өлшенетін шамалар $\hat{A}'_e$ нүктесінен B нүктесіне төмен қарай анықталады және қияның табан бөлігінде өлшеулер C нүктесінен O нүктесіне қарай жоғары жүргізіледі.

Сырғудың жүретіні немесе орнықтылығы сақталатындығы ОН бетіндегі тежеуші жанама кернеудің шамасына байланысты анықталады.

Сырғу бетін нәтижелі пайдаланғанда ол кен орындағы тәсілдердің физикасымен ұштасады.



6-сурет – Ашық кеніш қиябеттеріндегі сырғу беттер

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 378 с.
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л.: ВНИМИ, 1972. 165 с.
3. Сәбденбекұлы Ө. Таужыныстардың сілеміндегі құрылыстар түзетін механика. Қарағанды, 2006. 235 б.
4. Певзнер М.Е. Деформации горных пород на карьерах. М.: Недра, 1992. 235 с.
5. Свойства горных пород и методы их определения / Под ред. М.М. Протодяконова. М.: Недра, 1969. 392 с.
6. Машанов А.Ж. Механика массива горных пород. А-Ата: АН Каз. ССР, 1961. 210 с.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. М.: Наука, 1965. 848 с.

ӘОЖ 622.271–512.122

Қ УАНЫШБЕКОВА А.А.,
ИЗМЕТДИНОВ Ф.К.

Ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігін бағалау және параметрлерін есептеу әдістері

Ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігін шешу мәселесі тікелей бастапқы мәліметтерге байланысты. Қазіргі кездегі барлық есептеу әдістері нәтижелі мәліметтер бойынша қорытындыға жақын болып табылады, бірақ оның айырмашылығы біріншісінде бірдей мәліметтер алынады, ал екіншісінде кешенді есептер шешіледі, есептерді шешу кезінде бірқатар параметрлер қолданылады. Мұндай әдістерге сандық-аналитикалық әдістер жатады, онда тікелей ЭЕМ қолданылады.

Ашық кеніштерде тау жыныстарының өзгерістері мен жылжуының болжамы бойынша есептерді шешу дәлдігі толығымен инженерлі-геологиялық қамтамасыздандырылуына, жыныстардың физика-механика-

лық қасиеттері туралы алынған мәліметтерінің беріктілігіне, тау шынтастарының құрылымды-тектоникалық ерекшеліктеріне байланысты болады.

Қазіргі уақытта кенорындарда ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігін бағалау, ашық кеніштердің кемерлері өзгерістерін бақылау, өзгерістерге қарсы шаралар бойынша барлық мәліметтер жалпыланған.

Ашық кеніштер қиябеттерінің төзімділігін бағалау әдістеріне ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігін бағалаудың әдістемелік негізі және инженерлі-геологиялық қамтамасыздандыру; изотропты ортада ашық кеніш кемерлерінің төзімділігін есептеуді; есептеудің сандық-аналитикалық және графо-аналитикалық әдістерін жатқызуға болады.

Жұмыстың алдына қойылған мақсаттары үшін инженерлі-геологиялық ізденістер нұсқауға сәйкес жасалады, ал зерттеулер жатыс жыныстары мен кен денелерінің жатыс шарттарымен жүргізіледі. Бұл мәліметтер геологты-ізденіс ұжымдарының есеп берулерінде бар.

Ашық әдіспен өңдеу үшін қарастырылған кенорындарындағы ізденіс жұмыстарының шекарасы қыртыс контурынан L -ден кем емес арақашықтықта болуы мүмкін, ол мына формуламен (1) есептеледі.

$$L = H \operatorname{ctg} \alpha + n \cdot a, \quad (1)$$

мұнда H – ашық кеніш тереңдігі, м;

α – ашық кеніш кемерінің көлбеу бұрышының мәні;

a – құлайтын кемер призмасының ені. Оның жуық мәні жыныстың жатысына байланысты болады.

L арақашықтығы бұл инженерлі-геологиялық шарттар орындалатын аймақ, оны 0,1H ашық кеніш тереңдігінде жүргізу қажет. Бұл аймақта жыныстардың физика-механикалық қасиеттері, әртүрлі жыныстардың жарықшақтары, гидрогеологиялық шарттары зерттелуі мүмкін.

Ашық кеніштер кемерлерінің көлбеу бұрышын есептеу үшін профиль бойынша жыныстардың физика-механикалық қасиеттерінің орташаөлшенген мәндері анықталады (2):

$$\begin{aligned} \gamma_{op} &= \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}; \\ \operatorname{tg} \rho_{op} &= \frac{\operatorname{tg} \rho_1 l_1 + \operatorname{tg} \rho_2 l_2 + \dots + \operatorname{tg} \rho_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}; \\ K_{op} &= \frac{k_1 l_1 + k_2 l_2 + \dots + k_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}, \end{aligned} \quad (2)$$

мұнда $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ – әртүрлі қабаттардың тығыздығы;

$h_1, h_2, \dots, h_n$ – әртүрлі жыныстардың қуаттылығы;

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – әртүрлі қабаттардағы үйкеліс бұрыштары;

$k_1, k_2, \dots, k_n$ – әртүрлі қабаттардағы тұстасу;

$l_1, l_2, \dots, l_n$ – қабаттар бойынша сырғанау бетінің ұзындығы.

Ашық кеніштің төзімді кемері төзімділік қор коэффициентімен бағаланады. Қиябеттердің төзімді жағдайының беріктілігін бағалау үшін келесі критерийлер қолданылады: төзімділік қор коэффициенті, төзімділіктің қажетті қор коэффициенті, қиябет құлауының қауіп-қатерлілігі.

Төзімділік қор коэффициенті жылжушы және тежеуші күштер қатынасынан анықталады. Алынған қажетті төзімділік қор коэффициенті беріктілік коэффициенті және бастапқы инженерлі-геологиялық ақпараттар қателіктерінің есебімен ажыратылады. Қиябет құлауының қауіп-қатерлілігі таңдалған беріктілік коэффициентінің тәуелділігімен анықталады.

Төзімділік қор коэффициенттері жыныстың үйкеліс бұрыштары мен орташаөлшенген тұстасу сипаттамаларын енгізеді.

Қиябеттің төзімділік қор коэффициенті мына формуламен (3) есептеледі:

$$n_e = \frac{\sum Y}{\sum \tilde{N}}, \quad (3)$$

мұнда $\sum Y, \sum \tilde{N}$ – барлық күштер қосындысы.

Қажетті төзімділік қор коэффициенті

$$n_k = 1 + t \cdot M,$$

мұнда M – мәліметтердің жалпы қателігі;

t – беріктілік коэффициенті.

Мәліметтердің жалпы қателігі мына формуламен (4) анықталады

$$M = \sqrt{m_k^2 + m_r^2 + m_{II}^2 + m_{III}^2}, \quad (4)$$

мұнда m_k – тау жыныстарының тұстасуын анықтау қателігі;

m_r – жыныстардың ішкі үйкеліс бұрыштары;

m_{II} – тау шынтастарындағы әлсіздену бетінің кеңістіктегі жағдайы;

m_{III} – геологиялық және гидрогеологиялық шарттар.

Бастапқы мәліметтер қателігінің сандық мәні инженерлі-геологиялық шарттардың күрделілігімен және кенорындарын игеру кезеңімен байланысты (кесте).

Бастапқы мәліметтердің жалпы қателік мәндері

Инженерлі-геологиялық шарт	Кенорындарын игеру кезеңдері		
	Барлау, жобалау	Құрылыс	Тұтыну
Қарапайым	15	10	5
Күрделі	20	15	10
Өте күрделі	25	20	15

Беріктілік коэффициенті кемердің категориясына, сонымен қатар кемердің тұру мерзіміне байланысты және мына формуламен (5) есептеледі

$$t = ab, \quad (5)$$

мұнда a, b – кемердің категориясына сәйкес есептелетін және оның тұру мерзімінің ұзақтылық коэффициенті.

Жыныстың беріктілік қасиеттерін есептеу сипаттамалары келесі формуламен (6) есептеледі:

$$k_p = \frac{k_{op}}{n_H} \text{ және } \operatorname{tg} \rho_p = \frac{\operatorname{tg} \rho_{op}}{n_H}. \quad (6)$$

Барлық ұсынылып отырған есептеу әдістері, сол сияқты изотропты ортада, тау жыныстарының шекті тепе-теңдік теориясына негізделген. Әдістерді негіздейтін бастапқы жағдайлар келесідей:

- ашық кенішті қиябеттердің өзгерісі контурмаңы тау шынтастарындағы сырғу беті бойынша құлау немесе көшкін түрінде болады;

- қиябетте шынтастың әлсіздену бетінің қолайсыз орналасуы жоқ кезінде сырғу беті формасы бойынша дөңгелекцилиндрлікке жақын;

- қиябетте қолайсыз бағдарланған әлсіздену беті бар кезінде сырғу беті онымен сәйкес келеді.

Тау жыныстарының біркелкі шынтастарында сырғудың элементарлы алаңы σ_1 -ден кем емес кернеулік кезінде пайда болады (7)

$$\sigma_1 = 2K \cdot ctg\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right), \quad (7)$$

мұнда K – жыныстардың тұстасуы;

ρ – ішкі үйкеліс күші.

Сырғу алаңы тереңдіктен пайда болады (8)

$$H_{90} = \frac{\sigma_1}{\gamma} = \frac{2K}{\gamma} ctg\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right), \quad (8)$$

мұнда γ – жыныстың тығыздығы.

Элементарлық алаңдардың сырғуы ең үлкен басты кернеулігіне бағытталуы келесідей бұрышпен орналасқан (9)

$$\mu = 45^\circ - \frac{\rho}{2}. \quad (9)$$

Қиябеттен алыста тау жыныстарының шынтастарында ең үлкен басты кернеулік σ_1 вертикаль сәйкес келеді және практикада вертикальды қабырға ретінде пайда болады. Қиябеттің бетке жақындасу шамасы бойынша ең үлкен басты кернеулік вертикальдан қиябет жағына қарай ауытқиды, 1-ші қисықтықты қалыптастырады, және қиябетке шығар кезінде онымен сәйкес келеді.

Біркелкі шынтаста беттің сырғу құлау призмасының кейбір бөліктер көлбеулігі бағытынан сырғу бетінің вертикаль бөлігінен төменгі бөліктегі қиябеттің бетіне дейін μ бұрышпен өзгереді.

Шекті тепе-теңдік теориясына сәйкес сусымалы ортада шекті тепе-теңдік шарттары тау жыныстарының ішкі шекарасы бойынша қанағаттандырылады. Көп жағдайларда ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігі бойынша есептерді шешу үшін мұндай шарттарда графо-аналитикалық әдістер қолданылады, ол қажетті дәлдікті қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан графо-аналитикалық әдістің орнына жеке қиябеттердің параметрлерін және төзімділік коэффициентін есептеудің сандық-аналитикалық әдісі ұсынылды, ол ЭЕМ-да жасалған.

Ұсынылған әдісте құламаның «бөлшектенген қиябет» моделі қолданылған, күшті бөлшектеу К.Терцаги схемасы бойынша жасалады, сырғу бетіне дөңгелек цилиндрлі бет алынды. К.Терцаги схемасы бойынша күшті бөлшектеудің басты кемшілігі кенбөліктер арасындағы күштердің өзарақатынасы есепке алынбаған.

Сандық-аналитикалық есептеу әдісі күрделі шынтастарда және тастақты және жартылай тастақты жыныстарда біркелкі ортада жарықшақтар шарттарында $\rho > 13^\circ$ кезінде қабаттар арасындағы анық көрінген контактілердің жоқ кезінде ашық кеніш қиябеттерінің параметрлерін анықтау үшін қажетті.

Барлық есептеу схемалары бойынша оларды қолдану инструкциясы мен бағдарлама пакеті ҚарМТУ

аймақтық есептеу орталығындағы алгоритмдер қорында сақталып жатыр.

Бағдарламаның алдына қойылған мақсатына байланысты келесі есептер шешіледі:

- берілген шынтас жынысының физика-механикалық сипаттамалары және қиябеттің α көлбеу бұрышы бойынша қиябеттің H шекті биіктігін және B құлауы мүмкін призма енін анықтайды;

- берілген K , ρ , γ және H жобалау биіктігі бойынша қиябеттің шекті α бұрышы мен B шамасын табады.

Графо-аналитикалық әдісті сандық-аналитикалық ЭЕМ-ді қолданумен пайдаланбаған кезде есептеулер үшін пайдалану тиімді. Бұл жағдайда есептеуді ВНИМИ схемалары бойынша жүргізу қажет.

Қиябеттің H және B мәндерін (α немесе B) график бойынша анықтауға болады. Бұл үшін берілген n төзімділік коэффициентін есепке ала отырып K_e және ρ_e жыныстың беріктілік қасиетінің есептеу сипаттамаларын анықтайды, одан кейін график бойынша келесі тәртіпте шекті қиябеттің параметрлері $H' = f(\alpha)$ және $B' = f(\alpha)$ табылады. График бойынша берілген α көлбеу бұрышы мен белгілі ρ_e кезінде H' анықталады. Қиябет биіктігінің ақиқат мәні мына формуламен есептеледі (10)

$$H = H' \frac{K}{\gamma} \quad (10)$$

Егер берілген биіктік бойынша қиябеттің шекті көлбеу бұрышын α -ны табу қажет болса, онда алдымен анықталады

$$H' = \frac{H \cdot \gamma}{K} \quad (11)$$

одан кейін график бойынша H' және ρ_e біле отырып, α мәні табылады.

Кейбір жағдайларда ашық кеніш жыныстарының жағдауының шынтасы беріктілік сипаттамалары бойынша орташаөлшенген сипаттамалардан айырмашылығы бар, олар бойынша шекті қиябеттің параметрлері анықталады. Бұл жағдайда ең әлсіз бет бойынша тексеру есептеулерін жүргізу қажет. Тау шынтастарында ол жағдай Г.Л. Фисенко [1,2] әдістемесі бойынша анықталады. Тексеру есебі графикалық түрде немесе күштердің алгебралық қосындысы әдісімен жасалады. Мұндай есептеулер шынтастардағы беріктілік сипаттамаларды анықтаумен байланысты қателіктерді алып тастауға мүмкіндік береді.

Ашық кеніштердің тереңдігі ұлғайуымен кемерлердің көлбеу бұрышының экономикалық көрсеткіштерге әсері жоғарылайды. Сондықтан ашық кеніш қиябеттерінің төзімділігін қамтамасыздандыру өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Бұл жұмыста ашық кеніш жағдауларының және қиябет кемерлерінің төзімділігін бағалау мен есептеу әдістері жалпыланған.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 378 с.
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., 1972. 165 с.

УДК 911.3:314.8(574.5)

ЖУМАБАЕВА С.Д.

Проблемы экосистемы в контексте градостроительных подходов в расселении населения г. Актобе

Понятие «градостроительная (архитектурная) экология» вошло в научный оборот с конца 70-х гг. XX века. Архитектурная экология – прикладная наука, определяющая принципы формирования экологически комфортной среды архитектурно-строительными средствами и вырабатывающая рекомендации по рациональной деятельности в системе «природа-город-человек» [3]. Цель науки – формирование системных градостроительных знаний и обоснованных эколого-градостроительных решений. Наряду с архитектурной экологией данную цель могут преследовать другие науки, в частности экономическая география. В данном случае основными факторами градостроительства являются типы расселения жителей, методология планирования и размещения производительных сил.

Во второй половине XX в. по типу расселения стали преобладать многомиллионные мегаполисы, конурбация, урбанизированные территории. Эти процессы затронули систему градостроительства и в Казахстане [2].

Известно то, что процесс урбанизации включает в себя географическую обусловленность и выраженность в пространстве, скоординированное развитие энергетической, инженерной, транспортно-коммуникационной, социальной инфраструктуры. По мнению ученых, в вопросе пространственной организации территории и расселения в основу градостроительства должна лечь новая методология, ориентированная на полицентрическое развитие.

В настоящее время оно лежит в основе методологии пространственной организации территории высокоразвитых стран – это развитие городских агломераций, урбанизированных регионов и всей территории страны, не доводя численности населения агломерации до критических показателей, с целью обеспечения важных показателей качества жизни всего населения [5].

Таким образом, в развитии городских агломераций, урбанизированных регионов определяющим фактором должно стать обеспечение высоких показателей качества жизни. Концентрация экономических и трудовых ресурсов в экономически перспективных районах и экологически благоприятных зонах должна осуществляться с учетом рационального освоения и обустройства территориального пространства страны.

В Стратегии территориального развития РК до 2015 г. определено, что освоение неблагоприятных для проживания и хозяйственной деятельности территорий будет осуществляться исходя из необходимости решения задач формирования единого внутреннего экономического пространства и его интеграции во внешние рынки (инфраструктура для обслуживания важнейших транспортно-коммуникационных сетей), а также вовлечения в хозяйственный оборот новых перспективных месторождений минерально-сырьевых ресурсов на основе очагового или вахтового метода его освоения [7].

В Казахстане с переходом на новые экономические отношения необходима методика более четкой градации городов как элементов системы расселения. На сегодняшний день понятия «малые», «средние» города, безусловно, требуют реального содержания. Не только количественные показатели (50 тыс. или 100 тыс. человек) горожан, но и уровень дохода, социальная инфраструктура, специализация, роль и возможности муниципальных финансовых структур, качество среды обитания, «качество жизни» – показатель общего благополучия человека, который является более широким, чем чисто материальная обеспеченность. Качество жизни может зависеть, например, от состояния здоровья, содержания решаемых проблем, свободы от стрессов и чрезмерной озабоченности, организованности досуга, уровня образования, доступа к культурному наследию.

Философия качества жизни в конце XX века разрабатывается западными учеными, в частности, в Канаде, Великобритании и Швеции. По их мнению, существуют 3 блока индикаторов качества жизни:

- естественные индикаторы (здоровье, демография, продолжительность жизни);
- приобретенные индикаторы (достаток, жилище, питание, работа и др.), а также социальная удовлетворенность положения дел в государстве (справедливость власти, доступность образования и здравоохранения, безопасность существования, экологическое благополучие);
- индикаторы, отражающее уровень духовности, соблюдение общечеловеческих, нравственных ценностей.

В целом, при комплексном подходе к проблемам градостроительства данные индикаторы должны отвечать требованиям доступного стандартного измерения количественных и качественных характеристик, возможности сравнительной оценки и мониторинга за их динамикой.

Система расселения в кризисных городах требует безотлагательного перехода с экстенсивного на интенсивные пути процесса урбанизации. «Каркасом системы расселения должны стать крупные городские агломерации вокруг полюсов роста (городов-лидеров и опорных городов) и тяготеющих к ним населенных пунктов, формирующие зоны высокоорганизованной урбанистической среды жизни» [5].

К пространственной организации территории и расселения населения в аспекте градостроительства важнейшим дополнением, более того, основой должен стать экологический стандарт как свидетельство безграничных возможностей совершенствования экологического комфорта.

Объектом сосредоточения экологических проблем и их решений в процессе градостроительства является г. Актобе как один из крупнейших центров промышленности, научного, образовательного и культурного потенциала в РК [6].

В качестве основных индикаторов устойчивого развития в градостроительстве города Актобе выдвигаются следующие факторы:

- здоровье населения;
- рациональное использование природных ресурсов;
- высокое качество природной окружающей среды, складывающееся из качества конкретных экосистем (атмосфера, водный бассейн, флора, фауна и т.д.);
- экономическое благополучие населения.

Согласно отчетным данным Министерства охраны окружающей среды РК, на территории города расположены предприятия металлургической отрасли – АЗФ АО ТНК «Казхром», химический – АО «АЗХС», энергетики – АО «Актобе ТЭЦ», предприятия пищевой и строительной промышленности.

Более того, по данным Международной академии экологии, г. Актобе входит в число 7 наиболее загрязненных городов республики, где индекс загрязнения составляет 10 единиц [6].

Наиболее уязвимой природной средой, как известно, является воздушный бассейн. Одной из проблем является ежегодный рост выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Так, общее количество выбросов только за 2008 г. составило 328,0 тыс. тн., что больше годового выброса 2001 г. (136,1 тыс. тн. в 2,4 раза).

В области резко выросло количество стационарных источников выбросов, было 3 193, а в 1 полугодии 2008 г., по данным Департамента статистики, оно достигло 7 165, в том числе организованных – 4 198, оборудованных очистными сооружениями – 474, подлежащих оснащению – 159.

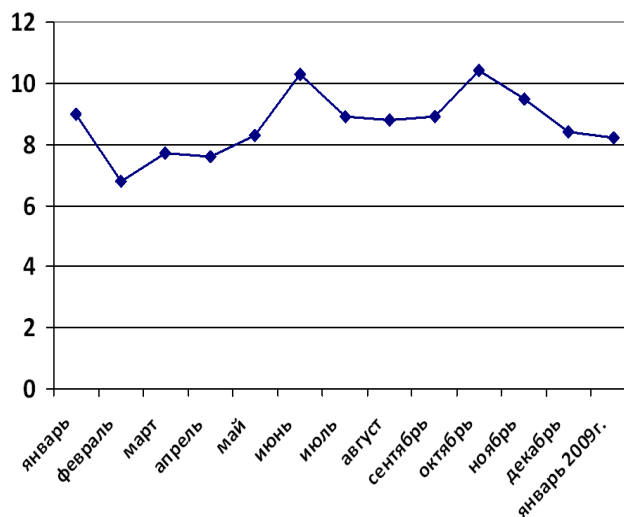


Рисунок 1 – Уровень загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) г. Актобе

Особую тревогу жителей Актобинской области вызывает продолжающееся загрязнение трансграничной р. Илек притока р. Урал. За 2008 г. превышение бора в реке Илек у п. Бестамак составило 36,47 ПДК, по характеристике качества воды р. Илек относится к 6 классу – очень грязная (ИЗВ 7,81); у п. Георгиевка превышение шестивалентного хрома составило 3,63 ПДК, по характеристике воды относится к 4 классу – загрязненная (ИЗВ 3,51).

Не менее острой проблемой является загрязнение р. Илек сбросами недоочищенных сточных вод АО «Акбулак» г. Актобе. Из-за аварийного состояния комплекса очистных сооружений (КОС) г. Актобе только за период 2001-2008 гг. с узла регулирующей емкости в р. Илек сброшено 58,8 млн. м³.

По предварительным данным в области числится более 580 свалок твердых бытовых отходов, на которых накоплено в пределах 5,0 млн. тонн ТБО. Из них только на городской свалке г. Актобе более 2,5 млн. тонн.

В области также накоплены промышленные отходы вокруг таких крупных предприятий, как АО «АЗХС» (9,2 млн.тн. монохроматного шлама, сульфата натрия, сернистого натрия), АЗФ – (8,0 млн. тн. шлаков рафинированного феррохрома), ДГОК – (826,9 млн. тн. вскрышных пород, 13,0 млн. тн. кусковых отходов обогащения, 9,2 млн. тн. шламовых

хвостов), Актобе ТЭЦ – (2,26 млн. тн. золошлаковых отходов) [4].

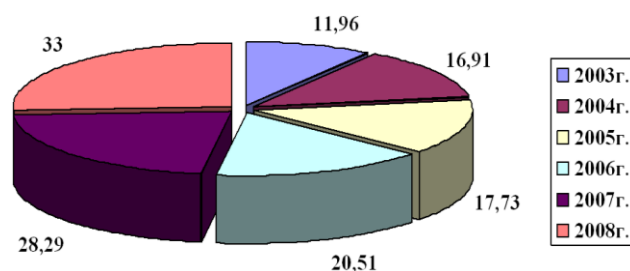


Рисунок 2 – Динамика образования отходов производства и потребления (млн.тонн)

В целом, в процессе градостроительства г. Актобе необходима дальнейшая разработка экономических механизмов, обеспечивающих заинтересованность предприятий в решении экологических проблем. Политика активизации природоохранной деятельности наряду с повышением эффективности государственного контроля должна осуществляться следующим образом:

- создание конструктивных договорных форм сотрудничества региональных органов государственной власти и органов местного самоуправления в вопросах экологической политики;

Состояние качества вод р. Илек

Название примесей, превышающих ПДК	Год									
	1998	1999	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Бор (п. Бестамак)	26,1		21,18		56,47	43,09	37,5	61,03	58,24	36,47
Хром (п. Георгиевка)	17		14,0		14,65	15,25	8,28	11,34	6,75	3,63
Фенолы (г. Актобе)	16		4,0		2	1	-	-	-	-
Фтор (п. Бестамак)	-		-		0,87	0,65	0,48	0,81	1,49	0,74
Азот нитритный (г. Актобе)			1,4		1,5	1,58	1	0,64	0,9	1,0

- стимулирование природоохранной деятельности предприятий и одновременного усиления контроля за загрязнением ими природной среды;
- конкурсное предоставление налоговых и иных льгот на создание экологически безопасных производств;
- активизация и усиление направленного стимулирующего эффекта налоговых льгот при решении социальных и экологических проблем областного и местного уровней;
- активация структурной перестройки предприятий с одновременным закрытием экологически опасных производств, увеличением доли наукоемких производств, снижением материально- и энергоемких производств;
- для решения таких важных экологических проблем пространственной организации территории необходимо расширить сеть мониторинга за состоянием природно-географической среды области; провести комплексную оценку состояния окружающей среды населенных мест, расположенных на территории объектов нефтегазодобычи, с целью совершенствования их пространственной организации.

Таким образом, предлагаемая система экономических методов позволяет сохранять пропорции между темпами, масштабами использования природных ресурсов и масштабами, темпами их охраны и воспроизводства. При анализе формирования городской агломерации требуется детальное рассмотрение процесса урбанизации через призму национальной модели расселения населения. На сегодняшний день существующая система расселения населения утратила свою экономическую эффективность и по большому счету не соответствует перспективе пространственной экономической организации страны. В целом, градостроительство в государственной системе определяется неразвитостью правовой базы вспомогательных служб, строительных судов, общественных советов по организации территории, участию населения. Известно, что долгое время теория расселения ограничивалась лишь идеологической декларацией «стирания различий между городом и деревней», что порождало игнорирование городов как главного фактора пространственной интеграции общества в социальной, экономической и культурной сферах [5].

Учитывая географическое положение Казахстана, в частности, низкую плотность населения, мы не

можем «автоматически» перенимать опыт зарубежных «компактных» территорий по градостроительству. Поэтому только решением разветвленной транспортной сети, развитием инженерных, информационных инфраструктур мы можем на научном уровне рассматривать процесс градостроительства.

При рассмотрении процесса урбанизации как целостного феномена американские ученые Дж. Фридман, Э. Макглин, Б. Стакли раскрыли дуализм форм урбанизации. С одной стороны, это территориальная концентрация населения и несельскохозяйственных видов деятельности, с другой – диффузия нововведений, содержанием которых является выявление и определение городских ценностей, поведения, организации и институтов территориальной структуры хозяйства в динамике времени [1].

Рассматривая пути решения проблем градостроительства г. Актобе через призму так называемой диффузии нововведений, мы должны прежде всего обратить внимание на следующие факторы:

- миграцию населения – систему расселения;
- потоки капитала (инвестиций);
- размещение отраслей экономики;
- процесс принятия решений – территориальную организацию власти.

Данные факторы требуют исследования не структуры территориальной организации экономики,

а особенностей и возможностей территориальной организации населения. Поскольку г. Актобе является объектом градостроительных нововведений, необходимо в первую очередь провести зонирование территории по всем экологическим проблемам, разработать комплекс мер по оздоровлению населения, выработать единые формы мониторинга и управления окружающей средой. Безусловно, главной задачей перспективных градостроительных решений г. Актобе можно признать разработку сбалансированных мер по экологической безопасности и устойчивости социально-экономического развития города. В стратегическом плане экологическая безопасность населения города должна обеспечиваться совершенствованием управления городским жизнеобеспечением, доведением до минимизации безопасных уровней техногенной нагрузки на человека, созданием действенной методологии системы расселения населения. Кроме экономических методов решения экологических проблем, начиная с привлечения частного капитала до создания государственно-региональных уровней мониторинга и контроля за окружающей средой, необходимо формирование экологического мировоззрения населения, главными критериями которого являются формирование экологической культуры и повышение роли экологического просвещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буржуазная региональная теория и государственно-монополистическое регулирование размещения производительных сил. М., 1981. С. 96.
2. Концепция государственной градостроительной политики Республики Казахстан.
3. Основы градостроения и территории города. М., 2005. С. 10.
4. Отчет Министерства охраны окружающей среды. 2008. С. 48-60.
5. Пространственная организация территории и расселения населения РК до 2030 года. Т.1. Астана, 2008. С. 83-94.
6. Республика Казахстан. Т. 3. Окружающая среда и экология. Алматы, 2006. С. 323.
7. Стратегия территориального развития Республики Казахстан до 2015. Астана, 2006.

УДК 622.324.5

**ГАЗАЛИЕВ А.М., БАЙМУХАМЕТОВ
Т.Н., ФИЛИМОНОВ Е.Н., ТАТКЕЕВА
Г.Г.**

Анализ эффективности использования вакуум-насосных станций на шахтах Карагандинского угольного бассейна

Начало промышленной добычи метана из угольных пластов в США, доказавшее принципиальную возможность таковой, вызвало международный интерес, в том числе и в Казахстане [1].

Концептуальная проблема метана включает два основных направления:

1) извлечение метана с целью обеспечения безопасных условий работы шахт, улучшения экологической обстановки и последующей утилизации этого газа;

2) промышленное извлечение угольного метана с целью предварительной дегазации угольных месторождений и получения дополнительных объемов энергоносителя.

Эти два направления должны развиваться параллельно, так как многие технические и технологические вопросы реализации этих работ являются общими.

На шахтах Карагандинского угольного бассейна средствами дегазации добывается около 130 млн. м³ метана. Около 25 млн. м³ утилизируется в котельных шахт и сжигается в факелах, а остальной метан выбрасывается в атмосферу. Это безхозяйственно.

В настоящее время разрабатываются различные пути утилизации шахтного метана (рисунок 1) [2-3].

В настоящей работе рассматривается энергетическое направление.

Источники метана на карагандинских шахтах – передвижные и стационарные вакуум-насосные станции (ВНС). На рисунках 2-4 приведены данные о работе ВНС на некоторых шахтах Карагандинского угольного бассейна. Анализ работы ВНС на шахте им. Ленина показывает, что в течение 2007-2008 гг. каптаж метана ВНС «Степная» изменялся в пределах от 16,2 до 47,7 м³/мин, ПВНС 100 – от 0,8 до 12,7 м³/мин, ВНС 43 – от 1,1 до 18,8 м³/мин.

На шахте «Шахтинская» ВНС 107 каптировалось от 15,2 до 41,3 м³/мин метана, ВНС 94 – от 4,2 до 30,9 м³/мин метана.

За 2008 г. ПВНС 105 шахты им. Кузембаева извлекалось от 2,0 до 41,2 м³/мин, ПВНС 95 – от 19,8 до 93,5 м³/мин метана.

В целом можно сделать вывод, что, хотя дебит метана имеет значительные колебания, его количества достаточно, чтобы использовать в газогенераторной установке или микротурбине.

В настоящее время существует очень много подобных установок с большим диапазоном характеристик, например, производительностью от 1050 до 5240 кВт и расходом метана от 4,7 до 23,7 м³/мин соответственно. Эти установки отличаются мобильностью, для них не нужны капитальные сооружения, и их можно устанавливать как на стационарных, так и передвижных ВНС, исходя из необходимого количества каптируемого метана.

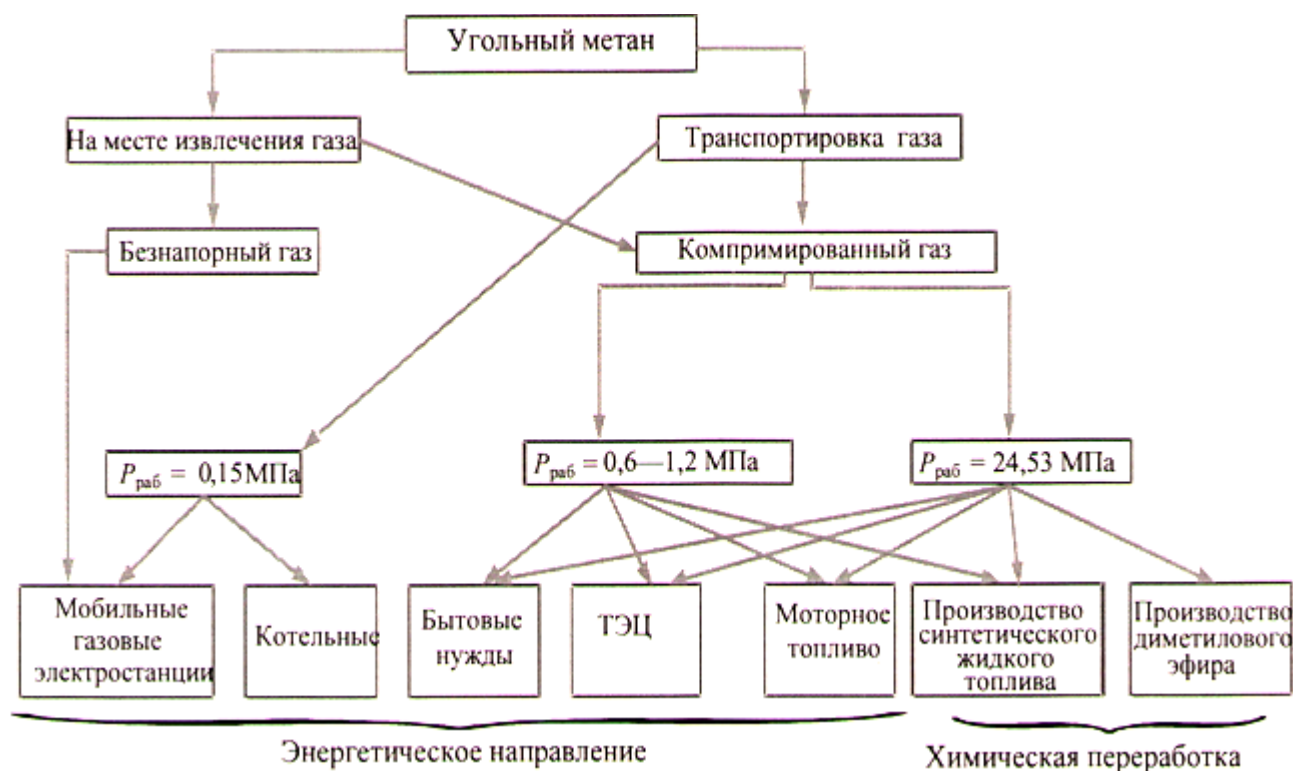


Рисунок 1 – Возможные пути использования метана угольных пластов [3].

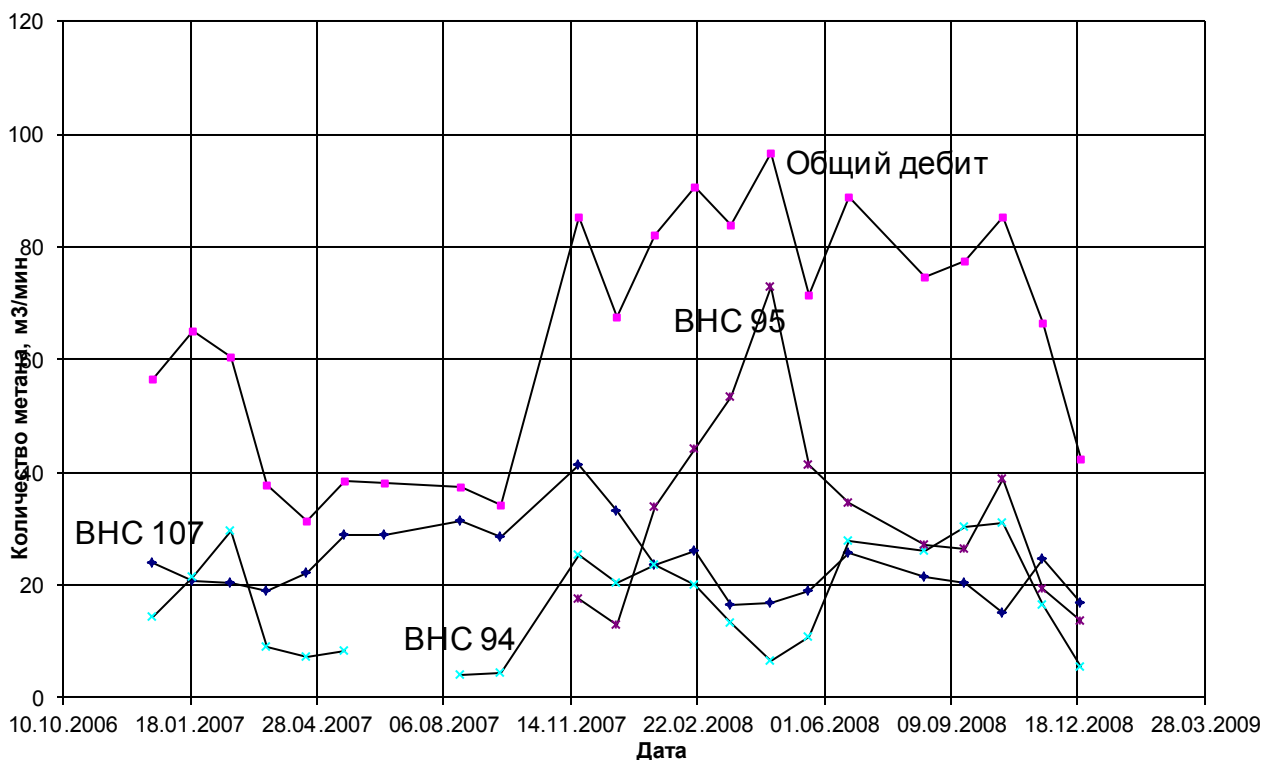


Рисунок 2 – Извлечение метана ВНС на шахте «Шахгинская»

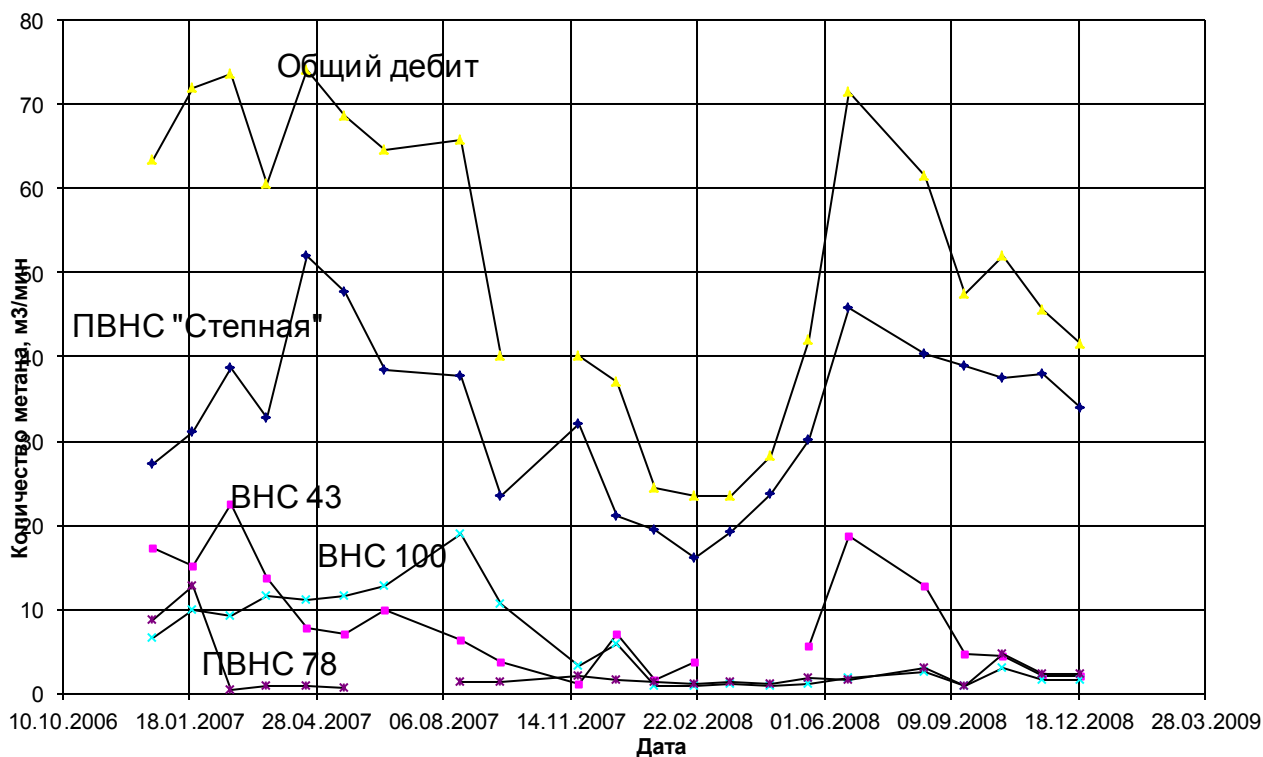


Рисунок 3 – Извлечение метана ВНС на шахте имени Ленина

Среднее потребление электроэнергии каждой шахтой составляет от 4,5 до 9,5 МВт. Поэтому работа газогенераторной установки мощностью, например, 3,2 МВт окажет значительное влияние на общую систему электроснабжения шахты и, кроме того, снизит эмиссию метана в атмосферу, что весьма актуально.

Общая экономическая эффективность внедрения газогенератора 18V28AG мощностью 3,2 МВт приведена в таблице 1.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- На карагандинских шахтах, хотя дебит метана имеет значительные колебания, его количества

достаточно, чтобы использовать его в промышленных целях.

- Один из путей промышленной утилизации этого метана состоит в использовании мобильной газогенераторной установки с оптимальными

характеристиками, позволяющими снизить эмиссию метана в атмосферу и использовать вырабатываемую электроэнергию в общешахтной сети.

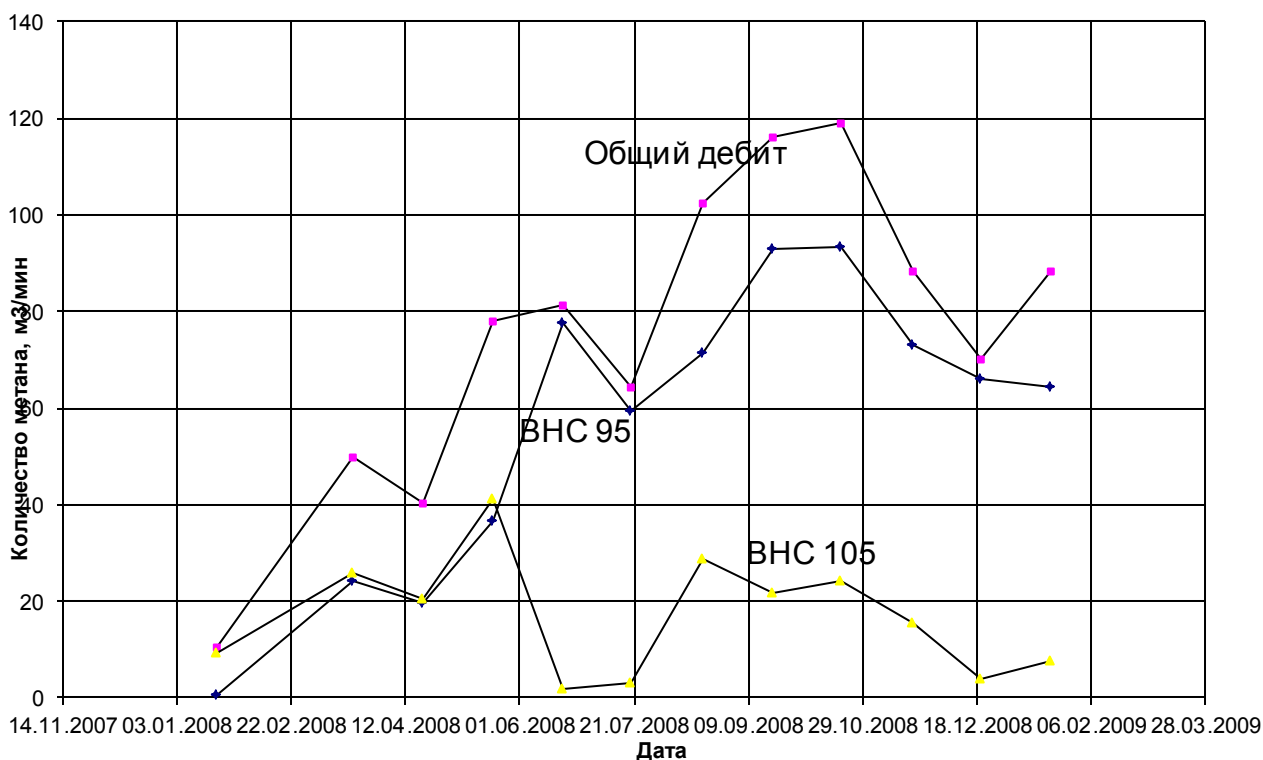


Рисунок 4 – Извлечение метана ВНС на шахте имени Кузембаева

Таблица 1 – Эффективность внедрения газогенератора

Наименование	Без Киотского протокола	По Киотскому протоколу
1. Стоимость оборудования	4,818 млн.дол.	4,818 млн.дол.
2. Валовой доход:		
- выработка электроэнергии	21 835 Мвт	21 835 Мвт
- стоимость 1 квт*ч	3,1 тенге	3,1 тенге
3. Ежегодный доход	21 835 x 3,1 : 145 = 467 000 дол. (при курсе 1 дол = 145 тг)	21 835 x 3,1: 145 = 467 000 дол. (при курсе 1 дол=145 тг)
4. Доход при 10- летнем освоении проекта	4 670 млн. дол.	4 670 млн. дол.
5. Доход от продажи углеродных квот	-	8дол./т CO ₂ -экв.х 110 = 880 тыс.дол.
6. Общий доход при 10-летнем освоении проекта	4 670 млн. дол.	13 470 млн. дол.
7. Затраты на эксплуатацию оборудования за 10 лет	3 290 млн.дол.	3 290 млн.дол.
8. Возврат стоимости оборудования	0,960 млн.дол.	4 818 млн.дол.
9. Общие затраты	4 250 млн.дол.	10 108 млн.дол.
10. Баланс доходности:		
- за 10 лет	+420 тыс.дол	+3 362 млн.дол
- за 1 год	+42 тыс.дол.	+336 тыс.дол.
11. Окупаемость	7 лет	5 лет

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сагинов А.С., Ли К.Д. О промышленной добыче угольного метана в Республике Казахстан / КарГТУ // Труды университета. 2006. №2. С. 26-28.
- Пучков А.А., Сластунов С.В.. Решение проблем угольного метана: метанобезопасность, промышленная добыча газа, экология // Уголь. 2005. № 2. С. 5-7.
- Трубецкой К.Н., Гурьянов В.В.. К вопросу о концепции освоения ресурсов метана высокогазоносных угольных пластов // Там же. № 6. С. 41-46.

Раздел 4

Транспорт. Строительство

УДК 622.693
ТОГИЗБАЕВА Б.Б.

Критерии определения рациональных параметров бункеров при аккумулировании горной массы

При выборе бункеров для сыпучего материала сравнивают их рациональные конструктивные параметры и размеры выпускных отверстий. Связь физико-механических свойств горной массы с параметрами аккумулирующей емкости требует исследования условий истечения сыпучего материала при выгрузке на питатель.

Разгрузочные качества выпускных отверстий бункеров характеризуются их пропускной способностью, влияющей на продолжительность разгрузки, величиной угла наклона боковых стенок бункера, а также соответствием размеров аккумулирующих емкостей параметрам их выпускных отверстий.

При разработке бункеров рассматриваются следующие вопросы:

- выбор формы и размеров выпускных отверстий;
- выбор углов наклона стенок и ребер бункеров;
- определение пропускной способности горно-транспортного оборудования.

Выбор рациональных размеров и формы выпускных отверстий имеют важное практическое значение для обеспечения необходимой пропускной способности разгрузочных бункеров и механизма разгрузки.

При недостаточных размерах выпускных отверстий из-за сводообразования горной массы снижается пропускная способность бункеров, что приводит к увеличению продолжительности и трудоемкости разгрузочных работ. Излишнее увеличение размеров выпускных отверстий приводит к увеличению давления сыпучего материала на ленточные питатели, увеличению их массы,

усложнению конструкции горно-транспортного оборудования.

Форма выпускного отверстия наряду с конструктивным исполнением бункера влияет на характер истечения горной массы. При истечении в движении находится «столб» сыпучего материала в зоне выпускного отверстия, а по его периферии образуются так называемые «застойные зоны» [1]. Свободная поверхность сыпучего материала при свободном истечении представляет собой конус, вдоль образующих которого частицы горной массы перемещаются в центральную зону. Предпочтительным является сплошное истечение, когда в движении находится вся рудная масса в бункере. При сплошном истечении скорость сыпучего материала на выходе из отверстия практически не зависит от высоты «столба» рудной массы в бункере и связана, в основном, с формой и размерами выпускного отверстия.

Имеющиеся рекомендации по выбору выпускных отверстий неоднозначны [2], однако опыт эксплуатации горно-транспортного оборудования свидетельствует об эффективности щелевых отверстий.

Нагрузки от аккумулируемой горной массы учитываются в расчетных схемах с помощью двух составляющих, а именно горизонтального распорного давления, прикладываемого на вертикальные и наклонные стенки бункера, и распределенной вертикальной нагрузки от веса сыпучего материала, прикладываемой на дно и наклонные стенки бункеров.

Наибольшее давление на стенки бункеров оказывают насыпные грузы, близкие по свойствам к

жидкости: например, сильно аэрированные насыпные грузы, сыпучий материал, содержащий большое количество влаги, а также рудная масса, находящаяся в состоянии таких интенсивных вибраций, что нарушается постоянство давления на стенки. В таких случаях давление на стенки бункеров определяется [1] по формуле

$$P = (1 + K_d) h \cdot \gamma \cdot \cos \beta,$$

где P – горизонтальная составляющая давления распора сыпучего материала, Па;
 γ – объемный вес груза, Н/м²;
 h – глубина рассматриваемой точки от горизонтальной поверхности, м;
 β – угол наклона стенки к вертикали, град;
 K_d – коэффициент динамики.

Давление от сыпучих тел на вертикальную и наклонную плоскости согласно формулам строительной механики отличается от гидростатического давления, так как в сыпучих телах есть коэффициент внутреннего трения, отличающийся от внутреннего трения в жидкостях и газах, кроме того, присутствует трение между стенкой и грузом и разрывность приложения нагрузки – пустоты между элементами груза и прочие факторы. Давление на стенки и дно бункеров тем больше, чем меньше внутреннее трение сыпучего тела. Коэффициент внутреннего трения значительно колеблется для одного и того же материала [2] и величина его сильно зависит от пористости сыпучего материала, влажности, гранулометрического состава и многих других факторов. От формы истечения горной массы и от последовательности ее заполнения и выгрузки значительно изменяется давление на стенки и дно бункера.

Рассмотрим и сравним приведенные ниже зависимости для расчета давления горной массы на боковые стенки, учитывающие внутреннее и внешнее трение сыпучего материала.

По методу Кулона [1]

$$P = \frac{(1 + K_d) \cdot \gamma \cdot h \cdot \cos^2(\beta - \varphi) \cdot \cos(\delta + \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot (\sin(\varphi - \eta))}{\cos(\beta + \delta) \cdot (\cos(\beta - \eta))}} \right]},$$

где δ – угол трения горной массы по металлу, рад;
 φ – угол внутреннего трения горной массы, рад;
 η – угол наклона к горизонтали, град;
 По Цытовичу [1]

$$P = (1 + K_d) \cdot \gamma \cdot h \cdot \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi + \beta}{2} \right) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos^2 \beta.$$

По Янсену [1]

$$P = (1 + K_d) \cdot \left(\cos^2 \alpha + \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \sin^2 \alpha \right) \cdot \rho \gamma \times \\ \times \left(1 - e^{-\frac{\operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot f_1 \cdot h}{\rho}} \right) \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right),$$

где ρ – гидравлический радиус горизонтального

сечения, мм.

Установлено, что давление на стенки бункера по периметру на одном уровне в процессе загрузки и разгрузки неравномерно: давление максимально в конечном периоде загрузки и в начальном периоде разгрузки бункера и превышает на (40 – 100) % среднюю величину давления при состоянии покоя горной массы [2].

Превышение расчетного давления при загрузке горной массы связано с наличием дополнительного давления воздуха, сжатого между частицами сыпучего материала. За время выдержки сжатый воздух выходит из материала и его давление падает до нуля. В начальный момент разгрузки наблюдается неравномерное движение горной массы в бункере, резкие передвижения всего столба сыпучего материала, давление на стенки колеблется в значительных пределах. После образования столба и канала истечения сыпучего материала из бункера процесс разгрузки стабилизируется, а давление на стенки становится более равномерным.

Основными критериями качества при оптимизации новой металлоконструкции бункерной системы были выбраны масса и технологичность конструкции. За ограничения взяты геометрия бункера, параметры прочности системы.

Бункеры, гидравлические радиусы выпускных отверстий у которых больше, чем радиус сводаобразующего отверстия, должны обеспечить устойчивое истечение горной массы. Для непрерывного и равномерного истечения горной массы, кроме размеров, необходимо также выбрать рациональные углы наклона стенок и ребер бункеров к горизонту [2].

Основным условием нормальной разгрузки является превышение углов наклона стенок бункера над углом естественного откоса сыпучего материала [3].

Следует отметить, что эффективной формой поверхности стенок бункеров является не плоскость, а вогнутая поверхность по гиперболической кривой. Рассмотрим бункеры, стенки которых установлены под постоянным углом наклона к горизонту.

Рациональный угол наклона таких стенок бункера зависит в основном от коэффициента внешнего трения сыпучего материала и может быть найден по формуле [3]:

$$\cos \alpha = \sqrt{4 \cdot f_1^4 + 1 - 2 \cdot f_1^2},$$

где f_1 – коэффициент внешнего трения.

Следовательно, при проектировании бункеров угол наклона стенок необходимо принимать несколько больше расчетной величины, т.к. необходимо учесть увеличение коэффициента трения в результате коррозии стенок бункеров и налипания на них остатков сыпучего материала, при этом угол наклона к вертикали, который обеспечивает движение материала, зависит от формы выпускного отверстия.

Для улучшения истечения горной массы необходимо, чтобы углы наклона ребер бункеров,

образованных смежными стенками, также превышали | угол трения материала о стенки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров С.А. Перемещение и складирование горной массы. М.: МГТУ, 2000.
2. Куликов О.Ю. Выпуск руды. М.: Недра, 1980.
3. Малахов Г.М., Безух В.Р., Петренко П.Д. Теория и практика выпуска руды. М.: Недра, 1986.

УДК 622.693

МАЛЫБАЕВ С.К.,
ТОГИЗБАЕВА Б.Б.

К вопросу полной выгрузки мелкодробленой рудной массы из бункера

Руда от рудников до обогатительной фабрики перевозится в 100-тонных думпкарах, разгружается в приемный бункер и, пройдя три стадии дробления, ленточными конвейерами подается в бункер главного корпуса ОФ-1. Из бункера мелкодробленая руда ленточными питателями с регулируемой скоростью поступает в мельницы первой стадии измельчения.

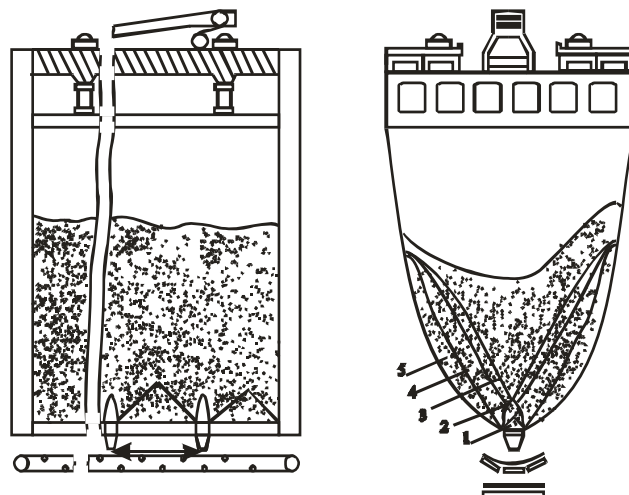
Наблюдение и статистика показывают, что из-за потери сыпучести рудной массы бункеры выгружаются не полностью, объем невыгруженной массы составляет 35-40 % (рисунок 1).

Из-за потерь времени на очистку бункера производительность мельниц первой стадии измельчения снижается на 10-30 %. Простои главного корпуса ОФ составляют 25-35 % планируемого времени. Общее время простоев в 2009 г. – 2 832 часа, в том числе из-за потери сыпучести мелкодробленой руды в бункере – 586 часов.

Ведущие ученые в области рудничного и карьерного транспорта – А.О. Спиваковский, И.Г. Штокман, Г.И. Солод, А.Н. Данияров и др. придавали первостепенное значение вопросам изыскания радикальных средств очистки горного оборудования от налипшего сыпучего материала и способов предотвращения налипания на поверхность горно-транспортного оборудования.

Существующие способы и средства предотвращения слеживаемости рудной массы в бункерах горно-обогатительного производства разнообразны и многочисленны, но в основном они разработаны для специальных угольных конвейеров и вагонеток.

Была поставлена задача создания способов и средств выпуска мелкодробленой медной руды на основе максимального учета взаимосвязей физико-механических характеристик рудной массы.



1 – выпускное отверстие; 2 – свод; 3 – верхний слой «зоны»; 4 – средний «слой» зоны; 5 – нижний слой «зоны»

Рисунок 1 – Образование «мертвых зон» в бункере

Установлено, что на сыпучесть рудной массы действуют силы внутреннего сцепления и силы взаимодействия сыпучего материала с рабочей поверхностью, которые в свою очередь зависят от гранулометрического состава руды a , влажности W , времени хранения T и давления P . Следовательно, потеря сыпучести является функцией, зависящей от этих факторов:

$$\tau = f(T, a, P, W \dots). \quad (1)$$

При действии сил внутреннего сцепления, в соответствии с законом Кулона, сопротивление рудной массы сдвигу можно выразить через коэффициент внутреннего трения f

$$\tau = \tau_0 + P \cdot \operatorname{tg} \beta = \tau_0 + P \cdot f, \quad (2)$$

где τ_0 – начальное сопротивление сдвигу, МПа;

β – угол трения, град.

Как видно из приведенного выражения (2), сдвигающее усилие определяется тангенсом угла β , выражающим отношение составляющих сил скатывания к силе, удерживающей горную массу на наклонной поверхности

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{P_c \cdot \sin \beta}{P_c \cdot \cos \beta} = f. \quad (3)$$

Коэффициент внешнего трения зависит от состава материала, состояния поверхности и других факторов. Для рудной массы, по данным [1] К.В. Алферова, его

величина колеблется от 0,7 до 1,4. Известно также, что на величину f существенное влияние оказывает влажность материала и гранулометрический состав a , установлено, что увеличение влажности W и измельченность материала до некоторого предела способствуют увеличению коэффициента трения f .

Здесь можно выделить три фазы состояния рудной массы:

- несвязанная сыпучая руда, при этом угол внутреннего трения φ меньше или равен углу естественного откоса $\varphi \leq \rho$;

- при частично связанной рудной массе угол внутреннего трения больше или равен углу естественного откоса $\varphi \geq \rho$;

- у связанной руды угол внутреннего трения больше или равен углу обрушения $\varphi \geq \rho_0$.

Поскольку силы взаимодействия рудной массы и рабочей поверхности тесно связаны с коэффициентом трения скольжения, то последнее можно выразить через коэффициент внутреннего трения

$$\operatorname{tg} \beta = f = \operatorname{tg} \varphi + \tau_0. \quad (4)$$

После преобразований получили следующую формулу:

$$f = \frac{\tau - \tau_0}{\sigma} + \tau_0. \quad (5)$$

Угол скольжения β связанной мелкодробленой рудной массы меньше угла естественного откоса и если $f = 0,7$, то $\beta = (25...35)^\circ$. Для частично связанной руды $\beta = (40...45)^\circ$, связанная рудная масса характеризуется углом β , равным $(45...60)^\circ$ при коэффициенте трения $f = 1,4$.

Сыпучесть рудной массы зависит как от φ , так и от β .

После определения экстремальных значений коэффициента трения был установлен предельный угол наклона бортов бункера β , обеспечивающий движение рудной массы по наклонной поверхности.

Поскольку аналитическим путем, так же как и в реальных условиях, выявить влияние каждого фактора на этот процесс невозможно, нами были проведены экспериментальные исследования на модели бункера.

Исследования физико-механических свойства мелкодробленой руды проводились с помощью трибометра по методике Зенкова [2] (рис. 2). Здесь были проведены исследования взаимосвязи характеристик сыпучести мелкодробленой руды: начального сопротивления сдвигу и угла внутреннего трения с гранулометрическим составом, влажностью, давлением и временем хранения. Экспериментальные исследования по намеченной программе проводились на специальном стенде – трибометре, позволяющем имитировать процесс хранения мелкодробленой руды в бункере.

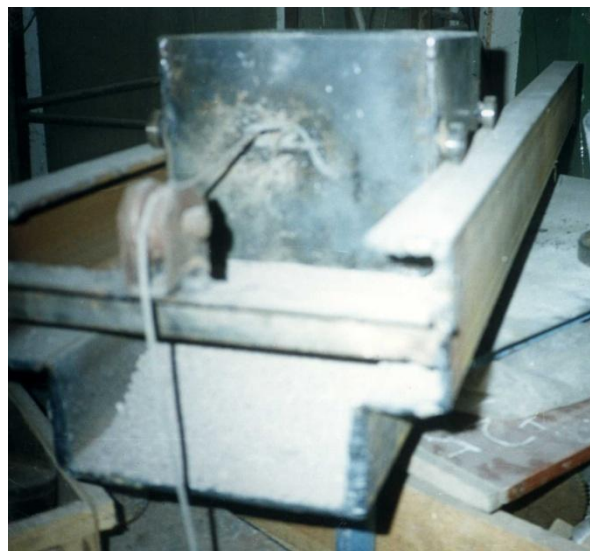


Рисунок 2 – Изображение экспериментальной установки – трибометра

Модель бункера была изготовлена в масштабе 1:20 согласно коэффициенту геометрического подобия C_L .

При проведении экспериментальных исследований изменялись влажность и время нахождения руды в бункере. Определение влажности и содержания глинистых примесей связано с физическим воздействием на порцию груза (высушиванием и промывкой).

Диапазон варьирования влажности от 0-15 %, гранулометрический состав представлен в основном фракциями от 0,5 мм до 5 мм, время хранения от 0 до 30 часов.

В целях получения достоверных результатов эксперимента минимальное количество опытов и обработка их результатов определялись статистическим путем, исходя из величины коэффициента вариации и доверительной вероятности, равного 0,9.

Планирование экспериментальных исследований и обработка результатов осуществлялись с помощью методики М.М. Протодяконова для многофакторного эксперимента с использованием программы статистической обработки результатов многофакторного эксперимента.

В результате экспериментальных исследований получены зависимости. Здесь видно, что наибольшее начальное сопротивление получено при следующих условиях: влажности $W = 12$ %, гранулометрическом составе 0,5 мм – 1 мм, времени $T > 24$ часов.

На основании эмпирических зависимостей получены аналитические уравнения.

Процент невыгрузившейся рудной массы составил 40-45 %.

Для достижения полной разгрузки бункера и обеспечения ритмичной работы оборудования обогатительной фабрики был разработан оптимальный режим эксплуатации, который заключается в следующем.

Бункер необходимо разгружать через одно выпускное отверстие, а не через два или три, как это делается сейчас. После того как выпустили мелкодробленую руду через первое отверстие, последовательно выпускается руда через второе и так до тех пор, пока не выгрузится вся секция из пяти выпусков. Пропускная способность одного выпускного отверстия $Q_o = 200 \text{ м}^3/\text{час}$, что значительно больше необходимой $Q_m = 65 \text{ м}^3/\text{час}$. Это говорит о том, что питание мельницы первой стадии измельчения можно обеспечить, выпуская мелкодробленую руду через одно выпускное отверстие. Выгрузить эту часть бункера можно через время t .

В то время, когда последовательно разгружаются выпускные отверстия, необходимо последовательно загружать часть секции бункера над освободившимися выпускными отверстиями.

Таким образом, повторно первое выпускное отверстие будет разгружаться через время t_c . Это время полной разгрузки бункера главного корпуса обогатительной фабрики № 1 на одну мельницу. Время же полной загрузки бункера при достигнутой производительности дробильного корпуса КД-1 ($Q_k = 1000 \text{ м}^3/\text{час}$) будет равно

$$t_3 = \frac{M_c}{Q_k} = \frac{2000}{1000} = 2 \text{ час},$$

где Q_k – производительность дробильного корпуса;

M_c – масса мелкодробленой руды в одной секции.

То есть через каждые 30,5 часа бункер будет разгружаться полностью при поочередно работающих выпускных отверстиях. При этом дробильный корпус при любых обстоятельствах будет успевать загрузить бункер.

Как показывают исследования, коэффициент использования $K_{ув}$ выпускных отверстий различен, например $K_{ув}$ первого и третьего выпускных отверстий равны соответственно $K_{ув1} = 0,9$ и $K_{ув3} = 0,8$, когда $K_{ув}$ у остальных меньше 0,3 (лист 9).

Это мероприятие позволяет существенно улучшить разгрузку бункера. Однако даже при этом образуются так называемые «мертвые зоны». Поэтому для обеспечения полной разгрузки бункера предлагается использовать дополнительные борта-рассекатели, которые исключают образование «мертвых зон» в бункере.

Таким образом, установлено, что физико-механические свойства мелкодробленой руды, а именно влажность, гранулометрический состав, и конструктивные параметры параболических бункеров являются определяющими факторами потери сыпучести, зависящей от сил внутреннего сцепления и сил взаимодействия рудной массы с рабочей поверхностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов К.В., Зенков Р.Л. Бункерные установки. М.: Машгиз, 1975. 264 с.
2. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобков Л.Н. Машины непрерывного транспорта. М.: Машиностроение, 1987. 332 с.

УДК 624.012.35/46(075)

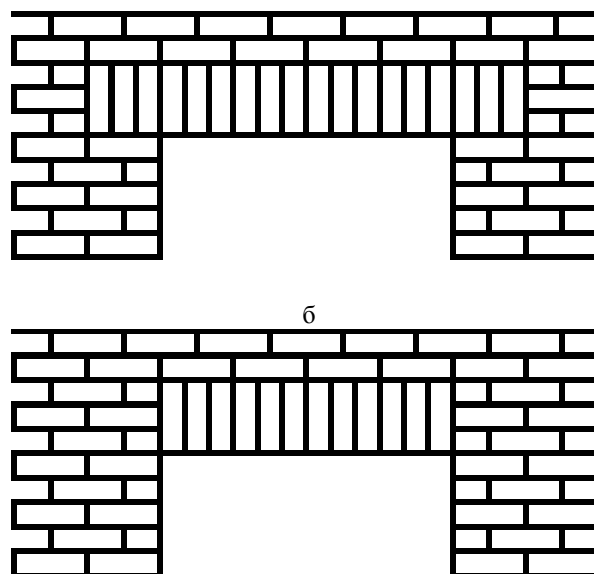
НЭМЕН В.Н.,
ЛИТВИНЕНКО В.А.,
АДАМОВИЧ Д.О.,
ЗОЛОТОВСКОВ М.И.

Исследования армокирпичной перемычки

При возведении стен зданий из кирпича возникает необходимость устройства перемычек над оконными и дверными проемами. В настоящее время для жилых и общественных зданий сборные железобетонные перемычки практически вышли из употребления. Применение рядовых кирпичных перемычек по месту требует либо сооружения опалубки с укладкой стальной арматуры против выпадения кирпичей нижнего ряда, либо применения несъемной опалубки из профильного металла.

Нами разработана и описана [1] конструкция армокирпичной перемычки, позволяющая создать иную выразительность кирпичной стены у оконного (дверного) проема без использования опалубки (рисунок 1). Конструкция получила заключение о выдаче инновационного патента от 10.03.2010 г.

а



а – перемычка заведена в кладку стены;
б – в кладку стены заведена лишь арматура
Рисунок 1 – Фрагменты стены с армокирпичными перемычками

Такого решения удалось достичь за счет применения дырчатых кирпичей, через сквозные отверстия которых пропускались арматурные стержни. Кроме того, для повышения прочности конструкции по наклонным сечениям в растворные швы закладывались проволоочные хомуты.

На рисунке 2 представлена наружная армокирпичная перемычка, запроектированная для перекрытия оконного проема шириной 1300 мм.

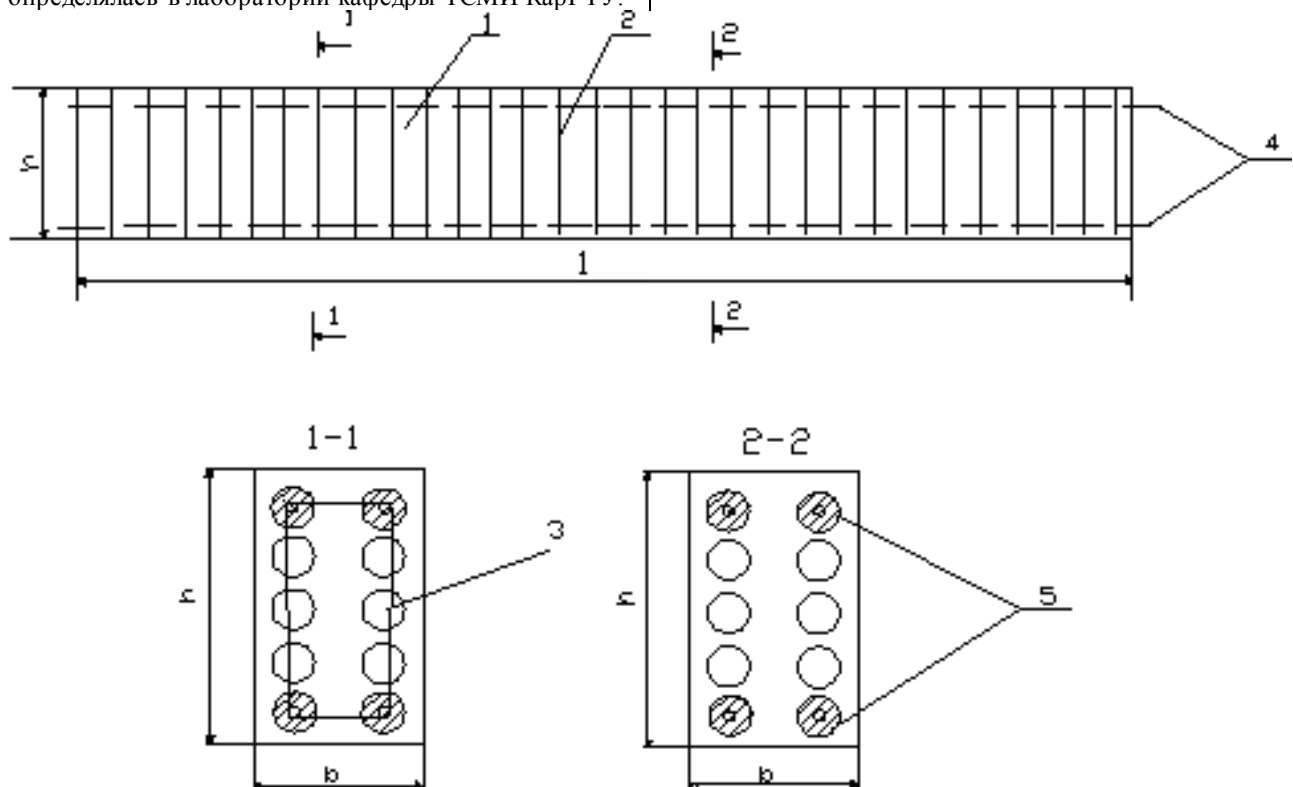
Рассматриваемая армокирпичная перемычка прямых аналогов в литературе не имеет. В связи с этим имеющаяся нормативная литература [2, 3] не содержит необходимых примеров расчета. Поэтому основными литературными источниками для расчета были приняты [4, 5] с использованием в необходимых случаях рекомендаций норм.

Марка кирпича, по данным лаборатории ТОО «Центргеоаналит», составила 175 кгс/см². Прочность цементно-песчаного раствора – 50 кг/см², определялась в лаборатории кафедры ТСМИ КарГТУ.

Для изготовления перемычки использовали кирпич иранского производства марки 175 со сквозными вертикальными отверстиями диаметром 32 мм. Здесь можно отметить, что для таких перемычек пригодны любые кирпичи и камни со сквозными вертикальными отверстиями диаметром 16 мм и более. В то же время, очевидно, что достаточность сцепления арматуры с растворными швами и ее анкеровка на опорах должны проверяться в каждом отдельном случае.

Продольная арматура диаметром 12 мм класса А-III пронизывает предполагаемую растянутую и сжатую зону. По концам стержни имеют резьбу длиной 60 мм для крепления их к поддону гайками М14 при изготовлении перемычки. Опыт изготовления показал, что нарезка резьбы, возможно, не является обязательной. Поперечная арматура (хомуты) выполнены из стальной низкоуглеродистой проволоки диаметром 1,5 мм.

Прочность каменной кладки на сжатие в специальных экспериментах не проверялась, а расчетные величины приняты по СНиП П-22-81[2]; расчётное



1 – пустотные кирпичи; 2 – растворные швы; 3 – хомуты;
4 – продольная арматура; 5 – сквозные отверстия в кирпичах

Рисунок 2 – Опытная армокирпичная перемычка

сопротивление кладки сжатию $R = 2,0$ МПа, при этом вносить различные поправки в эту величину не требуется. Расчетное сопротивление срезу по неперевязанному сечению (касательное сцепление) $R_{sq} = 0,16$ МПа.

Временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию кладки составит [2]

$R_U = 2,0 \cdot 2,0 = 4,0$ МПа. Упругую характеристику неармированной кладки с определенной условностью можно принять $\alpha = 1000$. Для кладки с некоторой осторожностью вычислим $R_{SKU} = kR = 2,0 \cdot 2,0 = 4,0$ МПа. Тогда упругая характеристика кладки составит $\alpha = \alpha R_U / R_{SKU} = 1000$ и $E_0 = \alpha R_{SKU} = 1000 \cdot 4 = 4000$ МПа.

Расчёт прочности по нормальным сечениям

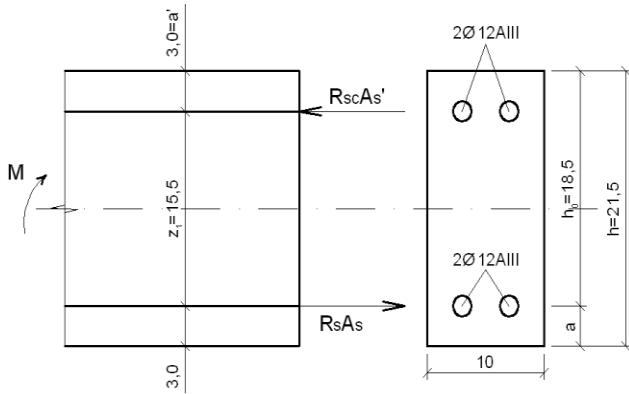


Рисунок 3 – Усилия в нормальном сечении перемычки

Как видно, перемычка армирована симметричной продольной арматурой, выполненной из стали одного класса (А-III), поэтому можно записать, что

$$R_s A_s = R_{sc} A'_s.$$

В этом случае высота сжатой зоны оказывается равной нулю ($x=0$), а прочность по нормальному сечению определяется условием

$$M \leq R_s A_s (h_0 - a'). \quad (1)$$

Часто в экспериментах более точный результат можно получить, принимая нормативные сопротивления арматуры, т.е. вместо R_s значение $R_{sn} = 390$ МПа. Тогда формула (1) преобразуется к виду

$$M_u \leq R_{sn} A_s (h_0 - a'). \quad (2)$$

При сделанных предположках правая часть неравенства (2) будет равна $390 \cdot 2,26 \cdot (18,5 - 3) \cdot 100 = 1366170$ Н см = 13,66 кНм (100* – коэффициент приведения размерностей).

В силу ряда причин схема испытания была принята по рис. 4.

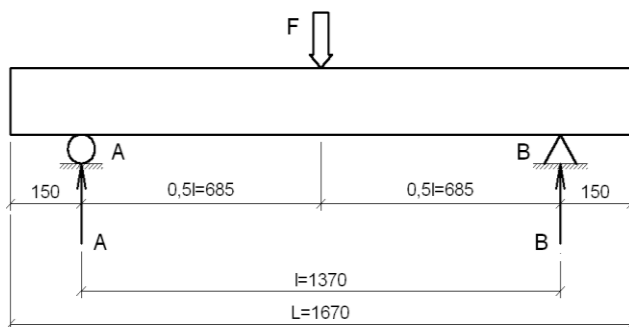


Рисунок 4 – Расчётная схема перемычки

При выбранной расчётной схеме наибольший изгибающий момент составит

$$M = A \cdot 0,5l = 0,5 F \cdot 0,5l = 0,25 F l. \quad (3)$$

Но наибольший изгибающий момент равен $M = 13,66$ кНм, следовательно разрушающее усилие составит

$$F_{ult} = 2A = 13,66 / 0,25 \cdot 1,37 = 39,88 \approx 40 \text{ кН (4 тс)}.$$

Аналогов полученной опытной конструкции в литературе не было обнаружено, что делало

необходимым проведение испытания пробной нагрузкой. Испытание проводилось по ГОСТ 8829-94, предназначенному для испытания нагружением железобетонных конструкций заводского изготовления.

При составлении программы испытания необходимо определить схему опирания конструкции, соответствующую расчётной схеме. В данном эксперименте длина опирания принята равной 300 мм ($l_{an} = 30$ см, что больше длины анкеровки арматуры). Другие подробности схемы испытания (рис. 5) изложены в [1].



Рисунок 5 – Начальная стадия испытания

Как известно, существуют наружные (лицевые) и внутренние перемычки. Если наружные загружены равномерно распределенной нагрузкой от собственной массы и массы вышележащих слоев лицевой кладки, то внутренние перемычки могут быть загружены и сосредоточенными силами от балок (плит) перекрытия. Отличие в работе указанных конструкций состоит также в том, что в лицевых перемычках нежелательно наличие трещин при действии эксплуатационных нагрузок, тогда как во внутренних они допустимы ограниченной ширины раскрытия. Расчёты показали, что к лицевой перемычке будет приложена нагрузка порядка $0,12 \cdot 1,3 \cdot 16 \text{ кН/м}^3 = 2,496 \text{ кН/м (250 кгс/м)}$. Данная величина была принята за контрольную нагрузку по трещиностойкости.

Расчет по трещиностойкости нормальных трещин

Момент сопротивления нормального сечения перемычки с учётом возможных проявлений пластических деформаций (коэффициент 2) можно вычислить по формуле:

$$W = 2bh^2 / 6 = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,215^2 = 0,009245 \text{ м}^3.$$

Нормативное сопротивление осевому растяжению $R_t = 0,16$ МПа.

Расчётный момент образования нормальных трещин составит

$$M = W R_t = 0,009245 \cdot 0,16 = 0,001479 \text{ МН·м} = 1,479 \text{ кН·м} \approx 1,5 \text{ кН·м}.$$

При схеме по рисунку 4 $F_{cr} = \frac{4 \cdot 1,5}{1,37} = 4,38 \text{ кН} = 438 \text{ кг}$.

По действующим нормам [2] проектирование элементов каменных конструкций, работающих на изгиб по неперевязанному сечению, не допускается. Однако данная конструкция является армокаменной с продольной и поперечной арматурой, что даёт основание отнести её к железобетонной конструкции. В [3] отмечается, что если в кладке необходима установка хомутов, расчет такой кладки производится в соответствии с указаниями СНиП 2.03.01-84. Схема армирования перемычки представлена на рис. 6.

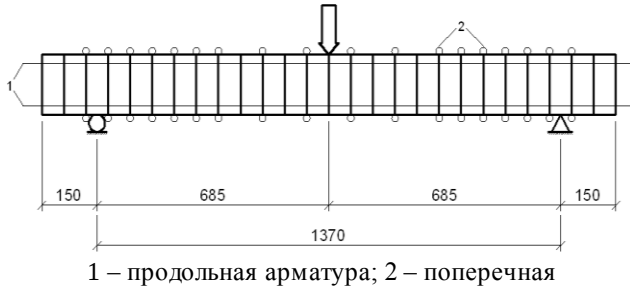


Рисунок 6 – Схема испытаний

Исходя из расчётных усилий образования нормальных трещин и общей разрушающей нагрузки, степень испытательной нагрузки была принята в 100 кгс (1 кН) с выдержкой на одной ступени не менее 3 мин, достаточных для проявления основных величин ползучести материалов. Ниже приводится журнал испытаний.

Анализ результатов испытаний

Первые этапы нагружения показали, что образования нормальных трещин не произошло при расчетной сосредоточенной силе $F_{CRC} = 4,38$ кН. Не обнаружены нормальные трещины и при больших нагрузках (6,7,8,9,10 кН). При этом необходимо отметить хорошее заполнение пустот раствором вокруг продольной арматуры (рис. 7)



Рисунок 7 – Характер соединения продольной и поперечной арматуры с кирпичом

Эксперимент четко показал определяющее значение сопротивления балки по наклонному сечению. Первая наклонная трещина шириной раскрытия 0,5-1,0 мм появилась при нагрузке 2200 кгс (22 кН) (рис. 8).



Рисунок 8 – Образование наклонной трещины шириной раскрытия 0,5-1,0мм

Полное разрушение произошло при нагрузке 2800 кгс (28 кН) как продолжение образовавшейся наклонной трещины (рис. 9).

В связи с полученным результатом расчёт прочности по наклонному сечению приобрёл решающее значение. В качестве первого приближения принята схема, предлагаемая СНиП 2.03.01-84* (рис. 10).



Рисунок 9 – Разрушение армокирпичной перемычки

Следовательно, прочность перемычки по наклонному сечению на действие поперечной силы будет обеспечиваться соблюдением следующего условия:

$$Q \leq Q_B + Q_{sw} \quad (4)$$

Вычислим: $M_B = \varphi_{b2} R_{bt} b h_0^2 = 2,0 \cdot 0,16 \cdot 10 \cdot 18,5^2 = 1095$ Н·м (здесь $\varphi_{b2} = 2,0$ и $R_{bt} = 0,16$ МПа).

Вычислим: $Q_b = \frac{M_B}{c} = \frac{1095}{0,625} = 1752$ Н (175,2 кгс).

Журнал испытаний армокирпичной перемычки (изг. 29.12.2010)

Дата 07.05.2010. Температура 19 °С

Время	Номер ступени	Величина нагрузки			
		F		M	
		кгс	кН	кгм	кН·м
		0,0	0,0	0,0	0,0

Примечание

15-22-25	1	100	1	34,25	0,3425
15-27-30	2	200	2	68,50	0,6850
15-32-35	3	300	3	102,75	1,0275
15-37-39	4	400	4	137,0	1,370
15-41-44	5	500	5	171,25	1,7125
15-46-49	6	600	6	205,5	2,055
15-51-53	7	700	7	239,75	2,3975
15-56-58	8	800	8	274,0	2,740
15-60-62	9	900	9	308,25	3,0825
15-64-67	10	1000	10	342,5	3,425
16-00-03	11	1100	11	376,75	3,7675
16-05-08	12	1200	12	411,0	4,110
16-10-13	13	1300	13	445,25	4,4525
16-15-18	14	1400	14	479,5	4,795
16-20-23	15	1500	15	513,75	5,1375
16-25-28	16	1600	16	548,0	5,480
16-30-33	17	1700	17	582,25	5,8225
16-32-35	18	1800	18	616,5	6,165
16-37-40	19	1900	19	650,75	6,5075
16-42-45	20	2000	20	685,0	6,850
16-47-50	21	2100	21	719,0	7,190
16-52-55	22	2200	22	753,5	7,535
16-57-60	23	2300	23	787,75	7,8775
17-00-03	24	2400	24	822,0	8,220
17-05-08	25	2500	25	856,25	8,5625
17-10-13	26	2600	26	890,5	8,905
17-15-18	27	2700	27	924,75	9,2475
17-20-23	28	2800	28	945,3	9,543
17-25-28	29	2900	29		
17-30-33	30	3000	30		

Нормальных или наклонных трещин нет

Нормальных или наклонных трещин нет

Нормальных или наклонных трещин нет

Сильный треск внутри перемычки

Снова треск, но нормальных или наклонных трещин нет

Треск и наклонные трещины 0,5-1,0 мм. Нормальных трещин нет

Трещина на левой опоре

Полное разрушение по наклонному сечению

Средняя величина смещения индикаторов на продольных стержнях концу испытаний составила 0,07-0,09 мм. Величина прогиба не превысила 1/200 пролета

Разница в расчётах и экспериментах равна

$$\Delta = \frac{12,0195 - 11,0}{11,0} \cdot 100\% = 10,86\%.$$

Близость результатов расчёта и эксперимента удовлетворительная, однако сдерживающим обстоятельством является единичность испытания. Для получения более надёжного результата необходимо увеличить количество испытываемых образцов.

Заключение

Испытания показали, что армированная перемычка обладает достаточно высокой несущей способностью – до 16 кН/м (1600 кгс/м) и трещиностойкостью. Факт высокой трещиностойкости по нормальным сечениям требует дополнительного исследования.

Из экспериментов установлено, что образование наклонной трещины шириной раскрытия 0,5-1,0 мм произошло при нагрузке $F_{dist} = 22,0$ кН (2220 кгс), т. е. разрушающая поперечная сила на опоре составит $Q_{dist} = 11,0$ кН (1100 кгс). Следовательно на поперечные хомуты приходится

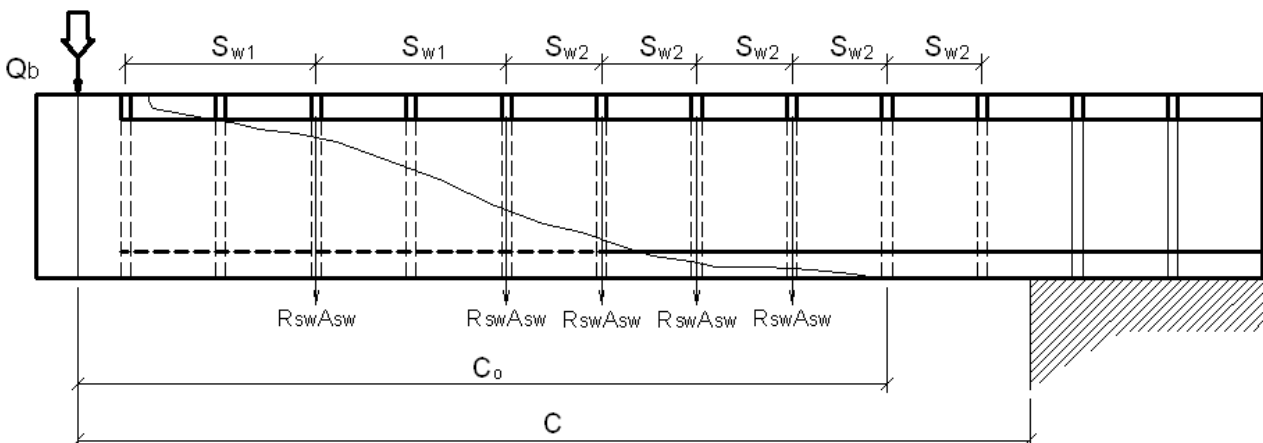
$$Q_{sw} = 11 - 1,752 = 9,248 \text{ кН (924,8 кгс)}.$$

При наличии в пределах наклонной трещины 5 пар хомутов, их несущая способность составит

$$R_{sw} A_{sw} \cdot 2 \cdot 5 = 590,0 \cdot 0,0177 \cdot 2 \cdot 5 = 10,44 \text{ кН (1044 кгс)}.$$

Полная несущая способность по наклонному сечению

$$Q_B + Q_{sw} = 1,752 + 10,443 = 12,195 \text{ кН (1219,5 кгс)} > Q_{dist} = 11 \text{ кН (1100 кгс)}.$$



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нэмен В.Н., Литвиненко В.А., Петренко С.И., Грознов В.В. Армокирпичная перемычка // Труды ун-та. 2009. № 9. С. 58-60.
2. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1983. 40 с.
3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования»)/ ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М., 1989. 152 с.
4. Розенблюмас А.М. Каменные конструкции : учеб. пособие для студентов инженерно-строительных вузов и факультетов. М. : Высш. шк., 1964. 302 с. : ил.
5. Бедов А.И., Габитов А.И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций : учеб. пособие. М. : АСВ, 2006. 558 с.

УДК 666.972.16

ШАРИПОВ С.М.,
ДАЛЕНОВА Н.А.**Организация производства серных плиток
с использованием местных сырьевых материалов**

С целью расширения сырьевой базы строительной индустрии, ассортимента строительных материалов и изделий специального назначения с использованием местных сырьевых материалов и энергетических ресурсов поставлена задача разработать технологию серобетонов и изделий на его основе. Традиционные технологические приемы получения серобетонов (способы модификаций, подбор составов, температуры, вида наполнителя) оказались недостаточно эффективными, возможно, вследствие того, что используемая в работе сера Тенгизского газоконденсатного завода характеризуется высокой степенью чистоты и требует особого подхода при разработке технологии для получения качественных материалов на его основе [1].

Решение этого вопроса предлагается проведением совместного помола исходных сырьевых компонентов, при этом:

- улучшается размалываемость серы (снятие статической зарядки частиц), уменьшается пыление серы и повышается безопасность взрыва пыли;
- ракушечником адсорбируются и нейтрализуются возможные токсичные и пылевидные продукты;
- активизируется процесс полимеризации серы (снижение температуры и времени) при получении материалов на ее основе в результате механо-химического взаимодействия серы, ракушечника и модификатора при их совместном помоле;
- способствует повышению адгезии расплава серы к заполнителям и стабилизирует аморфное состояние серы, что обуславливает получение качественного материала на основе серного вяжущего.

Таким образом, предлагается технология получения серного вяжущего путем совместного помола комовой серы, отходов ракушечника и модификатора, реализация вяжущего в виде товарной продукции для широкого использования в строительной индустрии республики. Вяжущее, изготавливаемое по представленной схеме (рисунок), рекомендуется для получения серного бетона и изделий, в частности серных плиток.

Технология получения серобетона включает участок приготовления вяжущего, приготовления заполнителя и бетона.

Процесс получения вяжущего состоит из дробления комовой серы и ракушечника, дозирования их совместного помола с введением модификатора в шаровых мельницах.

Подготовка заполнителя заключается в дроблении, сушке, фракционировании, подогреве и подаче горячего заполнителя в смеситель. После фракционирования заполнителя предусматривается отгрузка крупной фракции ракушечника через наполнитель на совместный помол с серой и модификатором. Разогрев сырьевых компонентов осуществляется в бункерах с паровыми регистрами, при этом температура смеси составляет 140 ± 5 °С.

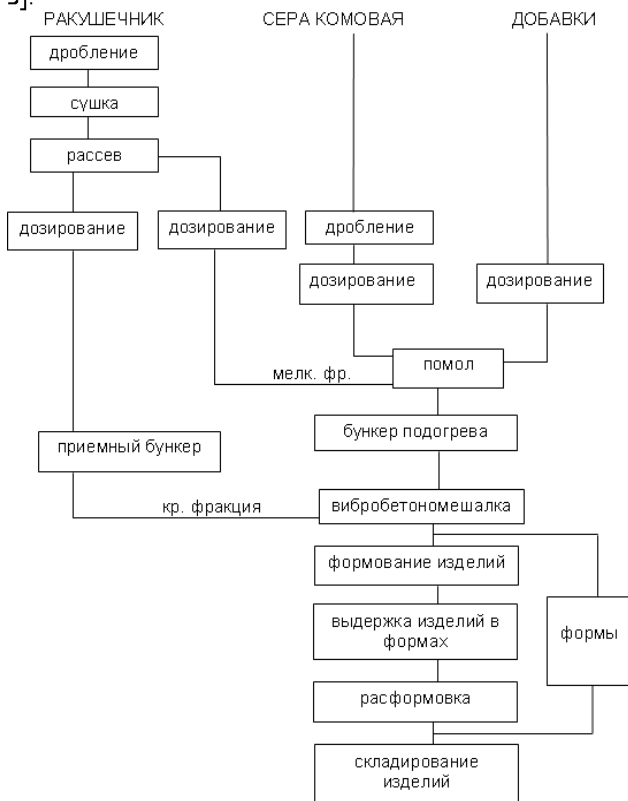
Формование изделий осуществляется путем литья, пластического формования или полусухого прессования в зависимости от вида и назначения изделий (фундаментные блоки, сваи, лотки, тоннели, емкости, тротуарные и бордюрные плиты).

Технологический процесс формования изделий из серного бетона состоит из следующих операций: подготовка форм; укладка смеси; уплотнение смеси; остывание (отверждение) смеси; распалубка изделий и прием его ОТК.

Изделия из серных бетонов формуется в металлических нагретых формах. Подготовка форм заключается в очистке рабочей поверхности и подогреве ее до $120-130$ °С непосредственно перед формованием. Нагрев форм осуществляется в термокамере электротэнами, а затем толкателем подается на пост формования. Продолжительность вибрации 2 мин до появления на поверхности изделий жидкой фазы и прекращения интенсивного выделения воздуха из смеси. Твердение отформованных изделий происходит в результате остывания смеси до температуры ниже 120 °С.

Распалубка изделий производится при температуре поверхности не выше 40 °С, после чего изделия укладываются в тару на ребро и передаются на склад готовой продукции.

При отработке состава серного вяжущего изучалось влияние вида минерального наполнителя, степени наполнителя, тонкости помола наполнителя, поскольку эти факторы являются определяющими при оптимизации состава серного композиционного материала с целью повышения прочности на изгиб [2, 3].



Принципиальная схема производства серных плиток

Правильный выбор состава и количества наполнителя способствует снижению расхода серы,

величины усадочных напряжений и повышению прочности и долговечности получаемых изделий. Экспериментальные данные по подбору вида, гранулометрического состава, степени наполнения показали, что наиболее высокую прочность на сжатие имеют образцы, содержащие в качестве наполнителя смесь тонкомолотого ракушечника фракции до 0,63 мм.

В таблице приведены результаты испытаний образцов балочек 4х4х16 мм в зависимости от вида и количества заполнителя.

Снижению внутренних напряжений в изделиях из серных композиционных материалов способствует введение пластифицирующих и структурирующих добавок.

Экспериментально установлено, что введение в сырьевую смесь парафина в количестве 0,2-1 вес % существенно улучшает удобоукладываемость горячей смеси, что повышает плотность и прочность изделия.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что:

- на основе серы Тенгизского газоконденсатного завода и отходов добычи известняка-ракушечника Жетыбайского месторождения возможно получение материалов (серного вяжущего) и серных плиток на его основе;

- данная технология отличается простотой и может быть внедрена с использованием серийного оборудования при незначительных затратах;

- получаемые материалы обладают рядом положительных свойств: высокой прочностью, химической стойкостью, быстрым набором прочности, связанным только с остыванием серобетонной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мацарин И.А. Плиты из серных композиционных материалов // Строительные материалы и конструкции. 1988. № 3. С. 11-12
2. Куатбаев К.К. Силикатные бетоны из побочных продуктов промышленности. М.: Стройиздат, 1981.
3. Yakovlev G., Keriene J., Gailius A., Girniene I. // Mater. Sci. (Lithuania). 2006. № 2. P. 147-151, 182.

УДК 69.058:691.32

НУГУЖИНОВ Ж.С.

Современные проблемы методологии обследования и оценки технического состояния железобетонных конструкций

В последнее время не только в период эксплуатации, но и в процессе возведения зданий и сооружений наблюдаются случаи, когда в несущих конструкциях возникают недопустимые прогибы, трещины, повреждения. Эти опасные, приводящие к развитию критических дефектов и повреждений явления вызваны отклонениями от требований проекта при изготовлении и монтаже этих конструкций либо ошибками при их проектировании. При этом необходимо выявить и оценить фактическое состояние конструкции, установить причины повреждений, определить реальную прочность,

трещиностойкость и жёсткость конструкции с целью принятия решения о необходимости и рациональности способов усиления конструкций.

Современные условия строительства и эксплуатации зданий, сооружений характеризуются развитием рыночных отношений между Проектировщиком, Подрядчиком и Эксплуатантом, возведением сложных по конструктивному решению, уникальных комплексов, в частности, многофункциональных высотных комплексов, применением новых материалов и технологий. В связи с этим возросла актуальность новых методов и

методик обследования – экспертного обследования, энергоаудита, геомониторинга указанных объектов [1,2,3].

Анализ развития методов и различных методик обследования зданий и сооружений, основанных на них, выявил следующие проблемы, основные направления и тенденции в указанной области.

Существует большое разнообразие используемых методик обследования зданий и сооружений. Так, только общий перечень нормативных документов различного уровня, пособий, руководств, инструкций, рекомендаций и методических указаний, действовавших на территории Республики Казахстан до 2002 года, составил более 1200 наименований. Методики различались по видам обследования, типам зданий и сооружений, видам и материалу конструкций и т.п.

В то же время практически во всех материалах в той или иной мере общими являются основные положения, цели и задачи, методы обследования конструкций, этапы выполнения работ. Определенные различия и подходы имеются главным образом в наличии, критериях и способах оценки технического состояния конструкций.

Основными целями и задачами обследования конструкций в большинстве методик устанавливаются определение или оценка их фактического технического состояния на основе результатов анализа проектно-технической документации, визуального и инструментального контроля, а при необходимости – поверочного расчета конструкции. В отдельных руководствах рассматриваются также вопросы ремонта и усиления поврежденных конструкций.

Достаточно широкий спектр аналитических, физико-механических, физико-химических, математических и биологических методов исследований, применяемых при специализированном обследовании технического состояния зданий и сооружений, обусловлен комплексным характером данного вида экспертизы, необходимостью выполнения работ по изысканиям, проектированию, обмерам, испытаниям, поверочному расчету конструкций и сооружений в целом как определенным образом работающей системы.

В современной практике проведения работ по обследованию зданий и сооружений все большее распространение получают методы исследования, используемые в натурных условиях. В то же время в необходимых случаях нормы оговаривают и применение лабораторных методов исследований, связанных с отбором образцов, проб и проведением их сертифицированных испытаний согласно действующим ГОСТ [4,5].

Современная материально-техническая база по натурным и лабораторным испытаниям конструкций и среды их эксплуатации отличается все большей компактностью, разрешающей способностью, точностью измерений, широким спектром функций. Многие комплексы, в том числе по расчету конструкций, имеют развитое программное обеспечение. Развитие методов обследования

строительных конструкций характеризуется также внедрением в производство работ широкого спектра лазерного оборудования: лазерных комплексов по геодезическим наблюдениям, обмерам конструкций, приборов по измерениям температуры и влажности конструкций и т.п., сканеров, тепловизоров, вибрографов, тоннельных микроскопов, оптоволоконных датчиков и др.

Все это позволяет непрерывно совершенствовать методики обследования, шире применять при их проведении последние достижения науки и техники, IT-технологии.

В настоящее время комплекс работ по обследованию и оценке технического состояния зданий и сооружений регламентируется действующим нормативным документом СН РК 1.04-04-2002 «Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений» [1]. Документ создан под научным руководством автора впервые и не имеет аналогов в других странах СНГ.

В основе указанного документа лежит новая методология экспертного обследования зданий и сооружений, которая позволяет:

- оперативно выявить аварийное или предаварийное состояние здания, сооружения и своевременно обеспечить соответствующие меры безопасности, в том числе устойчивость системы в период проведения экспертных действий, ремонтно-восстановительных работ;
- оценить фактическое напряженно-деформированное состояние элементов зданий и сооружений на всех этапах строительства и эксплуатации, в том числе к моменту аварии, и дать прогноз эксплуатационной надежности здания, сооружения как геотехнической системы в целом на долгосрочный период;
- установить и научно обосновать результатами испытаний по международным стандартам и поверочными расчетами причины отказов конструкций.

Экспертное обследование и оценка эксплуатационной надежности железобетонных конструкций зданий и сооружений осуществляется по предварительно разработанной программе в три этапа:

- предварительного, сплошного и детального инструментального обследования конструктивных элементов и системы в целом;
- расчетов прочности, устойчивости и деформативности несущих конструкций и системы в целом;
- составления технического отчета.

На каждом этапе работ учитываются особенности проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Программа экспертного обследования составляется на основании технического задания, в котором указываются цель и соответствующие ей задачи по выполняемым видам и объемам работ. При реконструкции зданий и сооружений также указываются основные требования, предъявляемые к конструкциям, ориентировочные планируемые технологические нагрузки и воздействия,

планировочные решения и общие условия эксплуатации после реконструкции.

При расследовании аварий системный подход к исследованию реальных условий работы и оценке фактического технического состояния основания и фундаментов, строительных конструкций надземной части позволяет более объективно и доказательно выявить причины деформаций и обрушений, построить математическую модель, наглядно демонстрирующую механику разрушения элементов и системы в целом. Это необходимо для выявления наиболее характерных отказов и разработки рекомендаций по уточнению методов расчета, совершенствования конструктивных решений и технологии устройства оснований и фундаментов.

При рассмотрении элементов сложной системы возникает необходимость идеализации расчетных схем, которые учитывают лишь главные, основные свойства, характеризующие состояния реальных конструкций. Кроме того, поведение грунтов основания и конструкций фундаментов характеризуется рядом факторов, носящих случайный характер. Например, прочностные характеристики бетона подвержены значительному разбросу. Значительной изменчивостью обладают также временные и постоянные нагрузки, действующие на конструкции и здания, сооружений в целом.

При экспертном обследовании объект рассматривается как система «основание-сооружение» и оценка эксплуатационной его надежности производится по категориям технического состояния конструктивных элементов указанной системы. Категории технического состояния характеризуют несущую способность и эксплуатационную надежность отдельных конструкций, их сопряжений и системы в целом, определяют возможность и условия восстановления ее работоспособности.

В нормах по экспертному обследованию в качестве базовой концепции положен принцип безопасной эксплуатации по техническому состоянию. Согласно этой концепции, эксплуатационная надежность здания, сооружения оценивается по параметрам технического состояния элементов, обеспечивающим эксплуатационную надежность системы в целом в соответствии с нормативно-технической и проектной документацией. Прогнозируемый остаточный ресурс системы оценивается при этом по критериальным параметрам технического состояния, изменение которых в отдельности или в некоторой совокупности может привести систему в неработоспособное или предельное состояние.

Под критериальными параметрами технического состояния понимаются устанавливаемые в результате детального инструментального обследования или поверочными расчетами параметры, характеризующие определенный категориальный признак.

Оценка и выбор критериальных параметров технического состояния должны осуществляться по результатам анализа технической и проектной документации, по совокупным данным экспертного обследования здания, сооружения.

Остаточный ресурс здания, сооружения определяют в рамках регламента экспертного обследования. Его необходимо устанавливать на основе имеющейся информации прогнозированием технического состояния системы по критериальным параметрам технического состояния до достижения предельного состояния. При непрерывном или дискретном контроле за критериальными параметрами технического состояния могут допускаться упрощенные методы прогнозирования по небольшому числу параметров.

В частности, если имеется объем информации по ряду критериальных параметров технического состояния за предшествующий период, достаточный для экстраполяции этих значений на последующий период безопасной эксплуатации здания, сооружения. Остаточный ресурс (или установление назначаемого ресурса) прогнозируют согласно закономерностям изменения критериальных параметров, полученным при анализе механизмов развития дефектов и повреждений или по результатам измерения функциональных показателей здания, сооружения. Анализ повреждений и критериальных параметров технического состояния здания, сооружения, а также установка критериев предельных состояний должны включать:

- оценку фактической нагруженности несущих элементов здания, сооружения, выполненную расчетным методом согласно нормативно-техническим документам с учетом всех режимов нагружения и действующих нагрузок и воздействий, фактической геометрии системы и ее несущих элементов, имеющих и выявленных концентраторов напряжений;
- выявление механизмов образования и роста обнаруженных дефектов и повреждений;
- оценку параметров технического состояния системы, соответствие параметров требованиям норм и проекта, а по отклонению от нормативных требований – установление критериальных параметров технического состояния системы;
- выявление уточненной по сравнению с указанной в нормативно-технической документации системы предельных состояний и их критериев (например, недопустимых деформаций, осадки, крена, трещин в несущих элементах).

Кроме того, при восстановлении и реконструкции здания, сооружения необходимы поверочные расчеты по уточненным данным и исследованиям напряженно-деформированного состояния конструкций здания, сооружения, выбору критериев предельного состояния. Цель этих расчетов – получение дополнительной (а также отсутствующей в технической документации) информации об общих и местных напряжениях и деформациях здания, сооружения с учетом фактических свойств материалов, необходимой для установления механизмов дефектов и повреждений и расчета остаточного ресурса. По полученным результатам должны быть уточнены механизмы повреждений, параметры технического состояния, установлены

критериальные параметры технического состояния, критерии предельных состояний.

Оценка эксплуатационной надежности системы «основание – сооружение» производится на основе анализа результатов всего комплекса работ по экспертному обследованию, по критериальным признакам и параметрам технического состояния конструкций: на начальном этапе производится предварительная оценка по визуально наблюдаемым критериальным признакам; затем, по результатам детального инструментального обследования и поверочных расчетов устанавливаются критериальные параметры напряженно-деформированного состояния и выполняется прогноз остаточного ресурса конструкций.

Выводы:

1. Современная методология обследования зданий и сооружений обусловлена комплексным характером работ, необходимостью выполнения работ по изысканиям, проектированию, обмерам, испытаниям, поверочному расчету конструкций. Она определила широкий спектр современных методов обследования.

2. Методы и аппаратура, программное обеспечение исследований и испытаний конструкций постоянно совершенствуются, расширяя диапазон и увеличивая точность измерений, а также возможности получения различных характеристик материала конструкций. Одновременно развиваются методики

поверочных расчетов и профессиональные программы по компьютерным расчетам конструкций.

3. На развитие современной методологии обследования и оценки технического состояния зданий, сооружений значительное влияние оказали также:

- рост объемов работ по реконструкции и модернизации гражданских и производственных объектов;
- новые условия строительства (возведение сложных комплексов по уникальным проектам, использование новых материалов и технологий, ускоренные сроки строительства и т.п.);

4. Оценка технического состояния и эксплуатационной надежности железобетонных конструкций производится на основе анализа результатов всего комплекса работ по экспертному обследованию объекта, в соответствии с установленными критериями несущей способности и эксплуатационной надежности.

5. Дальнейшее развитие методологии обследования технического состояния железобетонных конструкций связано с теоретическими и экспериментальными исследованиями по совершенствованию:

- методики расчета длительно эксплуатируемых и усиливаемых конструкций;
- материально-технической базы натурного обследования и методов оценки технического состояния конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН РК 1.04-04-2002 Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. Алматы: KAZGOR, 2003. 68 с.
2. МДС 13-20.2004. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий. М.: Госархстройконтроль, 2000.
3. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. М.: ГУП «НИИЦ», 1998. 90 с.
4. ГОСТ 28750. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкции.
5. ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. М.: Изд-во стандартов, 1988. 26 с.

УДК 666.972.16

ЕСЕНБАЕВА А.А.,
ЧЕРДАБАЕВ Б.А.,
ТКАЧ Е.В.

Исследование процесса твердения фосфорного шлака при низкотемпературной дискретной тепловой обработке

Концепция исследований на наноуровне и нанотехнологии в настоящее время принята на вооружение во всех отраслях промышленности, производящих материалы. В цементном производстве она находится на начальной стадии. Бетон с его сложной на наноуровне структурой гидратных фаз, добавок и примесей является идеальным материалом для использования нанотехнологического регулирования и контроля свойств. Приводятся самые

общие положения проблемы применительно к цементной технологии. Рассмотрены гидратация цемента на наноуровне и образование гидросиликатов кальция C-S-H.

Известно, что для тоберморитового геля характерна субмикроскопическая структура со средними размерами пор до 10 нм и размерами кристаллитов CSH(I) – более 50 нм [1]. Поэтому субмикроскопическая структура гидросиликатов

кальция с размерами пор менее 10 нм в исследуемых системах в основном связывается с фазой CSH(I). Размеры кристаллитов CSH(I) не более 100 нм.

В практике широко используется механохимическая активация различных компонентов для повышения их химической активности и реакционной способности твердых тел.

Интенсивная механическая обработка кристаллических веществ в дезинтеграторе или центробежной мельнице приводит к завершению стадии измельчения практически сразу после однократной обработки, в результате чего твердое вещество фрагментируется на частицы (зерна) микронных размеров. В дальнейшем структурные изменения переходят на уровень кристаллитов и проявляются для всех изученных материалов в виде осцилляционной зависимости уширения рентгеновских дифракционных линий. В свою очередь, кристаллиты, имеющие практически идеальное строение и состоящие из нескольких тысяч топологически упорядоченных атомов, реагируют на ударные воздействия изменением своих размеров и уровня микродеформаций без нарушения целостности зерна. Таким образом, тонкое диспергирование следует рассматривать как механохимический процесс.

Помол шлака осуществлялся в дезинтеграторе до удельной поверхности 300-350 м²/г. Активизирующие компоненты вводят в состав фосфорно-шлаковых вяжущих двумя способами: путем совместного помола шлака с клинкером и путем помола фосфорного шлака с последующей добавкой молотого клинкера.

Исследовано влияние способа ввода клинкера на структуру и активность фосфорно-шлаковых вяжущих и получение их раздельным и совместным помолом в дезинтеграторе.

Для исследования фазового состава, кристаллической структуры и микроструктуры шлакового камня использовали физические методы исследований при помощи приборов ДРОН-3 и КРМ-1. Фазовый состав, степень кристалличности и размеры кристаллитов CSH(I) определены с помощью дифрактограмм по известной методике Гинье [3,4]. Уширение дифракционных линий (В) часто используют для определения величины кристаллитов коллоидных размеров.

О влиянии условий получения вяжущего на его активность определили по прочности после термообработки образцов из теста нормальной густоты (размеры 2х2х2 см). Образцы пропаривали при 95 °С по режиму 1,5+8+1,5 ч. (или 1,5+4+0 ч.) и испытывали через 24 ч (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние условий помола шлака и клинкера на активность вяжущих (95 °С, 1,5+8+1,5 ч.)

Активизатор	Прочность образцов, МПа			
	при сжатии		при изгибе	
	совместный помол	раздельный помол	совместный помол	раздельный помол
Клинкер	48	35	6,2	5,0

Анализ полученных данных показывает, что вяжущее приобретает более высокую активность при совместном помоле его компонентов. Вяжущее с добавкой клинкера, полученное совместным помолом компонентов, имеет прочность на сжатие 48 МПа, при раздельном помоле – 35 МПа.

Для сравнения полученных результатов при дискретной тепловой обработке в таблице 2 приведены значения прочности образцов, полученные по обычному и дискретному режимам при 95 °С. Эти данные показывают преимущество дискретной тепловой обработки фосфорного шлака с добавкой клинкера. Сравнение прочности получаемых материалов в обычном и дискретном режимах показало, что закаливанием достигается прочность на 30 % больше путем совместного помола шлака фосфорного и шлака с добавкой клинкера, а продолжительность процесса сокращается до 80 %. Применение дискретного режима позволяет без снижения прочности получаемого материала сократить продолжительность тепловой обработки для фосфорно-шлакового вяжущего.

Таблица 2 – Влияние режима обработки шлака с добавкой клинкера на активность вяжущего (95 °С, 1,5+8+1,5 ч. и 1,5+4+0 ч.)

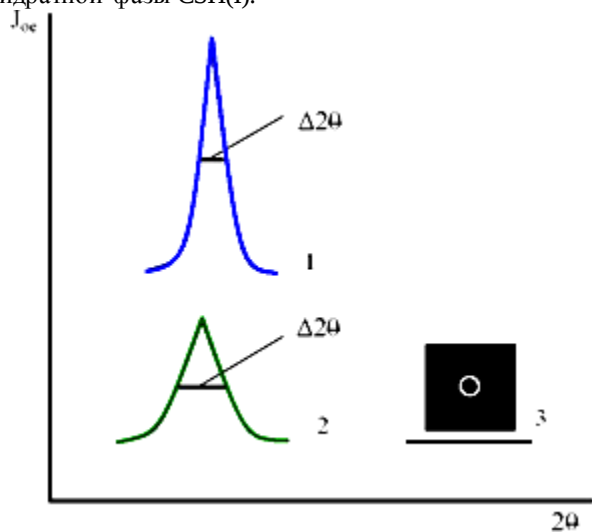
Активизатор	Прочность образцов R _{сж} , МПа			
	1,5+8+1,5 ч.		1,5+4+0 ч.	
	совместный помол	раздельный помол	совместный помол	раздельный помол
Клинкер (8 % от массы шлака)	48	35	55	37

Сравнение дифрактограмм шлакового камня при обработке 95 °С (1,5+8+1,5 ч.) показывает, что интегральная интенсивность основных рефлексов в образцах различается. Интегральная интенсивность основных рефлексов в образце совместного помола с клинкером меньше, чем в образце раздельного помола и последующего их механического смешения. Это объясняется тем, что часть шлакового стекла в процессе помола с клинкером аморфизуется (возможно, механохимическая деструкция), увеличивается активная поверхность вяжущего.

Аморфное гало при этом сдвигается в сторону увеличения (~0,005 нм). Такое изменение на дифрактограмме связано с изменениями в смеси при механическом воздействии на молекулярном уровне. А также изменение полуширины рефлексов Δ2θ подтверждает аморфизацию данной системы. Появляются дифракции малоуглового диффузного рассеяния, обусловленные качественными изменениями, вероятно, связанными с образованием микроразрушений (~10-30 нм) на поверхности микрочастиц шлакового стекла и заполнением их твердеющим веществом такого же порядка размерности (наночастицами) гидросиликата кальция. Последнее создает флуктуации плотности и дифракции рентгеновских лучей (рисунок).

Флуктуация плотности системы обеспечивает более интенсивное малоугловое рассеяние совместного помола, чем в раздельном помоле серы и ракушечника. Рассчитанные значения максимального ($R_{\max}$), минимального ($R_{\min}$) и эффективного радиусов ($R_{\text{эфф}}$) приведены в таблице 3. Результаты исследования показывают, что однородная микропористая структура гидросиликатов с наименьшим количеством микропор в единице объема наблюдается в системе «фосфорный шлак-клинкер» совместного помола при дискретном режиме обработки и характеризуется оптимальным эффективным радиусом микропор (7,41 нм), приближающимся к эффективному радиусу микропор эталонного тоберморита (8,01 нм).

Субмикроскопическая структура гидросиликатов кальция с размерами пор менее 10 нм в исследуемых системах в основном связана с образованием гидратной фазы CSH(I).



1 – раздельный помол; 2 – совместный помол;
3 – дифракция в малых углах на просвет ($d=34$ нм)
Фрагменты дифрактограмм образцов твердения шлака (95 °С, 1,5+4+0 ч.) с клинкером, полученных совместным и раздельным помолом

Таблица 3 – Значения радиусов нанопор продуктов гидратации системы «фосфорный шлак-клинкер»

Радиус пор, нм	Эталонный тоберморит	Помол			
		раздельный		совместный	
		обычный	дискретный режим обработки	обычный	дискретный
$R_{\max}$	14,80	12,91	12,92	13,41	14,69
$R_{\min}$	4,62	1,97	2,62	2,80	3,57
$R_{\text{эфф}}$	8,01	6,73	6,65	7,32	7,41

Интенсивная механическая обработка (совместный помол) приводит к завершению стадии измельчения практически сразу после однократной обработки.

Таким образом, данное диспергирование (при совместном помоле шлака с клинкером) следует рассматривать как начальную стадию технологии получения наноматериалов при низкотемпературной дискретной тепловой обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родионов Р.Б. Инновационный потенциал нанотехнологий в производстве строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2006. № 8 (91). С. 72-75.
2. Тимашев В.В., Акимов В.Г. Влияние точечных дефектов на гидратационную активность минералов клинкера // Тр. Междунар. конгресса по цементу. М., 2000. С. 203-207.
3. Китайгородский А.И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. М., 2003. С. 65-88.
4. Гинье А. Рентгенография кристаллов. М., 2005. С. 72-78.

УДК 539.3
КАСИНОВ А.Т.

Аналитические решения задачи изгиба слоистой пластины под синусоидальной и распределённой нагрузками в уточненной постановке

Рассмотрим задачу изгиба слоистой прямоугольной пластины с размерами в плане a и b при действии нагрузки, распределённой по поверхности согласно закону:

$$q = q_0 \sin \frac{m\pi x_1}{a} \cdot \sin \frac{n\pi x_2}{b}, \quad (1)$$

где q_0 – интенсивность нагрузки в центре пластины;
 m, n – целые числа.

Решение задачи для однородной пластины по классической теории имеется в [1]. В рамках трёхмерной теории упругости для такой задачи имеется решение Б.Ф.Власова [2]. Для трёхслойных пластин имеется достаточно строгое решение Л.Э.Брюккера [3]. Слой заполнителя рассматривается им как трёхмерное тело, а для жёстких несущих слоёв приняты гипотезы Кирхгофа-Лява.

Примем закон изменения искомых функций усилий Φ , прогиба W и сдвига χ координатной поверхности в следующем виде:

$$\Phi = AS; W = BS; \chi = CS, \quad (2)$$

где $S = \sin \alpha_1 x_1 \sin \alpha_2 x_2$; $\alpha_1 = \frac{m\pi}{a}$; $\alpha_2 = \frac{n\pi}{b}$;

m, n – целые нечётные числа;

A, B, C – искомые постоянные величины, которые определяются из решения системы дифференциальных уравнений. Система разрешающих уравнений слоистой пластины представлена в смешанной форме и примет такой вид:

$$\Delta_F^2 \phi + \Delta_{15}^2 W - \Delta_{25}^2 - \Delta_{13}^2 \chi = 0;$$

$$\Delta_{15}^2 \phi + \Delta_{35}^2 - \Delta_D^2 W + \Delta_P^2 - \Delta_{23}^2 - \Delta_{45}^2 \chi = -q; \quad (3)$$

$$\Delta_{25}^2 \phi + \Delta_{55}^2 - \Delta_P^2 W + \Delta_{P1}^2 - \Delta_{33}^2 - \Delta_{P3}^2 \chi = 0.$$

Общий порядок системы равен 12. Неизвестными являются три функции координатной поверхности: функция усилий, прогиба и сдвига.

Для разных значений f и g коэффициенты операторов принимают различные значения [4]:

$$\Delta_f^2 = A_1^*(\cdot)_{,1111} + A_2^*(\cdot)_{,1122} + A_3^*(\cdot)_{,2222};$$

$$\Delta_g = B_1^*(\cdot)_{,11} + B_2^*(\cdot)_{,22}. \quad (4)$$

Уравнения (3) содержат дифференциальные операторы 4-го и 2-го порядков, которые определяются по (4) с коэффициентами соответственно $A_j^*(j=1,2,3)$, $B_i^*(i=1,2)$ зависящими от жесткостей слоистой пластины.

Краевые условия для различных случаев закрепления кромок пластины получены из контурного интеграла вариационного уравнения.

Функции (2) удовлетворяют граничным условиям на краях пластины.

Дифференциальные операторы в системе уравнений (3) представляются в соответствии с (4) в виде:

$$\begin{aligned} \Delta_F^2 \phi &= F_1 \phi_{,1111} + F_4 - 2F_2 \phi_{,1122} + F_3 \phi_{,2222} = \\ &= [F_1 \alpha_1^4 + F_4 - 2F_2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 + F_3 \alpha_2^4] AS = d_2 AS, \end{aligned} \quad (5)$$

где через d_2 обозначено выражение в квадратных скобках. Аналогично преобразуются остальные операторы.

Для первого уравнения системы имеем:

$$\Delta_F^2 \phi = d_2 AS; \Delta_{15}^2 W = d_8 BS; \Delta_{25}^2 \chi = d_9 CS; \Delta_{13}^2 \chi = d_8 CS. \quad (6)$$

Для второго уравнения системы получим:

$$\begin{aligned} \Delta_{15}^2 \phi &= d_8 AS; \Delta_{35}^2 W = d_{11} BS; \Delta_D^2 W = d_3 BS; \\ \Delta_P^2 \chi &= d_4 CS; \Delta_{23}^2 \chi = d_9 CS; \Delta_{45}^2 \chi = d_{12} CS. \end{aligned} \quad (7)$$

Для третьего уравнения системы будем иметь:

$$\begin{aligned} \Delta_{25}^2 \phi &= d_9 AS; \Delta_{55}^2 W = d_{10} BS; \Delta_P^2 W = d_4 BS; \\ \Delta_{P1}^2 \chi &= d_5 CS; \Delta_{33}^2 \chi = d_6 CS; \Delta_{P3}^2 \chi = d_7 CS. \end{aligned} \quad (8)$$

В формулах (6-8) величины d_i ($i=2, \dots, 12$) равны:

$$\begin{aligned} d_1 &= H_1 \alpha_1^4 + H_2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 + H_3 \alpha_2^4; \\ d_2 &= F_1 \alpha_1^4 + F_4 - 2F_2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 + F_3 \alpha_2^4; \\ d_3 &= D_{11} \alpha_1^4 + 2D_{12} + 2D_{66} \alpha_1^2 \alpha_2^2 + D_{66} \alpha_2^4; \\ d_4 &= P_{111} \alpha_1^4 + P'_{122} \alpha_1^2 \alpha_2^2 + P_{222} \alpha_2^4; \\ d_5 &= S_{111} \alpha_1^4 + S'_{122} \alpha_1^2 \alpha_2^2 + S_{222} \alpha_2^4; \\ d_6 &= C_{15} \alpha_1^4 + C'_{15} + C_{25} \alpha_1^2 \alpha_2^2 + C'_{25} \alpha_2^4; \\ d_7 &= P_{13} \alpha_1^2 + P_{23} \alpha_2^2; \\ d_8 &= R_1 \alpha_1^4 + (R_2 + R_3 - R_5) \alpha_1^2 \alpha_2^2 + R_4 \alpha_2^4; \\ d_9 &= I_1 \alpha_1^4 + (I_2 + I_3 - I_5) \alpha_1^2 \alpha_2^2 + I_4 \alpha_2^4; \\ d_{10} &= I'_1 \alpha_1^4 + (I'_2 + I'_3 - I'_5) \alpha_1^2 \alpha_2^2 + I'_4 \alpha_2^4; \\ d_{11} &= RK \alpha_1^4 + RK_2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 + RK_3 \alpha_2^4; \\ d_{12} &= IK_1 \alpha_1^4 + IK_2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 + IK_3 \alpha_2^4; \end{aligned} \quad (9)$$

Теперь можно перейти к решению системы уравнений. Система разрешающих уравнений (3) после подстановки операторов (6)-(8) и сокращения на S примет вид:

$$\begin{cases} d_2 A + d_8 B - d_9 - d_1 C = 0; \\ d_8 A + d_{11} - d_3 B + d_4 - d_9 - d_{12} C = q_0; \\ d_9 A + d_{10} - d_4 B + d_6 - d_4 - d_7 C = 0, \end{cases} \quad (10)$$

где неизвестными являются величины A, B и C .

Для пластины с симметричной структурой по толщине получим:

$$\begin{cases} d_2 A + d_1 C = 0; \\ -d_3 B + d_4 C = q_0; \\ d_4 B + d_5 - d_6 - d_7 C = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Решение систем (10) и (11) относительно искомых A, B, C позволяет определить значения функций усилий, прогиба и сдвига в любой точке координатной поверхности пластины.

Напряжения, возникающие в k -м слое пластины, находятся при помощи выражений (2.5) и (2.17) из [4].

Пусть на верхнюю поверхность пластин действует нагрузка, распределённая по произвольному закону:

$$q = f(x_1, x_2). \quad (12)$$

В таком случае нагрузку представляют в виде двойного тригонометрического ряда [1].

$$f(x_1, x_2) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} \sin \alpha_m x_1 \sin \alpha_n x_2; \quad (13)$$

$$\alpha_m = \frac{m\pi}{a}; \quad \alpha_n = \frac{n\pi}{b}. \quad (14)$$

Здесь m и n – целые нечётные числа; a и b – стороны пластины.

Для определения любого коэффициента a_{mn} воспользуемся известным соотношением из [1].

$$a_{mn} = \frac{4}{ab} \int_0^a \int_0^b f(x_1, x_2) \sin \alpha_m x_1 \sin \alpha_n x_2 dx_1 dx_2. \quad (15)$$

Полное выражение для ϕ , W и χ получим путём суммирования решений от отдельных членов ряда (13):

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{-\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} d_8 [d_5 - d_6 - d_7 - d_9 - d_1 d_{10} - d_4] \times}{\Delta} \times \sin \alpha_m x_1 \sin \alpha_n x_2, \\ W &= \frac{-\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} d_2 [d_5 - d_6 - d_7 + d_9 - d_1 d_9] \times}{\Delta} \times \sin \alpha_m x_1 \sin \alpha_n x_2, \\ \chi &= \frac{-\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} d_2 [d_{10} - d_4 + d_9 d_8] \sin \alpha_m x_1 \sin \alpha_n x_2}{\Delta}, \end{aligned} \quad (16)$$

где Δ – определитель, составленный из коэффициентов при неизвестных A , B , C системы уравнений (10).

В случае равномерно распределенной нагрузки $f(x_1, x_2) = q_0$. Из (15) будем иметь:

$$a_{mn} = \frac{4q_0}{ab} \int_0^a \int_0^b \sin \alpha_m x_1 \sin \alpha_n x_2 = \frac{16q_0}{\pi^2 mn}. \quad (17)$$

Подставляя (17) в (16), получим для функций усилий, прогиба и сдвига следующие выражения:

$$\begin{aligned} \phi &= -\frac{16q_0}{\pi^2 mn} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d_8 [d_5 - d_6 - d_7 - d_9 - d_1 d_{10} - d_4] S}{\Delta}, \\ W &= -\frac{16q_0}{\pi^2 mn} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d_2 [d_5 - d_6 - d_7 + d_9 - d_1 d_9] S}{\Delta}, \\ \chi &= -\frac{16q_0}{\pi^2 mn} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d_2 [d_{10} - d_4 + d_9 d_8] S}{\Delta}, \end{aligned} \quad (18)$$

где $S = \sin \alpha_m x_1 \cdot \sin \alpha_n x_2$.

Выражения для напряжений определяются из соотношений (2.5) и (2.17) из [4].

Для нагрузки равномерно распределённой по прямоугольной площадке выражения для коэффициентов ряда примут вид:

Имеем:

$$\alpha_{mn} = \frac{16P}{\pi^2 mn \lambda_1 \lambda_2} \sin \alpha_m \xi_1 \sin \alpha_n \xi_2 \times \sin \left(\alpha_m \frac{\lambda_1}{2} \right) \cdot \sin \left(\alpha_n \frac{\lambda_2}{2} \right), \quad (19)$$

где $\lambda_1 \lambda_2$ – размеры прямоугольника, на который действует нагрузка интенсивностью q_0 ;

$P = q_0 \lambda_1 \lambda_2$ – суммарная действующая нагрузка;

ξ_1, ξ_2 – координаты центра площадки.

Если положить $\lambda_1 = a$; $\lambda_2 = b$; $\xi_1 = \frac{a}{2}$; $\xi_2 = \frac{b}{2}$, то выражение (19) приводит к случаю, когда нагрузка равномерно распределена по всей поверхности пластины.

Если положим в выражении (19) $\lambda_1 \rightarrow 0$, $\lambda_2 \rightarrow 0$, то получим вариант загрузения пластины сосредоточенной силой, приложенной в точке с координатами $x_1 = \xi_1$, $x_2 = \xi_2$:

$$a_{mn} = \frac{4P}{ab} \sin \alpha_m \xi_1 \sin \alpha_n \xi_2. \quad (20)$$

В случае когда синусоидальная нагрузка действует на части поверхности пластины, ограниченной прямоугольником со сторонами λ_1 и λ_2 , центр которого задан координатами ξ_1 и ξ_2 , то после интегрирования получим выражение для a_{mn} в таком виде:

$$a_{mn} = \frac{16q_0 ab \lambda_1 \lambda_2 \sin \alpha_m \xi_1 \sin \alpha_n \xi_2 \cos \alpha_m \frac{\lambda_1}{2} \cos \alpha_n \frac{\lambda_2}{2}}{\pi^2 (m^2 \cdot \lambda_1^2 - a^2)(n^2 \lambda_2^2 - b^2)}. \quad (21)$$

Компоненты НДС пластины в заданных точках к-го слоя могут быть определены по формулам (2.5), (2.12), (2.16) и (2.17) с учётом соответствующих значений коэффициентов a_{mn} из [4].

Предлагаемая методика расчета слоистых пластин в уточненной постановке протестирована на ряд задач изгиба однородных и слоистых пластин, решения которых известны в научной литературе.

Однородная пластина

Однородную пластину можно представить слоистой, слои которой имеют одинаковые жесткостные характеристики.

Поэтому к расчету однородных пластин можно применить как аналитические методы, так и численную методику. Здесь применен аналитический метод. Была рассмотрена в плане квадратная пластина под синусоидальной нагрузкой, и полученные решения сравнены с точным решением, а также с результатами расчета по классической теории. Результаты представлены в таблице 1.

Сравнение показывает, что полученные результаты для толстой плиты с отношением $a/H = 3$ отличаются от точных по прогибам на 3,62% и по напряжениям – на 2,8%.

Была также рассмотрена задача изгиба однородной квадратной в плане пластины под действием равномерно-распределенной нагрузки. Полученные результаты сравнены с результатами

решения Галеркина Б.Г. (таблица 2). Погрешность для толстой пластины с отношением $H/a = 0,33$ по напряжениям не превышает 2%, а по прогибам – 0,5%.

Классическая же теория применима к расчету только тонких пластинок: по прогибам – при $H/a \leq 1/10$; по напряжениям – при $H/a \leq 1/6$.

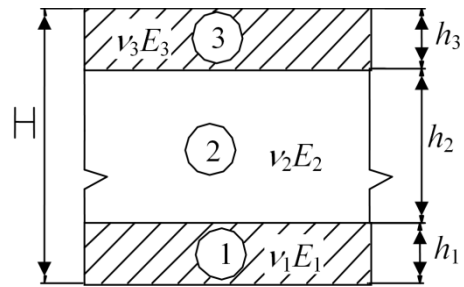
Таким образом, полученные результаты подтверждают высокую точность предлагаемой методики при расчетах однородных толстых пластин с относительной толщиной $H/a \leq 0,33$.

Изотропная трехслойная квадратная пластина симметричной структуры по толщине

Исследовались пластины, нагруженные нагрузкой, распределенной по синусоидальному закону. При расчетах использовались соотношения пункта (1) и уравнения (11), при этом варьировались следующие отношения параметров пластины:

- толщина заполнителя к толщине наружного слоя $h_2/h_1 = 1, 2, 4, 8, 16$;
- размер пластины в плане к ее общей толщине $a/H = 3, 5, 10, 15, 20, 40$;
- модуль упругости наружного слоя к модулю упругости заполнителя $E_1/E_2 = 10, 100, 1000$.

Структура пластины по толщине приведена на рисунке. Здесь следует принять $E_1 = E_3$, $\nu_1 = \nu_3 = 0,3$, $\nu_2 = 0,4$; $h_1 = h_3$.



Структура пластины по толщине

Полученные решения для частного случая при отношении $h_2/h_1 = 2$ сопоставлены с решениями Л.Э. Брюккера [3]. Это решение можно считать строгим, так как заполнитель рассматривался как трехмерное тело, а для тонких несущих слоев использовались гипотезы Кирхгофа-Лява.

Сравнение показывает, что полученные решения хорошо согласуются практически для всех рассмотренных случаев, за исключением одного (для толстой плиты при отношениях $E_1/E_2 = 1000$ и $a/H = 3$) (таблица 3). Результаты, приведенные в таблице, относятся к центру пластины.

Таблица 1 – Сравнение решений для однородной квадратной пластины под синусоидальной нагрузкой

a/H	Прогибы $\bar{W} = W_{\max} E / 10^3 q_0 H$					Напряжения $\bar{\sigma} = \sigma_{\max} / q_0$				
	Точное решение по [2]	Полученное решение по (4.8) из [4]		Техническая теория		Точное решение по [2]	Полученное решение по (4.8) из [4]		Техническая теория	
		$\bar{W}$	$\Delta\%$	W	$\Delta\%$		$\bar{\sigma}$	$\Delta\%$	σ	$\Delta\%$
20	4,54	4,58	1,11	4,894	-1,2	79,31	79,82	0,73	79,03	- 0,4
15	1,45	1,465	1,26	1,418	-2,2	44,74	44,85	0,24	44,46	- 0,6
10	0,294	0,2992	1,72	0,2803	-4,7	20,04	20,2	0,80	19,76	- 1,4
5	0,0209	0,02135	2,01	0,01752	-16,4	5,244	5,32	1,02	4,439	- 5,8
3	0,00349	0,003689	3,62	-	-	2,124	2,05	2,80	-	-

Таблица 2 – Сравнение решений для однородной квадратной пластины под равномерно-распределенной нагрузкой

a/H	Прогибы $\bar{W} = WE / 10^3 q_0 H$			Напряжения $\bar{\sigma} = \sigma / q$		
	Решение Галеркина Б.Г.	Полученное решение по (4.8) из [4]	$\Delta\%$	Решение Галеркина Б.Г.	Полученное решение по (4.8) из [4]	$\Delta\%$
0,25	0,014896	0,014879	0,28	4,629	4,698	1,2
0,33	0,00549	0,00551	0,4	2,72	2,78	1,6

Таблица 3 – Результаты расчета квадратной трехслойной пластины при $h_2/h_1 = 2$

$Lg\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$	$\frac{a}{H}$	Решение Л.Э. Брюккера [3]		Полученные решения							
		$\frac{u_3 E_1}{q_0 H}$	$\frac{\sigma_{11}}{q_0}$	с учетом сдвига и давления слоев				без учета давления слоев			
				$\frac{u_3 E_1}{q_0 H}$	$\Delta\%$	$\frac{\sigma_{11}}{q_0}$	$\Delta\%$	$\frac{u_3 E_1}{q_0 H}$	$\Delta\%$	$\frac{\sigma_{11}}{q_0}$	$\Delta\%$
1	10	425,4	23,88	425,2	0,04	23,97	0,37	428,1	0,63	24,2	1,34
	5	46,96	7,193	47,36	0,85	7,31	1,62	47,20	0,51	7,26	0,93
	4	25,47	5,197	25,31	0,94	5,28	1,59	25,20	1,06	5,26	1,212
	3	12,33	3,664	12,61	2,27	3,79	3,43	11,64	5,59	3,46	5,56
2	10	1298,0	37,78	1299,8	0,138	37,79	0,026	1294	0,30	37,66	0,317
	5	211,2	17,59	212,6	0,66	17,96	2,10	204,1	3,36	17,21	2,16
	4	115,6	14,14	117,1	1,29	14,46	1,55	107,3	7,21	13,17	6,88
	3	52,66	10,87	55,6	5,72	11,45	5,33	-	-	-	-
3	10	5235,0	99,64	5248,2	2,52	99,98	0,34	5144	1,73	97,86	1,78
	5	553,0	39,64	577,30	4,39	41,23	4,11	476,1	13,90	33,81	14,45
	4	273,9	30,4	295,3	7,81	32,28	6,22	-	-	-	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. М.: Наука, 1966. 636 с.
2. Власов Б.Ф. Об одном случае изгиба прямоугольной толстой плиты // Механика и математика; Вестн. МГУ. 1957. № 2. С. 35-44
3. Брюккер Л.Э. Некоторые варианты упрощения уравнений изгиба трехслойных пластин. В кн. Расчеты элементов авиационных конструкций. М.: Машиностроение, 1965. Вып.3. С. 74-99.
4. Касимов А.Т. Напряженно-деформированное состояние при изгибе многослойных пластин несимметричной структуры по толщине с учетом поперечного сдвига и давления слоев : Дис...канд. техн. наук / КАЗГАСА. Алматы, 2004. 23 с.

УДК 624.012

НУГУЖИНОВ Ж.С.,
БОЖЕНОВ А.Ш.

Получение аналитической зависимости секущего модуля бетона от момента, поперечного сечения и армирования

Представим выражение для секущего модуля упругости бетона в виде зависимости от модуля упругости бетона и от величины действующего момента

$$E_c \cdot k_{Ec} \cdot E_b \cdot k \cdot M = k_{Ec}(S, d, M) \cdot E_b - k(\mu, S) \cdot M \cdot 10^6, (1)$$

где $k_{Ec}(S, d, M)$ и $k(\mu, S)$ – выражения, зависящие от площади поперечного сечения, диаметра арматуры, процента армирования, требующие своего определения.

Были просчитаны железобетонные балки сечениями 15×30 и 20×30 см по деформационной модели [1] на основе криволинейной диаграммы, описываемой сложной функцией [2,3] при $\mu > 1,5$, и путем математической обработки данных [4] получены выражения для k_{Ec} , отвечающие допускаемой погрешности для напряжений в зависимости от диаметра арматуры, выраженные через внешний момент (таблица 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента k_{Ec} для сечения 15×30 см

Диаметр (мм)	Зависимость
22	$K_{Ec} = 6.061 \cdot 10^{-3} M + 0.93$
25	$K_{Ec} = 5.639 \cdot 10^{-3} M + 0.937$
28	$K_{Ec} = 7.784 \cdot 10^{-3} M + 0.891$
32	$K_{Ec} = 9.821 \cdot 10^{-3} M + 0.897$
36	$K_{Ec} = 7.443 \cdot 10^{-3} M + 0.911$
40	$K_{Ec} = 7.328 \cdot 10^{-3} M + 0.911$

Свяжем коэффициенты при моменте M с диаметром арматуры линейным законом

$$y = ax + b. (2)$$

Вносим в компьютер в качестве первого массива значения диаметров арматуры, в качестве второго массива – значения числовых коэффициентов при внешнем моменте M .

После математической обработки получим выражение для k_{Ec} в виде

$$k_{Ec}(M, d) = 1.006 \cdot 10^{-4} \cdot d + 4.277 \cdot M \cdot 10^6 + 0.903. (3)$$

Аналогичные выражения были получены для сечений 20×20 и 20×30 см. Полученные выражения можно объединить формулой вида:

$$k_{Ec}(M, d) = a_1 \cdot d + a_2 \cdot M + a_3. (4)$$

Свяжем коэффициенты a_1 , a_2 , a_3 с площадью поперечного сечения линейным законом (2). Для математической обработки следует задать: массив 1 – значения коэффициентов при d , массив 2 – значения сечений. В результате получим следующие зависимости для коэффициентов:

$$\begin{aligned} a_1 &= -6.707 \cdot 10^{-7} \cdot S + 4.024 \cdot 10^{-4}, \\ a_2 &= -2.851 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0.017, \\ a_3 &= 1.133 \cdot 10^{-4} \cdot S + 0.852. \end{aligned} (5)$$

Подставляя (5) в формулу (4), получаем выражение для коэффициента k_{Ec} :

$$k_{Ec}(S, d, M) = \left(\frac{-6.707 \cdot 10^{-7} \cdot S + 4.024 \cdot 10^{-4}}{2.851 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0.017} d - \right) \times \\ \times M \cdot 10^6 + 1.133 \cdot 10^{-4} \cdot S + 0.852. (6)$$

Для получения зависимости E_c от физических параметров, были составлены для каждого сечения и отдельно для каждого μ (принятого процента армирования) законы изменения E_c в зависимости от внешнего момента. В качестве примера приведены эти зависимости для прямоугольного сечения 20×30 см на рисунке 1, а также в таблице 2.

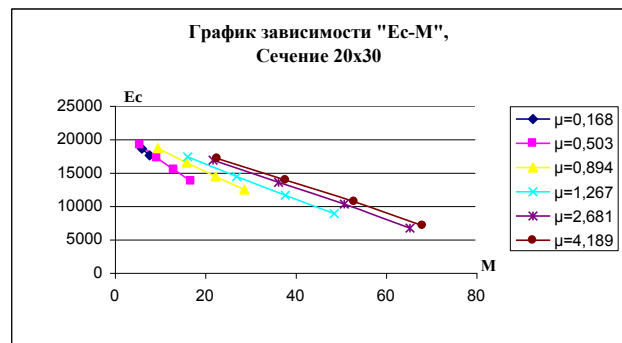


Рисунок 1 – График зависимости секущего модуля упругости бетона при сжатии от величины внешнего изгибающего момента

Таблица 2 – Зависимость модуля бетона E_c от момента, сечение 20x30 см

Процент армирования	Зависимость
0,17	$E_c = -587,209M + 2,208e4$
0,26	$E_c = -469,925M + 2,184e4$
0,38	$E_c = -411,968M + 2,188e4$
0,51	$E_c = -360,0M + 2,175e4$
0,67	$E_c = -323,511M + 2,166e4$
0,85	$E_c = -296,931M + 2,159e4$
1,05	$E_c = -276,129M + 2,151e4$
1,27	$E_c = -261,194M + 2,148e4$
1,64	$E_c = -248,918M + 2,16e4$
2,05	$E_c = -241,648M + 2,178e4$
2,68	$E_c = -232,576M + 2,194e4$
3,39	$E_c = -225,754M + 2,206e4$
4,19	$E_c = -220,608M + 2,217e4$

Графики « $E_c - M$ » на рисунке 1 свидетельствуют о том, что при увеличении внешнего момента значения секущего модуля упругости бетона на сжатие уменьшаются по линейному закону, следовательно, зависимость секущего модуля упругости от физических факторов можно представить линейной функцией:

$$E_c = a \cdot M + b. \quad (7)$$

Зависимость коэффициентов перед моментом в таблице 2 от процента армирования показана графически на рисунке 2 и может быть представлена следующим законом:

$$a(\mu) = c_1 + \frac{c_2}{\mu}. \quad (8)$$

Для получения выражения величины $k(\mu, S)$ связываем коэффициенты c_1 , c_2 и b с площадью поперечного сечения. Математическую обработку данных производим в MathCADe [4]. В итоге получаем формулу для $k(\mu, S)$:

$$k(\mu, S) = \frac{3726,192 \cdot 10^2}{S} + \frac{-148,813 \cdot S + 1,2325 \cdot 10^5}{\mu S} - 443,149. \quad (9)$$

В результате для секущих модулей упругости бетона при сжатии E_{cb} и растяжении E_{cbt} получим следующие выражения:

$$E_{cb}, E_b, k, M = k_{E_c}(S, d, M) \cdot E_b - k(\mu, S) \cdot M \cdot 10^6, \quad (10)$$

$$E_{cbt} = \frac{E_{cb} \cdot R_{bt}}{R_b},$$

где $k_{E_c}(S, d, M)$ и $k(\mu, S)$ определяются по формулам (6) и (9).

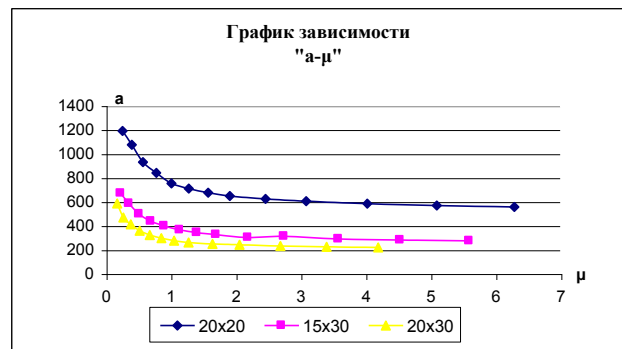


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента «а» от процента армирования

Напомним, что приведенные выражения применимы при $\mu > 1,5$. При проценте армирования $\mu \leq 1,5$ коэффициент принимается равным $k_{E_c} = 0,94$.

Итак, по формулам (10) с учетом (6) и (9) чисто аналитически определяются значения секущего модуля при использовании криволинейной диаграммы деформирования бетона при заданном значении изгибающего момента, при известных размерах поперечного сечения и заданном проценте армирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М., 2006. 52 с.
2. Нугужин Ж.С. Аналитический метод расчета с использованием нелинейной диаграммы деформирования бетона // Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (Сагиновские чтения №2). Караганда, 2010. Часть 5. С. 351-354.
3. Нугужин Ж.С. К построению диаграмм деформирования бетона с использованием показательной функции // Вестник инженерной академии Республики Казахстан № 1 (8). Алматы, 2002. С. 80-87.
4. Васильев А.Н. Mathcad 13 на примерах. СПб: БХВ-Петербург, 2006. 528 с.

Раздел 5

Автоматика. Энергетика.
Управление

УДК 621.34:62.505:669.046.4

БРЕЙДО И.В.,
ЮЩЕНКО О.А.**Математические модели электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования**

Электромеханическая система линии непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) представляет собой взаимосвязанный через полосу многодвигательный электропривод. При остановке головной части линии для замены рулона металлической полосы, во время сварки концов полосы средняя технологическая часть агрегата продолжает движение на рабочей скорости, за счет выбора полосы из вертикального петлевого устройства. После запуска головной части начинается заполнение металлической полосой петлевого устройства, при этом возникают динамические процессы, приводящие к возникновению продольных колебаний в обрабатываемой полосе. В результате, в обрабатываемой полосе возникают так называемые «складки» во время обработки в печи термохимической обработки (ТХО) под действием высокой температуры, что ведет к браку.

В основную часть агрегата – среднюю технологическую – входят механизмы, транспортирующие полосу через печь (ТХО) (рисунок 1): тянущая станция № 1, вертикальное петлевое устройство, тянущая станция № 2, ролики участка обработки печи и натяжные ролики печи. В печи ТХО полоса подвергается термохимической обработке в защитной атмосфере.



Рисунок 1 – Средняя технологическая часть ЛНГЦ

Ранее были проведены эксперименты по определению динамических свойств обрабатываемой полосы металла [1].

В электроприводах ЛНГЦ применяются асинхронные двигатели с частотным управлением. Анализ процессов в асинхронном двигателе затруднен ввиду нелинейности зависимости момента от скорости и напряжения обмотки статора. Вращающееся магнитное поле определяет необходимость выбора рациональной системы координат переменных и обуславливает сложность математической модели этой машины. Так как для управления процессом не требуется высокое быстродействие и все процессы происходят в линейной части механической характеристики асинхронного двигателя, то можно воспользоваться приближенным расчетом переходных процессов в асинхронном частотном приводе по упрощенной модели [2]. При этом необходима линеаризация зависимости момента от тока:

$$M = k_m \psi_0 I_s \quad (1)$$

при условии, что $\psi_0 = \text{const}$, $E = p_0 \omega$,

где k_m – магнитная конструктивная постоянная электродвигателя;

ψ_0 – основное потокоцепление, Вб;

I_s – ток статора, А;

E – электродвижущая сила (ЭДС) цепи ротора, В;

p_0 – число пар полюсов;

ω – угловая скорость электродвигателя, рад/с.

Электромеханическая постоянная времени T_i и коэффициент передачи k_i определяются из выражений:

$$T_i = \frac{L'_s}{R_s + k_r R_r}, \quad (2)$$

где L'_s – переходная индуктивность статора, Гн;

R_s – сопротивление обмотки статора, Ом;

k_r – коэффициент магнитной связи ротора;

R_r – сопротивление обмотки ротора, Ом.

$$k_i = \frac{1}{R_s + k_r R_r}. \quad (3)$$

Структурная схема эквивалентного асинхронного двигателя представлена на рисунке 2.

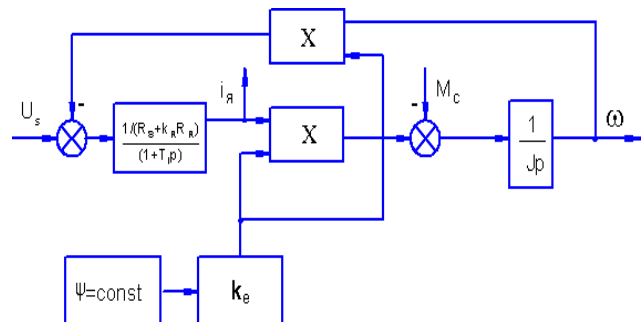


Рисунок 2 – Структурная схема эквивалентного асинхронного двигателя

Математические модели и структурные схемы электроприводов тянущих станций и роликов печи ТХО выполняются аналогично математическим моделям механизмов агрегата непрерывного отжига [3].

Моменты сопротивления роликов петлевого устройства описываются следующими уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} M_{c3} &= F_{3,4} + F_{\text{тр}} + \frac{a \cdot n_3}{60} + M_{c2} \\ M_{c3} &= -F_{3,4} + F_{\text{тр}} + \frac{a \cdot n_4}{60} + M_{c5} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где M_{c3} , M_{c4} – моменты сопротивления верхнего и нижнего роликов, Нм;

$F_{3,4}$ – усилие натяжения в полосе, Н;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения, Н;

a – коэффициент диссипации, характеризует

процесс затухания собственных колебаний в системе, Н·м·с;
 n_3 и n_4 – частота вращения верхнего и нижнего роликов, об/мин;
 M_{C2}, M_{C5} – моменты сопротивления от роликов тянущей станции № 1 и тянущей станции № 2 соответственно.

Структурная схема математической модели моментов сопротивления роликов петлевого устройства, построенная по уравнениям (4), приведена в соответствии с рисунком 3.

В соответствии с технологией, при остановке головной части агрегата для замены рулона металлической полосы, во время сварки концов полосы средняя технологическая часть агрегата продолжает движение на рабочей скорости, за счет выбора полосы из вертикального петлевого устройства. Отклоняющие ролики петлевого устройства являются холостыми, их вращение осуществляется движением металлической полосы. Движение каретки петлевого устройства осуществляется от приводного двигателя.

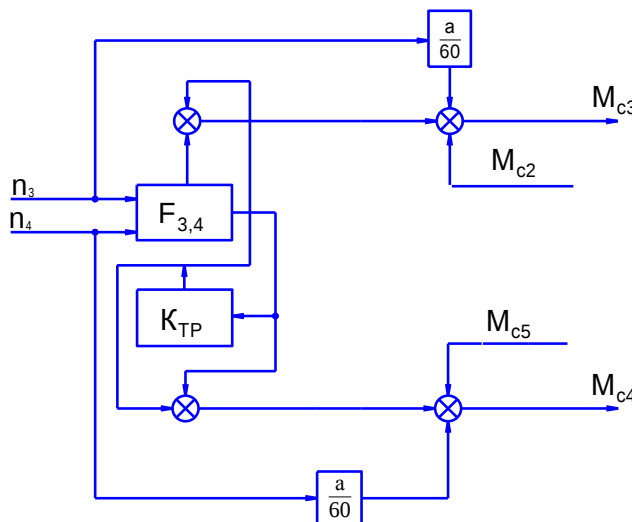


Рисунок 3 – Структурная схема математической модели моментов сопротивления роликов

петлевого устройства

Многомассовую систему роликов петлевого устройства эквивалентим в двухмассовую, с заменой параметров реального количества роликов параметрами двух эквивалентных.

Расстояние, которое проходит каретка петлевого устройства при выборе (нагоне) полосы, определяется выражением:

$$l_{\varepsilon} = \frac{1}{p} \cdot \frac{60\omega i_{\varepsilon}}{2\pi i_{\varepsilon}}, \quad (5)$$

где ω – угловая скорость двигателя каретки петлевого устройства, рад/с;
 i – передаточное число редуктора;
 r – радиус отклоняющего ролика петлевого устройства, м;
 p – оператор дифференцирования.

Структурная схема математической модели усилия натяжения в полосе в петлевом устройстве приведена на рисунке 4.

В структурной схеме используются следующие обозначения: n_k – частота вращения двигателя каретки петлевого устройства; n_3, n_4 – частоты вращения верхнего и нижнего роликов; $F_{3,4}$ – усилие натяжения в полосе; $l_{\min}$ – длина полосы между роликами петлевого устройства при максимальном выборе; $l_{\max}$ – длина полосы между роликами петлевого устройства при максимальном нагоне; l_k – величина перемещения каретки петлевого устройства при выборе (нагоне) полосы, причем $l_{\max} > l_k > l_{\min}$. Блоки $3C_1$ и $3C_2$ формируют задержку сигнала на заданное время.

Структурная схема математической модели эквивалентного электропривода петлевого устройства приведена на рисунке 5.

Модель включает модели эквивалентных роликов P_3 и P_4 и модель момента сопротивления M_C . На рисунке обозначены n_3 и n_4 – частоты вращения верхнего и нижнего роликов; $M_2 - M_5$ – моменты статического сопротивления взаимодействующих масс.

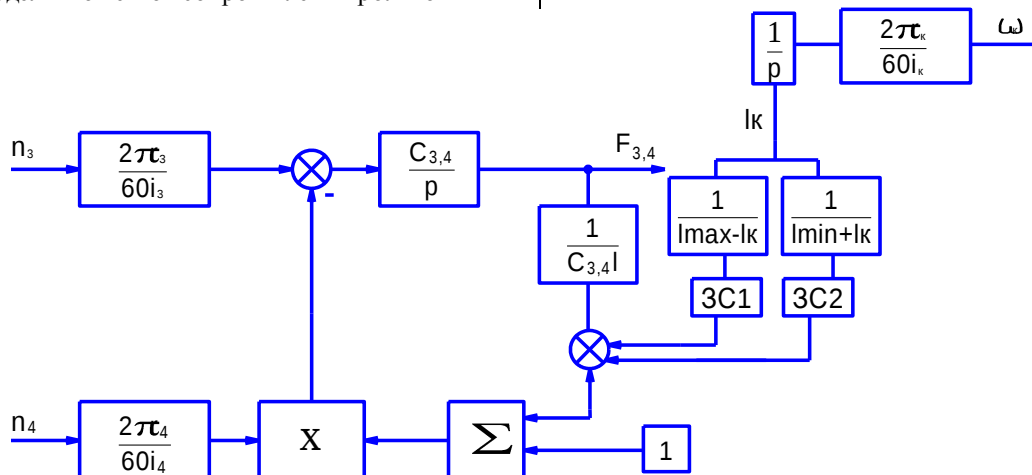


Рисунок 4 – Структурная схема математической модели усилия натяжения в полосе в петлевом устройстве

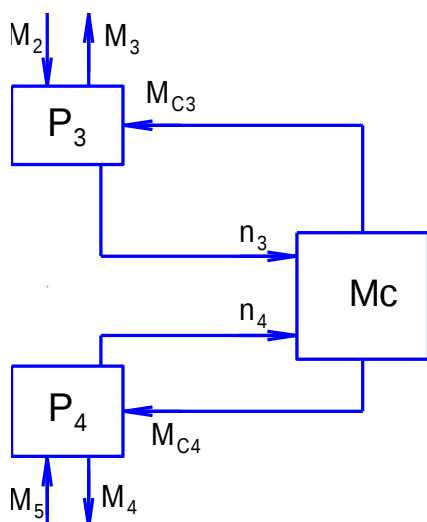


Рисунок 5 – Структурная схема математической модели эквивалентного электропривода петлевого устройства

Электроприводы ЛНГЦ связаны между собой через упругое усилие, возникающее в полосе, по каналам задающих воздействий в соответствии с рисунком 6. Сигнал задания скорости U_{3c} с задатчика скорости поступает на входы регуляторов скорости электроприводов тянущих станций №№ 1, 2 и печи ТХО.

Разработанные математические модели и структурные схемы предназначены для исследования динамических процессов, происходящих в полосе во время остановки головной части линии, с целью стабилизации натяжения.

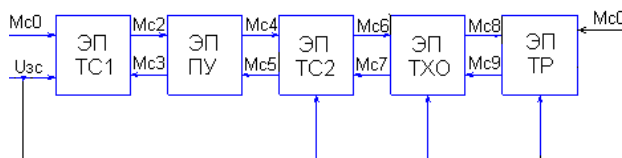


Рисунок 6 – Структурная схема математической модели взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ющенко О.А. Экспериментальные исследования натяжения в электромеханической системе печи термохимической обработки // Тр. ун-та. Вып. № 4. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. С. 77-79.
2. Алексеев В.В., Козярук А.Е., Загивный Э.А. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. горный ин-т (технический университет). СПб, 2006. 58 с.
3. Сивякова Г.А. Взаимосвязанный электропривод агрегата непрерывного отжига: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2.06.2007. Алматы: АИЭС, 2007. 24 с.

УДК 622.232.72.001.24-52

ПАРШИНА Г.И.

Автоматизированные системы расчета электроснабжения добычных участков как основа безопасности жизнедеятельности угольных шахт

Системы электроснабжения добычных участков, являющихся частью электротехнических комплексов [1, 2] угольных шахт, становятся объектом первоочередного внимания при расследовании причин катастроф и аварий, происходящих в результате как техногенных, так и человеческих факторов. Регламентирующими инструкциями [3, 4] установлен строгий порядок выполнения и утверждения документов типа «Расчет схем электроснабжения очистного забоя (лавы) XXX.XXX». Расчет проводится инженером – представителем электротехнической службы добычного участка (например, механиком участка), проверяется главным энергетиком шахты, утверждается главным инженером шахты, согласовывается с главным энергетиком головного объединения (управления). Алгоритмы расчета формализованы в справочной и методической литературе [5, 6] и проверены многолетним опытом эксплуатации на угольных шахтах России, Казахстана, Украины и других стран. Тем не менее, аварии, связанные с электротехническими комплексами добычных участков, случаются, и вполне резонно возникают вопросы:

1. Существуют ли в исходных алгоритмах расчета допуски, приводящие к возможности выбора неоднозначных решений?

2. Возможна ли установка оборудования и материалов для реализации схем электроснабжения участка из реально имеющихся запасов, но не удовлетворяющих проведенному расчету?

3. Достаточно ли квалификация и ответственность лица, проводящего расчет, и лиц, проверяющих расчет?

4. Какие существуют пути повышения качества документа «Расчет схем электроснабжения участка очистного забоя (лавы)»?

Не пытаясь дать ответы на все вопросы, предположим, что существует возможность создания автоматизированной системы расчета электроснабжения добычных участков (АСР ЭДУ) [7], в которой вероятность проведения некачественного расчета уменьшена до максимально возможного значения. Расчет должен проводиться согласно стандартным алгоритмам расчета (рисунки 1-3) на основании технических данных электроприемников, аппаратуры и коэффициентов, определяемых по [3, 4, 5] и упомянутых в таблице 1.

Общ.	Расчет электроснабжения лавы
1	Расчет и выбор трансформаторной подстанции
2	Расчет и выбор кабельной сети
3	Расчет и выбор электрической аппаратуры управления и установок защиты от короткого замыкания
4	Расчет и выбор осветительной сети

Рисунок 1 – Составляющие расчета электроснабжения лавы

Основной алгоритм расчета в общем случае имеет линейный характер [5] (рисунок 1), но входящие в него частные алгоритмы имеют циклическую и разветвленную структуры (рисунки 2, 3).

На рисунках 1-3 и в таблице 1 представлены алгоритмы расчета схем электроснабжения участка АСУ ЭДУ с учетом основного правила формализации: «Последовательность получения исходной информации». В таблице 1 определено множество исходной информации для расчета схем электроснабжения группы электроприемников добычного участка (лавы) с вероятностной оценкой достоверности каждого параметра и/или переменной по принципу оценки вероятности P_i однозначно известной величины равной $P_i = 1$. Для эмпирических коэффициентов, допусков и ограниче-

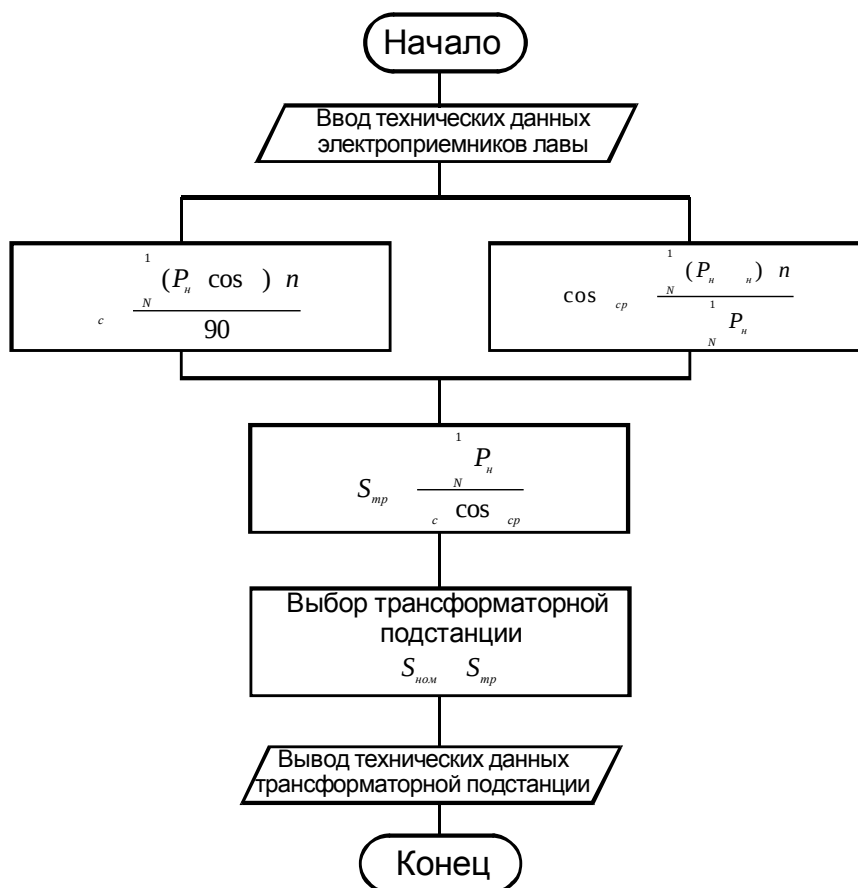


Рисунок 2 – Алгоритм расчета и выбора трансформаторной подстанции

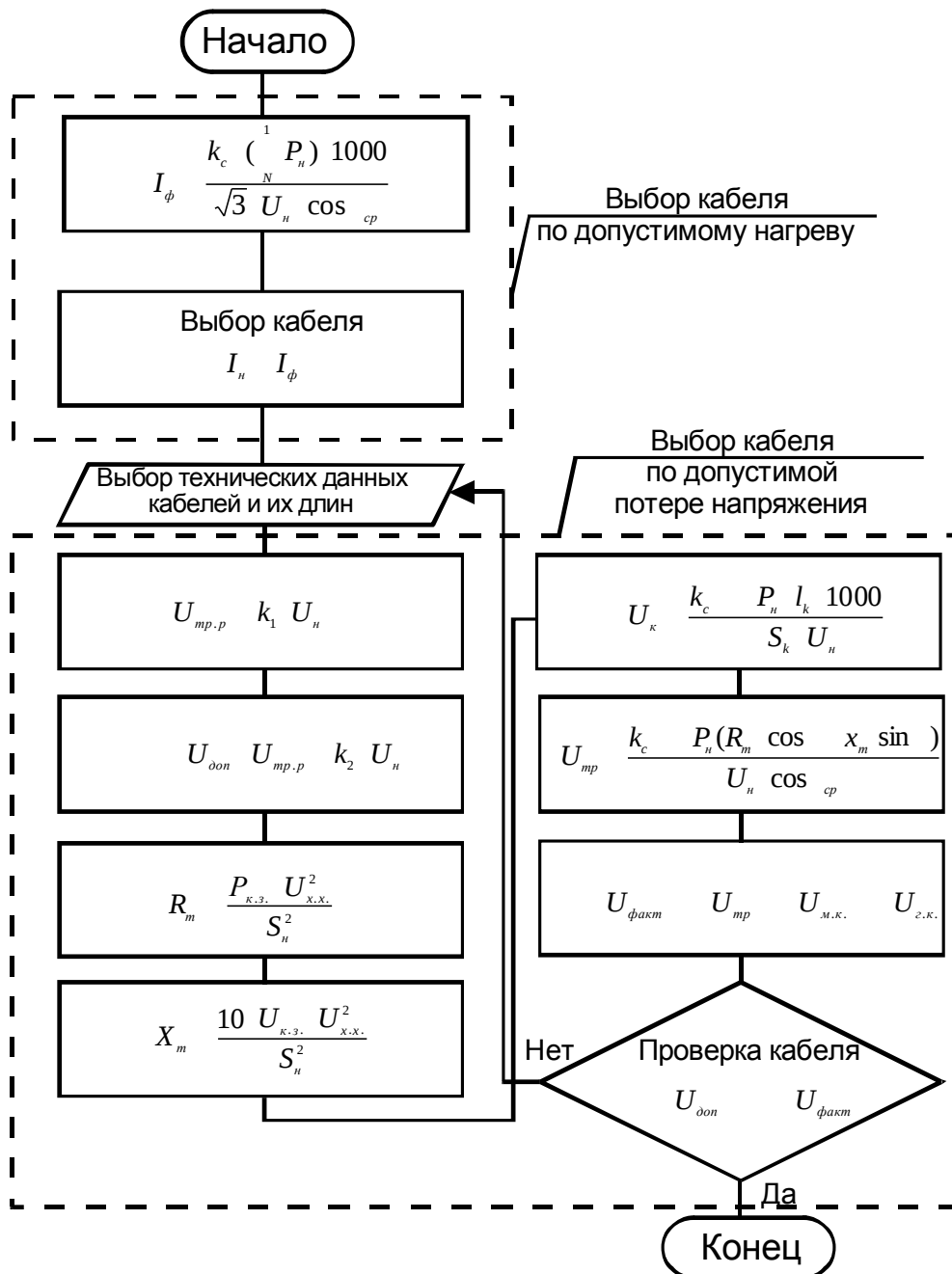


Рисунок 3 – Алгоритм расчета и выбора кабеля

ний установлены диапазоны возможных значений и их вероятностей на уровне максимально и минимально возможных значений: $X_i = \{X_{i \min}, X_{i \max}\}$ с вероятностью соответственно $P_i = \{P_{i \min}, P_{i \max}\}$. Примем гипотезу равного веса всех входящих в анализируемый алгоритм коэффициентов, переменных, ограничений и допусков. Тогда достоверность (вероятность) расчета по анализируемому алгоритму будет определяться как произведение вероятностей всех компонентов, входящих в алгоритм.

$$P_{\text{рас}} = \prod_i P_i. \quad (1)$$

При задании нескольких значений вероятностей отдельных компонентов алгоритма достоверность

проведения расчета $P_{\text{рас}}$ будет определена диапазоном возможных значений.

В таблице 2 приводятся вероятности оценки алгоритмов расчета отдельных групп токоприемников добычного участка. Эти вероятности могут рассматриваться как риски реализации схем электроснабжения отдельных групп токоприемников лавы. Очевидно, возможны и другие оценки значений $X_i = \{X_{i \min} \dots X_{i \text{cp}} \dots X_{i \max}\}$ и соответственно $P_{X_i} = \{P_{X_i \min} \dots P_{X_i \text{cp}} \dots P_{X_i \max}\}$

С учетом всех групп токоприемников, а также лиц, осуществляющих расчеты, проверку и согласование расчетного документа по формуле 1, его риски будут определяться в диапазоне

$$P_{\text{рд}} = \{P_{\text{рд min}}, \dots, P_{\text{рд max}}\} = \{0 \div 1\}. \quad (2)$$

Примечание: Вероятность компетенции физических лиц (ФЛ) принимается в диапазоне значений, определенных эвристически.
Таблица 1 – Характеристики параметров алгоритмов

i=1, n	Наименование параметров используемых в алгоритме	Ед. изм.	Обозначение	Характеристика параметра
Технические данные				
Электроприемники				
1.	Количество эл. приемников	шт.	N	справочный
2.	Количество эл. двигателей	шт.	n	справочный
3.	Мощность двигателя	кВт	P _н	справочный
4.	Номинальный ток	A	I _к	справочный
5.	Пусковой ток	A	I _п	справочный
6.	КПД нагрузки	%	η _н	справочный
7.	Коэффициент нагрузки мощности	-	Cos φ	справочный
8.	Номинальное напряжение	B	U _н	справочный
Трансформаторная подстанция				
9.	Номинальная мощность трансформаторной подстанции	кВА	S _{ном}	справочный
10.	Напряжение ВН	B	U _{ВН}	справочный
11.	Напряжение НН	B	U _{НН}	справочный
12.	Номинальный ток ВН	A	I _{ВН}	справочный
13.	Номинальный ток НН	A	I _{НН}	справочный
14.	Напряжение короткого замыкания	%	U _{к.з.}	справочный
15.	Потери холостого хода	Вт	P _{х.х.}	справочный
16.	Потери короткого замыкания	Вт	P _{к.з.}	справочный
Кабели				
17.	Сечение кабеля	мм ²	S	справочный
18.	Количество жил	шт.	n _к	справочный
19.	Длительно допустимый (по нагреву) ток кабеля	A	I _{доп}	справочный
20.	Номинальный ток	A	I _н	справочный
21.	Длина	м.	l	справочный
Расчетные данные				
Для выбора трансформаторной подстанции				
22.	Средневзвешенный КПД нагрузки	%	η _с	расчетный
23.	Средневзвешенный коэффициент нагрузки мощности	-	Cos φ _{ср}	расчетный
24.	Расчетная мощность трансформаторной подстанции	кВА	S _{тр}	расчетный
Для выбора кабеля				
25.	Ток в магистральном кабеле	A	I _ф	расчетный
26.	Номинальное напряжение трансформатора	B	U _{тр.р}	расчетный
27.	Допустимая потеря напряжения	B	ΔU _{доп}	расчетный
28.	Активное сопротивление	Ом	R _м	расчетный
29.	Индуктивное сопротивление	Ом	X _м	расчетный
30.	Допустимая потеря напряжения кабеля	B	ΔU _к	расчетный
31.	Допустимая потеря напряжения трансформатора	B	ΔU _{тр}	расчетный
32.	Фактические потери напряжения	B	ΔU _ф	расчетный
Коэффициенты				
Для выбора кабеля				
33.	Коэффициент спроса	%	k _с	0,8÷1 (эвристический)
34.	Коэффициент для расчета номинального напряжения трансформаторной подстанции	-	k ₁	1-1,05 (эвристический)
35.			k ₂	0,95-1 (эвристический)
36.	Удельная проводимость меди	$\frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$	σ	50 (справочный)

Примечание. Расчетные и справочные параметры имеют вероятность возможных значений равную 1. Эмпирические и эвристические параметры имеют вероятность в диапазоне 0÷1.

$\begin{aligned} &\text{Äëÿ ì äðàí èèà ó-àcòèà} & D_{0e1} = \{0,92 \div 1\} \\ &\text{Äëääí î ãí ýí äðääòèèà ø äòòü} & D_{0e2} = \{0,95 \div 1\} \\ &\text{Äëääí î ãí èí æáí äðà ø äòòü} & D_{0e3} = \{0,97 \div 1\} \\ &\text{Äëääí î ãí ýí äðääòèèà î áúääèí áí èÿ} & D_{0e4} = \{0,99 \div 1\} \end{aligned} \quad (3)$

Из таблицы 2 (2) следует, что существует достаточно большая вероятность принятия к технической реализации неверных расчетов схем электроснабжения добычных участков. Тогда, еще раз очевидной становится задача уменьшения этой вероятности. Автоматизированные системы расчетов электроснабжения, с функциональными возможностями описания возможных технических рисков позволяют снизить вероятность общего риска Р_{рд} до доли физических лиц (3) [8, 9].

Таблица 2 – Риски расчета схем электроснабжения

Алгоритм расчета	Детерминированные компоненты расчета	Эмпирические компоненты расчета	Эвристические компоненты расчета	Риски алгоритма		Риски алгоритма с учетом компетенции физических лиц	
				P_{min}	P_{max}	P_{min}	P_{max}
1 (рисунок 1)	$i=1...8, n=8$ $P_{i min}=P_{i max}=1$ $P_{min}=P_{max}=1$	$i=22...24, n=3$ $P_{i min}=0,97$ $P_{min}=0,97^3=0,91$ $P_{i max}=0,99$ $P_{max}=0,99^3=0,97$	-	0,91	0,97		
2 (рисунок 2)	$i=9...11, 14...16, 36, n=7$ $P_{i min}=P_{i max}=1$ $P_{min}=P_{max}=1$	$i=25...32, n=8$ $P_{i min}=0,97$ $P_{min}=0,97^8=0,78$ $P_{i max}=0,99$ $P_{max}=0,99^8=0,92$	$i=33...35, n=3$ $P_{i min}=0,93$ $P_{min}=0,93^3=0,80$ $P_{i max}=0,95$ $P_{max}=0,95^3=0,86$	0,62	0,79		
С учетом компетенции физических лиц		$P_{фл} = \prod_{i=1}^4 P_{фл i}$ $P_{фл max}=1, P_{фл min}=0,92 \cdot 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,99=0,84$		0,84	1	0,47	0,77

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейдо И.В., Сагитов Л.И., Фешин Б.Н. Классификационные признаки систем управления электротехническими комплексами и системами // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2002. №2. С. 55-57.
2. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Дистанционные системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2008. №4. С. 98-101.
3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Астана, 2000.
4. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1986.
5. Дзюбан В.С. Справочник электроэнергетика угольной шахты. М.: Недра, 1983.
6. Чумаков В.А. Руководство по ревизии, наладке и испытанию подземных электроустановок шахт. М.: Недра, 1989.
7. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Калинин А.А. Задачи разработки компьютерной системы контроля, диагностики и супервизорного управления электроснабжением угольных технологических участков угольных шахт // Тр. международной научной конференции «Наука и образование ведущих – фактор стратегии «Казахстан-2030», посвященной 100-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева (29-30 июня 1999г.). Караганда, 1999. С. 75-78.
8. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Структура экспертных систем оценки качества знаний сотрудников электротехнических служб горно-рудных предприятий // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2009. №4. С. 88-90.
9. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Критерии оценки качества знаний персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2010. №2. С. 95-100.

УДК 62-83.621.679

ДАЙЧ Л.И.,
СИЧКАРЕНКО А.В.,
ЛИСИЦЫН Д.В.

Особенности построения системы управления 4-квадрантным электроприводом постоянного тока

В современных системах управления широкое распространение получили PID-контроллеры. При синтезе систем управления двигателем постоянного тока с тиристорным преобразователем и PID-регулятором не учитываются нелинейные свойства тиристорного преобразователя и двигателя. Также не учитываются процессы перехода между двигательными и генераторными режимами. При синтезе систем управления привод анализируется отдельно в двигательных и генераторных режимах. Наличие нелинейных элементов, изменение передаточной функции объекта управления в двигательных и генераторных режимах, изменение направления тока в цепях якоря или возбуждения при переходе между режимами существенно снижает адекватность модели с PID-регулятором при решении отдельных практических задач. Проведенные исследования системы регулирования двигателем постоянного тока с независимым возбуждением и тиристорным преобразователем в ППП MATLAB и Simulink показали, что настроечные параметры PID-

регулятора, полученные в процессе синтеза системы, не обеспечивают заданного быстродействия. Оптимизация параметров регулятора средствами Simulink, входящего в ППП MATLAB, показала, что заданное быстродействие системы может быть достигнуто в рассматриваемой системе.

Применение адаптивных систем управления, изменяющих свою структуру или параметры при изменении рабочих режимов, позволяет получить высокие показатели качества переходных процессов. Но синтез таких систем, особенно с учетом нелинейных характеристик отдельных звеньев и изменений их передаточных функций, представляет определенные трудности.

Все это, с учетом изменяющихся электромагнитной и электромеханической инерционностей, делает необходимым применение «интеллектуальных» систем управления. В последнее время получили большое распространение нечеткие системы управления, позволяющие при минимальных данных об объекте регулирования и изменяющихся

параметрах системы получить приемлемый вид переходных процессов. Нечеткие системы управления занимают промежуточное положение между классическими системами и искусственными нейронными системами. Однако избыточность вариантов при построении нечетких систем и отсутствие разработанных методик построения регуляторов не позволяют широко использовать данный метод в 4-квadrантном электроприводе.

Рассмотрим особенности построения модели системы нечеткого управления с целью решения практических задач по управлению двигателем постоянного тока независимого возбуждения с тиристорным преобразователем и возможностью переходов между двигательными и генераторными режимами.

Разрабатываемая система управления 4-квadrантным электроприводом постоянного тока должна обеспечить:

- максимальное быстродействие;
- минимальное перерегулирование;
- нулевую ошибку регулирования частоты вращения;
- ограничение предельного тока двигателя;
- переход между режимами при изменении знака и величины момента на валу двигателя в пределах 4-х квадрантов.

На рисунке приведена структурная схема системы управления двигателем постоянного тока (ДПТ) с учетом всех вышеизложенных требований.

В связи с большим разнообразием параметров, учитываемых при построении нечетких регуляторов: количества входных и выходных лингвистических переменных (контролируемых и управляющих параметров), количества термов для каждой из входных и выходных лингвистических переменных, вида функций принадлежности, соотношения между функциями принадлежности в каждом конкретном случае, возможности применения различных баз правил для одного процесса, возникает необходимость формирования рекомендаций по последовательности создания нечетких регуляторов для определенных областей применения.

На первом этапе для разрабатываемой системы управления, исходя из требований к заданному

процессу, необходимо описать лингвистические переменные, которые будут использованы. Затем описать стратегию управления посредством нечетких правил, которые объединяют в единую базу правил или знаний о системе. Как правило, количество терм и соответствующих им функций принадлежности нечетное [2], [3], [4]. Минимальное количество функций принадлежности, имеющее практический интерес, – 3. Для произвольного параметра это: параметр в норме, параметр меньше нормы, параметр больше нормы. При таком количестве термов (функций принадлежности) регулирование протекает с большими колебательностью, перерегулированием и скоростью изменения управляющего воздействия. При выборе пяти функций принадлежности переходной процесс получается с меньшей колебательностью и перерегулированием. На динамику процесса регулирования существенное влияние оказывает соотношение между функциями принадлежности. Увеличение диапазона функций принадлежности от центрального терма к боковым позволяет при высоком быстродействии получить минимальные перерегулирование и колебательность, но при этом увеличивается скорость нарастания сигнала управления при больших отклонениях выходной величины от заданной. Дальнейшее увеличение количества термов в термножестве приводит к неоправданному увеличению базы правил и потере преимуществ нечетких регуляторов.

В качестве примера разработки системы нечеткого вывода для разработанной системы управления ДПТ, приведенной на рисунке, рассмотрим создание базы правил для формирования команды «R» реверс тока в цепи обмотки возбуждения.

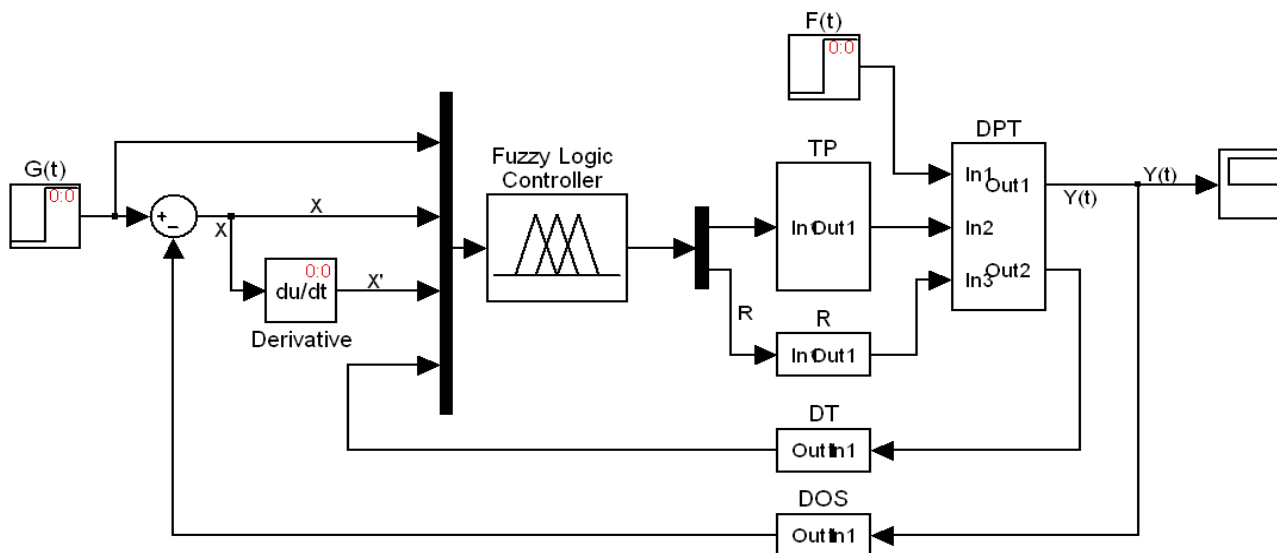
Применяемые лингвистические переменные:

- R команда на реверс тока в цепи обмотки возбуждения;

- X сигнал рассогласования;

- X' скорость изменения сигнала рассогласования.

Лингвистическая переменная R может принимать два значения: 0, если вращение осуществляется в заданном направлении, и 1, если необходимо изменить направление вращения. В связи с тем, что переменная R может занимать только 2 значения, выбираем для



Структурная схема разработанной системы управления ДПТ

терммножества одну S-образную функцию принадлежности.

Лингвистическая переменная X может иметь как положительные, так и отрицательные значения. Положительное значение сигнала X свидетельствует о соответствии направления вращения заданному. Отрицательное значение отражает несоответствие действительного направления вращения заданному. Для лингвистической переменной X выберем три функции принадлежности терммножества в связи с тем, что в зависимости от этой переменной не требуется регулирования лингвистической переменной R .

Лингвистическая переменная X' также может иметь как положительные, так и отрицательные значения. Положительное значение сигнала X' свидетельствует об увеличении сигнала рассогласования, а отрицательное об уменьшении. Для лингвистической переменной X' также выберем три функции принадлежности терммножества.

В таблице приведены возможные варианты соответствия терммножеств рассмотренных лингвистических переменных.

Анализируя условия, приведенные в таблице, сформируем базу правил, состоящую из трех правил:

1 Если X равен 0 или $\text{sign}(X)$ противоположен $\text{sign}(X')$, то ничего не происходит. Условия 1-3, 6 и 8.

2 Если $\text{sign}(X)$ меньше 0 и $\text{sign}(X')$ не положительный, то необходимо осуществить реверс. Условия 4 и 5.

3 Если $\text{sign}(X)$ больше 0 и $\text{sign}(X')$ не отрицательный, то необходимо вернуться к базовому направлению вращения. Условия 7 и 9.

Условия 1-9, приведенные в таблице 1, соответствуют возможным пересечениям терммножеств заданных лингвистических переменных. Увеличение количества термов в терммножествах приведет к увеличению количества вариантов их пересечений, что в свою очередь увеличит количество правил в базе правил. Увеличение количества правил приводит к снижению быстродействия регулятора, увеличению вероятности

возникновения ошибок при составлении базы. Также необходимо помнить об ограничении количества правил в базах микроконтроллеров, поддерживающих нечеткую логику.

По результатам выполненного анализа сформулированы следующие требования к нечеткой системе управления:

1. В качестве контролируемых параметров выбираем сигналы: управления, ошибки регулирования, скорости изменения ошибки, тока двигателя, текущего направления вращения.

2. Для сигнала управления и основного контролируемого параметра – частоты вращения – выбираем по пять функций принадлежности соответствующих терммножеств.

3. Для сигналов ошибки регулирования и скорости изменения ошибки достаточно выбрать по три функции принадлежности.

4. Для сигнала тока двигателя и сигнала текущего направления вращения выбираем по одной S-образной [3] функции принадлежности.

Следует отметить, что на динамику переходного процесса независимо от структуры нечеткого регулятора и выбранных терммножеств существенное влияние оказывает разработанная база правил.

Моделирование системы проводилось в пакете расширения Fuzzy Logic Toolbox, входящем в MATLAB.

Создание базы правил необходимо проводить последовательно, начиная с модели одноконтурной системы для сигнала частоты вращения. Затем проверяется работоспособность системы во всем диапазоне изменения задающего и возмущающего воздействий. Первичная проверка правильности созданной базы правил проводится в отладочном окне редактора FIS, входящего в пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Изменение значения входной координаты в выбранном диапазоне и анализ изменения выходной координаты позволяет оценить адекватность разработанной модели и работоспособности нечеткого регулятора. Для оценки адекватности модели применяется метод экспертных

оценок. При удовлетворительном характере переходного процесса дополняем базу правил условиями для сигнала задающего воздействия, затем для сигнала тока двигателя. Оценка адекватности модели проводится аналогично модели одноконтурной системы.

Аналогично проводим создание базы правил для следующей выходной переменной, формирующей команду на переход в генераторные режимы.

После создания базы правил для всех переменных необходимо провести итоговое моделирование системы управления в особых режимах работы 4-квadrантного электропривода и по переходным характеристикам оценить качество регулирования и соответствие работы системы заданным требованиям.

Возможные варианты соответствия лингвистических переменных при формировании команды «R» реверс

Номер условия	Лингвистические переменные		Сигнал на реверс (R) Термы для R	
	Рассогласование X	Скорость изменения рассогласования X'		
1	нулевая	нулевая	-	-
2	нулевая	отрицательная	-	-
3	нулевая	положительная	-	-
4	отрицательная	нулевая	1	-
5	отрицательная	отрицательная	1	-
6	отрицательная	положительная	-	-
7	положительная	нулевая	-	0
8	положительная	отрицательная	-	-
9	положительная	положительная	-	0

К особым режимам работы можно отнести работу системы при значениях частоты вращения 20% и 80% от номинального значения. В каждом из режимов оцениваем реакцию системы на 50% и 100% изменение момента отдельно в сторону увеличения и уменьшения. Аналогично анализируем реакцию системы на ступенчатое изменение задающего воздействия.

Таким образом, в результате проведенных исследований и выполненной работы были сделаны

выводы о недопустимости применения линейной модели 4-квadrантного привода постоянного тока для синтеза системы управления в связи со значительным расхождением заданных динамических параметров и полученных в процессе моделирования. Также был предложен структура нечеткой системы управления, методы построения базы логических правил нечеткого регулятора и разработаны рекомендации оценки работоспособности систем управления с регуляторами данного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. Учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. 200 с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ Петербург, 2005. 736 с.: ил.
3. Круглов В.В., Дли М.И. Компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. М.: Физматлит, 2002.
4. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. Киев: Радіоаматор, 2008. 972 с.

УДК 621.34.303.094.7

КАВЕРИН В.В.,
ЭМ Г.А.

Имитационное моделирование полупроводникового электропривода постоянного тока

В настоящее время в различных отраслях промышленности широкое распространение получил полупроводниковый электропривод постоянного тока (ППЭП ПТ) с двигателями средней мощности. Технологические особенности, а также нормативы безопасности, ГОСТы и др. документы для ряда машин и механизмов, оснащенных ППЭП ПТ, требуют реализации управляемых генераторных режимов работы привода. В этих условиях проектирование и надежная эксплуатация электропривода без знания его статических и динамических свойств невозможна.

Использование аналитических методов исследования характеристик ППЭП ПТ требует достаточно больших затрат времени. Современные

средства имитационного моделирования, такие как пакеты прикладных программ (ППП) *MatLab-Simulink*, *Multisim*, *ANSYS*, позволяют решать задачи подобного класса значительно быстрее.

В настоящей работе рассматривается порядок проведения имитационных экспериментов в ППП *MatLab 7.01 – Simulink 6.1* генераторных режимов работы электроприводов постоянного тока на примере двигателей независимого возбуждения серии 4ПФ в диапазоне мощности от 5,5 до 68 кВт. В качестве силового преобразователя используется в первом случае трехфазный полностью управляемый тиристорный преобразователь, а во втором случае – импульсный преобразователь повышенной частоты на силовых гибридных транзисторах (IGBT).

На рисунке 1,а представлена обобщенная структурная схема ППЭП ПТ с тиристорным преобразователем ТП, позволяющим обеспечивать работу привода как в двигательном, так и в генераторных режимах.

Здесь особенностью источника соизмеримой мощности (ИСМ) является наличие внутреннего сопротивления, величина которого соизмерима с эквивалентным сопротивлением нагрузки.

На рисунке 1,б изображена структурная схема ППЭП ПТ с широтно-импульсным преобразователем ШИП в режиме динамического торможения, которая характеризуется наличием блока ограничения напряжения БОН [1].

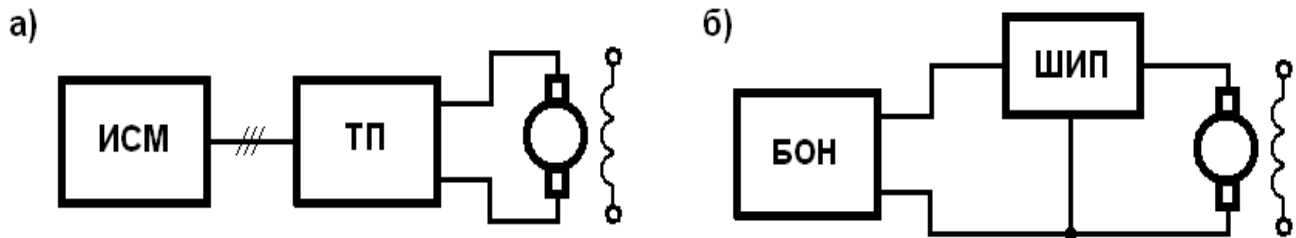


Рисунок 1 – Структурные схемы ППЭП ПТ

Одной из особенностей статических характеристик электропривода постоянного тока, работающего совместно с ТП и ШИП, является необходимость учета влияния индуктивных компонентов цепи якоря на их характер. Средства ППП *MatLab-Simulink* позволяют автоматизировать исследование статических и динамических характеристик объекта путем формирования специальных входных воздействий с одновременной табличной регистрацией анализируемых параметров и графическим представлением результатов моделирования.

Использование ЛАЧХ и ЛФЧХ при исследовании электропривода позволяет линеаризовать компоненту его неизменной части «канал управления – электромагнитный момент, скорость (ток якоря)». Однако возможности набора инструментов ППП *MatLab-Simulink* ограничены при работе с дискретными моделями [3]. В связи с этим получение ЛАЧХ и ЛФЧХ моделей электропривода, содержащих ТП и ШИП, по каналу управления представляет достаточно большую сложность.

Важнейшим этапом в подготовке имитационного эксперимента является выбор численного метода решения и его оптимальных параметров, а также установка начальных условий в соответствии с поставленной задачей.

Исследование статических характеристик реализуется путем регистрации выходного параметра в функции аргумента, линейно изменяемого от 0 до максимального значения на протяжении установленного времени моделирования с последующим анализом полученных результатов.

В этих условиях предлагается следующая методика проведения имитационного эксперимента с автоматизированным определением статических характеристик электропривода в ППП *MatLab-Simulink*.

Каждая из представленных схем как объектов исследования представляет собой совокупность преобразователя, характеризующегося дискретностью действия, и электромеханической системы, процессы в которой носят непрерывный характер [2].

Задача исследования статических характеристик ППЭП ПТ – механических, электромеханических, регулировочных, а также динамических – переходной характеристики и логарифмических (ЛАЧХ и ЛФЧХ) для схем, изображенных на рисунках 1,а и 1,б, обусловлена как необходимостью синтеза систем автоматического регулирования, так и проектирования устройств защиты и ограничения предельных параметров электропривода.

1. Выбор метода интегрирования. Для нелинейных динамических звеньев типа «силовой полупроводниковый преобразователь» рекомендуется использование метода *ode23tb* – одношаговый явный метод Рунге-Кутты 2-го и 3-го порядка [4].

2. Выбор шага интегрирования. С целью минимизации времени проведения эксперимента целесообразно применение метода интегрирования с переменным шагом. Опыт проведения имитационных экспериментов с силовыми полупроводниковыми элементами позволяет рекомендовать ограничение только максимального значения шага интегрирования, в этом случае минимальный шаг интегрирования задается автоматически.

Значение максимального шага интегрирования выбирается из следующих условий:

- шаг не должен превышать 0,1 минимальной постоянной времени исследуемой системы;

- для случая с ТП величина шага не должна превышать некоторого значения, определяемого из соотношений диапазона регулирования, частоты промышленной сети напряжения, режима работы и схемы силовой части электропривода;

- для случая с ШИП величина шага не должна превышать значения, определяемого из соотношений диапазона регулирования и частоты коммутации импульсного преобразователя.

В таблице приведены рекомендуемые значения максимального шага интегрирования для имитационного моделирования ППЭП ПТ машин и механизмов, рассмотренных в [5].

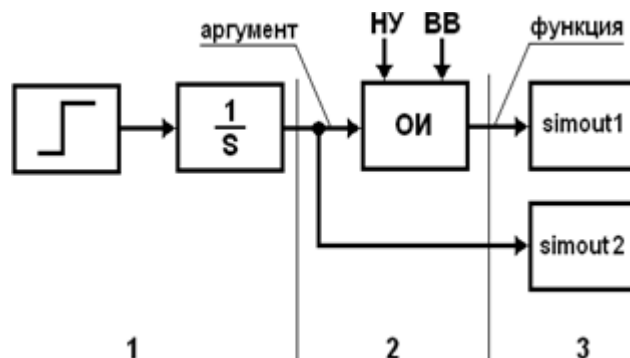
3. Обоснование допустимой погрешности измерения. Выбор абсолютной погрешности зависит от ожидаемых максимальных значений сигналов. Рекомендуемое соотношение составляет 0,01-0,001 максимального значения сигнала тока и напряжения в схеме [3].

4. Задание периода моделирования. Период моделирования задается начальным и конечным значениями времени протекания исследуемого процесса.

При снятии статических характеристик моделей, содержащих в том числе типовые динамические звенья, интенсивность изменения задающего линейно изменяемого воздействия определяется необходимостью минимизировать влияние динамических процессов, протекающих в

электромеханической части двигателя, на статические характеристики ППЭП ПТ.

На рисунке 2 представлена обобщенная функциональная схема имитационной модели ППЭП ПТ, предназначенная для исследования статических характеристик.



- 1 – формирователь задающего линейно изменяемого управляющего воздействия;
2 – ОИ – объект исследования, НУ – начальные условия, ВВ – возмущающее воздействие;
3 – регистрирующий измерительный комплекс

Рисунок 2 – Обобщенная функциональная схема имитационной модели ППЭП ПТ для исследования статических характеристик

Рекомендуемые значения максимального шага интегрирования

Тип преобразователя	Схема силовой части	Режим работы привода	Диапазон регулирования	Частота коммутации преобразователя	Рекомендуемый максимальный шаг интегрирования
ТП	Трехфазный полностью управляемый	двигательный	1:100	300 Гц	10 мкс
ШИП	Импульсный преобразователь повышенной частоты	генераторный		1 кГц	0,1 мкс

Здесь величина постоянной составляющей на входе интегратора формирователя задающего линейно изменяемого воздействия выбирается из условия достижения аргументом номинального значения в конце периода моделирования.

Рекомендуемые при этом значения периода моделирования для ППЭП ПТ средней мощности могут быть получены из соотношения:

$$T_M = 100 \cdot T_{\max \text{ ОИ}}, \quad (1)$$

где T_M – постоянная времени формирователя задающего линейно изменяемого воздействия;
 $T_{\max \text{ ОИ}}$ – максимальная постоянная времени объекта исследования.

Совокупность входных и выходных координат объекта исследования, их начальные условия и диапазоны изменения, величины управляющих и возмущающих воздействий определяются в каждом конкретном случае характером задач, решаемых в ходе имитационного моделирования.

Определение динамических свойств ППЭП ПТ возможно, в том числе, посредством оценки реакции

объекта на единичное ступенчатое воздействие. При этом последовательность действий при выборе основных параметров моделирования рекомендуется осуществлять по приведенной ранее методике для снятия статических характеристик.

Как отмечено выше, получение ЛАЧХ и ЛФЧХ моделей электропривода, содержащих силовые полупроводниковые преобразователи, по каналу управления осложнено дискретностью характеристик элементов объекта. В данной работе предлагается методика снятия ЛАЧХ и ЛФЧХ в ППП *MatLab* посредством использования управляющего сигнала силового преобразователя (содержащего как постоянную составляющую, так и сигнал синусоидальной формы), с последующей селекцией гармонической составляющей выходного сигнала с помощью избирательного фильтра. Следует отметить, что предлагаемая методика реализуема только для режима непрерывного тока в силовой цепи ППЭП ПТ.

Обобщенная функциональная схема имитационной модели ППЭП ПТ для снятия логарифмических характеристик представлена на рисунке 3.

При построении динамических моделей рассматриваемых типов электропривода с целью минимизации ошибки, обусловленной работой силового полупроводникового преобразователя, рекомендуется использовать избирательный фильтр 4-го порядка. Для уменьшения искажений, вносимых избирательным фильтром, его показатель колебательности следует принять равным 1. Коэффициент передачи всего избирательного фильтра на частоте резонанса также должен быть равен 1. Фильтр, выполненный по такой схеме, не имеет фазового запаздывания на резонансной частоте [6].

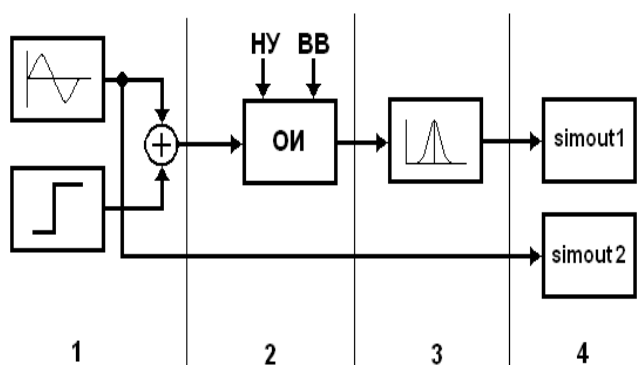
С учетом рассмотренных положений получение ЛАЧХ и ЛФЧХ рекомендуется выполнять по следующей методике.

1. Выбор метода и шага интегрирования, а также погрешности измерения осуществляется по методике, аналогичной описанной выше применительно к определению статических характеристик электропривода, включая рекомендуемые значения из таблицы.

2. Диапазон изменения частоты гармонического задающего сигнала определяется условием:

$$\frac{1}{2\pi \cdot 10T_{\max}} \leq f \leq \frac{10}{2\pi \cdot T_{\min}}, \quad (2)$$

где $T_{\min}$ и $T_{\max}$ – соответственно, минимальная и максимальная величины постоянной времени линейной части имитационной модели.



1 – формирователь задающего управляющего воздействия; 2 – ОИ – объект исследования, НУ – начальные условия, ВВ – возмущающее воздействие; 3 – избирательный фильтр; 4 – регистрирующий измерительный комплекс

Рисунок 3 – Обобщенная функциональная схема имитационной модели ППЭП ПТ для снятия логарифмических характеристик

Дополнительным ограничением максимальной величины частоты гармонического задающего сигнала является частота основной гармоники пульсаций тока в силовой части управляемого преобразователя.

3. Значения частот задающего гармонического сигнала следует выбирать с учетом нелинейности логарифмической шкалы из условия равенства линейных интервалов в пределах одной декады. При этом длина интервалов должна определяться целым числом, величина которого зависит от необходимой точности построения ЛАЧХ и ЛФЧХ.

4. Построение ЛАЧХ и ЛФЧХ рекомендуется осуществлять с использованием традиционных методов на основе зависимостей амплитудных значений и фазового сдвига, соответственно, между выходным и входным гармоническими регистрируемыми сигналами [2].

Таким образом, в работе предложены методики проведения имитационных экспериментов по определению статических и динамических свойств полупроводникового электропривода постоянного тока с двигателями средней мощности и построения ЛАЧХ и ЛФЧХ, которые могут быть использованы для исследования регулируемого электропривода как в двигательном, так и в генераторных режимах работы, а также при синтезе систем автоматического регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каверин В.В. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока в режиме динамического торможения // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2009. № 3. С.77-79.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1972. 768 с.
3. Компьютерное моделирование и идентификация электротехнических комплексов: учеб. пособие. В 3-х ч. Часть 3 / Б.Н. Фешин, Ю.Ф. Булатбаева, Г.С. Нурмаганбетова, Г.И. Паршина, Ш.З. Телбаева; Карагандинский гос. техн. ун-т. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. 63 с.
4. Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника: Лабораторные работы на ПК. – СПб: КОРОНАпринт, 2007. 256 с.
5. Каверин В.В., Эм Г.А. Генераторные режимы регулируемого электропривода горных машин // Труды XII Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (23-24 июня 2009 г.). Выпуск 2 / Министерство образования и науки РК, Карагандинский государственный технический университет. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. С.225-227.
6. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х т. Т.1. / Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 598 с.

УДК 621.313.2:621.314.58

ЭМ Г.А.

Генераторные режимы четырехквadrантного тиристорного электропривода постоянного тока

Замечательные регулировочные свойства, жесткость механических характеристик, высокая плотность энергии и экономичность машин постоянного тока с независимым возбуждением обусловили их распространение в различных отраслях промышленности. В частности, тиристорный электропривод постоянного тока (ТЭП ПТ) используется в шахтных подъемных установках, экскаваторах, крановых механизмах, угледобывающих комбайнах, буровых установках и др. В процессе эксплуатации указанных классов горных машин и механизмов востребованы как двигательный, так и генераторные режимы работы. Причем управляемые генераторные режимы технологического торможения для большинства рассматриваемых машин носят продолжительный характер.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика ТЭП ПТ независимого возбуждения рассматриваемых классов горных машин и механизмов, в которой отражены, в том числе, диапазоны скорости, используемые генераторные режимы и их продолжительность, определяемые технологическими требованиями и нормативами безопасной эксплуатации [1].

Функциональная схема ТЭП ПТ с реверсом по цепи якоря приведена на рисунке 1.

Двухкомплектный (реверсивный) тиристорный преобразователь ТП, обеспечивает работу ТЭП ПТ во всех четырех квадрантах механической характеристики как в двигательном, так и в генераторных режимах. Система автоматического регулирования САР в соответствии с заданием U_3 и

сигналами датчиков тока ВА и скорости BR вырабатывает сигнал управления U_y , подаваемый на управляющие электроды тиристоров.

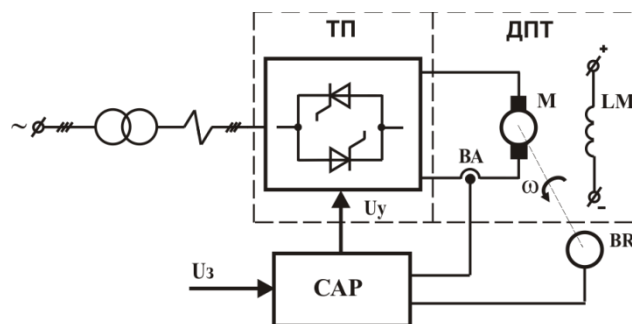


Рисунок 1 – Функциональная схема ТЭП ПТ с реверсом по цепи якоря

Двигательный режим ТЭП ПТ изучен достаточно полно. В отличие от него управляемые генераторные режимы, а также динамические свойства четырехквadrантного ТЭП ПТ при переходе из двигательного режима в генераторный и обратно в составе регулируемого четырехквadrантного электропривода исследованы в недостаточной степени [1, 2].

Как известно, в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения могут быть использованы три возможных генераторных режима: динамическое торможение, противовключение и ре-

Таблица 1 – Сравнительная характеристика ТЭП ПТ горных машин и механизмов

Область применения	Диапазон скорости	Мощность привода, кВт	Используемые генераторные режимы	Продолжительность генераторных режимов
Шахтные подъемные машины	1:100	70 – 220	противовключение, динамическое торможение	продолжительный
Буровые станки	1:10 – 1:200	10 – 100	динамическое и рекуперативное торможение	продолжительный, повторно-кратковременный
Экскаваторы	1:10	10 – 200	динамическое и рекуперативное торможение	повторно-кратковременный
Механизмы подачи очистных комбайнов	1:25	10 – 60	противовключение, динамическое и рекуперативное торможение	продолжительный, кратковременный
Крановые механизмы	1:15 – 1:30	10 – 200	противовключение, динамическое торможение	повторно-кратковременный

рекуперативный режим (с отдачей энергии в сеть). Из них в настоящее время, несмотря на значительные потери энергии в токоограничивающих резисторах, наиболее широко применяется динамическое торможение. Системы динамического торможения обеспечивают эффективное торможение со скорости, близкой к номинальной, в то же время в электроприводах грузоподъемных машин и механизмов, где требуемый диапазон регулирования скорости изменяется от 1:15 до 1:100 [3-5], этот способ в нижней части диапазона малоэффективен. Организация динамического торможения требует также значительных затрат, связанных с дополнительными схмотехническими решениями в силовой части электропривода и системе управления.

Кроме того, для электропривода средней и большой мощности, характерного для грузоподъемных машин, большие габариты токоограничивающих реостатов и теплотехнические требования к их установке вынуждают занимать значительные площади. Указанные недостатки приводят к снижению надежности и рентабельности электропривода.

Следует отметить, что для ряда горных машин и механизмов, таких как напочвенные канатные дороги, лебедки буровых станков и др., требуется управление параметрами электропривода в двигательном и генераторных режимах работы при знакопеременном моменте сил сопротивления. Обеспечение приемлемой точности стабилизации скорости и удовлетворительных динамических характеристик

электропривода в этих условиях при использовании систем динамического торможения весьма проблематично. Более эффективным является генераторное торможение с рекуперацией энергии в сеть.

Однако практическое использование рекуперативного режима наталкивается на ряд технических трудностей. Так, к нерешенным вопросам применения рекуперативного торможения, в том числе, относится определение реального диапазона существования этого режима по скорости. Суть проблемы заключается в том, что в связи с односторонней проводимостью вентиля и импульсной формой напряжения на выходе управляемого выпрямителя режим рекуперативного торможения может быть реализован только тогда, когда амплитудное значение ЭДС двигателя превышает амплитудное значение ЭДС источника электроэнергии по модулю. Между тем, при анализе режима рекуперативного торможения в тиристорных электроприводах, как правило, рассматривается не амплитудное, а действующее или среднее значение ЭДС источника. Следовательно, режим рекуперативного торможения может быть реализован в более узком диапазоне изменения параметров электропривода, чем это предполагалось до сих пор классической теорией.

При малых значениях частоты вращения двигателя в рекуперативном режиме работы амплитудное значение ЭДС якоря значительно меньше амплитудного значения ЭДС источника энергии. В этом случае практически невозможно развить тормозной момент достаточной величины. Иными словами, в приводе, где реализована большая глубина регулирования по скорости, не представляется возможным осуществление максимального тормозного момента при малых значениях угловой скорости, поскольку внутреннее сопротивление двигателя и источника питания не позволяет обеспечить ток в цепи якоря, необходимый для развития максимального значения момента [2].

С другой стороны, наиболее эффективным способом поддержания скорости, близкой к ползучей, в генераторных режимах является использование торможения противовключением. В режиме противовключения при малых значениях ЭДС тиристорного преобразователя можно получить непрерывный ток за счет ЭДС двигателя и развить тормозной момент, достаточный для поддержания стабильной скорости.

В то же время технологическими условиями работы рассмотренных машин и механизмов востребован реверс, также осуществляемый в режиме противовключения [3-5].

Таким образом, для реализации четырехквadrантного ТЭП ПТ представляется целесообразным совместное использование генераторных режимов торможения противовключением и с рекуперацией энергии в сеть.

В связи с тем, что подавляющее большинство серийно выпускаемых комплектных ТЭП ПТ не предполагает наличия токоограничивающих

резисторов в цепи якоря, в работе проводился анализ генераторных режимов и их характеристик без токоограничивающего сопротивления.

С целью исследования особенностей указанных генераторных режимов, определения рабочих областей их применения и обнаружения оптимальных границ перехода из одного режима в другой в программной среде *MatLab 7.01 – Simulink 6.1* была разработана имитационная модель, представленная на рисунке 2.

Имитационная модель здесь разделена на следующие сегменты:

1 – трехфазный источник переменного напряжения, позволяющий учитывать как реактивные, так и активные составляющие его компонентов;

2 – субблок трехфазного двухкомплектного реверсивного полностью управляемого тиристорного преобразователя с блоком задания угла управления тиристоров;

3 – блок, моделирующий электрическую часть (сопротивление и индуктивность якорной цепи) машины постоянного тока;

4 – датчики тока и напряжения;

5 – субблок, моделирующий электромеханическую часть машины постоянного тока, с блоком задания активного раскручивающего момента;

6 – виртуальный измерительный комплекс для осциллографирования и дальнейшей обработки измеряемых сигналов с целью получения механических характеристик.

Фрагмент имитационной модели, формирующий электромеханическую часть машины постоянного тока, описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} M_{\text{дв}} = k\Phi \cdot i_{\text{я}}, \\ \dot{i}_{\text{я}} = i_{\text{д}} - M_{\text{дв}}, \\ \omega = \frac{1}{J} \int \dot{i}_{\text{я}} - M_{\text{дв}} dt, \\ E_{\text{я}} = k\Phi \cdot \omega, \end{cases} \quad (1)$$

где $M_{\text{дв}}$ – электромагнитный момент, развиваемый двигателем;

$M_{\text{р}}$ – раскручивающий момент, приведенный к валу электродвигателя;

$M_{\text{я}} = J \frac{d\omega}{dt}$ – момент динамический;

$E_{\text{я}}, i_{\text{я}}$ – соответственно ЭДС и ток якоря.

В имитационной модели были реализованы генераторные режимы, обусловленные наличием положительного раскручивающего момента, характерного для грузоподъемных установок, и отрицательного тормозного момента электрической машины [6]. Формирование активного раскручивающего момента, изменяющегося по линейному закону в функции времени в диапазоне от 0 до $M_{\text{н}}$, обеспечивает субблок *Subsystem2*. При этом интенсивность изменения раскручивающего момента, так же как и угла управления тиристоров α и произведения $k\Phi$, определялась из условия необходимости минимизировать влияние динамических процессов, протекающих в

электромеханической части двигателя, на статические характеристики электропривода.

Имитационное моделирование проводилось на примере получивших распространение, в том числе в горной промышленности, двигателей постоянного тока с независимым возбуждением серии 4ПФ сред-

ней мощности, характеристики которых приведены в таблице 2.

В результате экспериментов, проведенных в рекуперативном режиме, были получены три семейства механических характеристик для двигателей 4ПФ132L, 4ПФ160L и 4ПФ180L при изменении угла управления тиристоров инверторной группы от 90° до 140° . В процессе моделирования раскручивающий момент изменялся в диапазоне от 0 до номинального значения M_H , соответствующего каждому типу электрической машины.

В ходе имитационных экспериментов также были получены три семейства механических характеристик ТЭП ПТ в режиме противовключения при отсутствии токоограничивающих резисторов в якорной цепи для второго квадранта механических характеристик. В этом случае угол управления тиристоров изменялся в диапазоне $90^\circ - 120^\circ$.

На рисунке 3 механические характеристики, соответствующие режиму противовключения, с целью выявления рабочих областей совместного использования рассматриваемых генераторных режимов совмещены с полученными ранее характеристиками рекуперативного режима.

На рисунке зона прерывистых токов рекуперативного режима находится в заштрихованных областях,

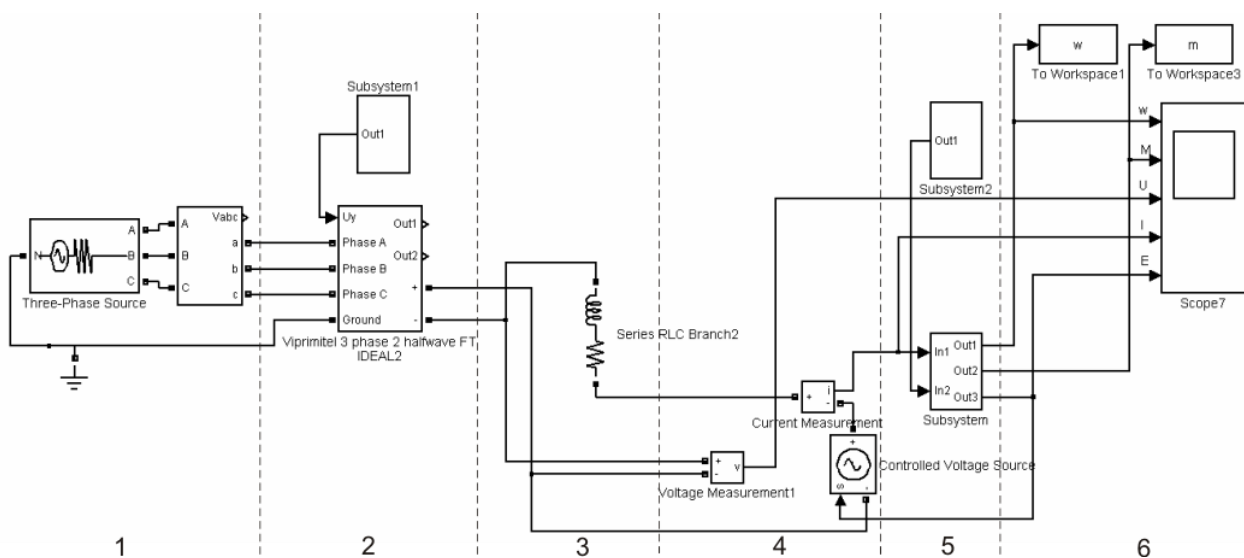


Рисунок 2 – Имитационная модель для исследования генераторных режимов ТЭП ПТ

Таблица 2 – Характеристики двигателей постоянного тока серии 4ПФ

Тип двигателя	4ПФ132L	4ПФ160L	4ПФ180L
Номинальное напряжение U_H , В	440	440	440
Номинальный ток якоря I_H , А	59,59	116,5	176
Номинальная мощность P_H , кВт	22	45	68
Электромеханическая постоянная двигателя T_M , сек	0,156857	0,164327	0,286001
Суммарное активное сопротивление цепи якоря R_{Σ} , Ом	0,623	0,2361	0,1741
Суммарное индуктивное сопротивление цепи якоря L_{Σ} , Гн	0,019483	0,023761	0,026834
Механическая постоянная двигателя T_d , сек	0,031274	0,10064	0,154132
Номинальная угловая скорость ω_H , рад/с	157	157	157
Номинальный момент M_H , Н·м	140,127	286,624	433,121
Произведение $k\Phi_H$, Вб	2,62735	2,56606	2,607378

Тип двигателя	4ПФ132L	4ПФ160L	4ПФ180L
Момент инерции ротора J , кг·м ²	0,140	0,300	0,789

ограниченных пунктирной линией. Внешний вид полученных характеристик позволяет сделать вывод о значительной деформации механических характеристик в зоне прерывистых токов.

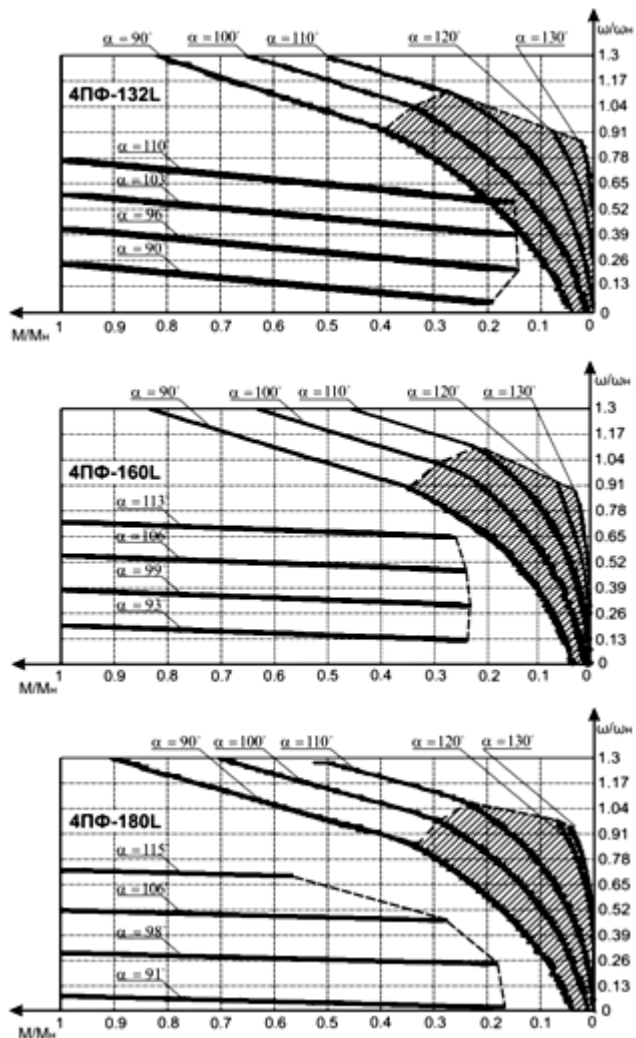


Рисунок 3 – Результаты имитационных экспериментов

Анализ результатов имитационных экспериментов для рассмотренных типов двигателей при совмещении двух генераторных режимов показал следующее:

1) жесткость механических характеристик во всем диапазоне скоростей в режиме противовключения значительно выше, чем в рекуперативном режиме, что необходимо учитывать при построении систем автоматического регулирования ТЭП ПТ для совместного использования режимов рекуперации и противовключения;

2) с увеличением мощности электропривода наблюдается повышение жесткости характеристик, характерное для обоих генераторных режимов, что объясняется уменьшением падения напряжения при увеличении сопротивления якорной цепи;

3) рабочий диапазон угла управления тиристорами составляет в рекуперативном режиме $\alpha=90^\circ \dots 130^\circ$, а для режима противовключения $90^\circ \dots 115^\circ$;

4) во всем диапазоне рассматриваемых мощностей электродвигателей обнаруживается зона неприменимости как рекуперативного, так и режима противовключения, ограниченная снизу максимальным углом управления тиристорами выпрямителя 120° для режима противовключения и сверху минимальным углом управления инвертора для рекуперативного режима – 90° ;

5) режим непрерывного тока при рекуперативном торможении осуществим практически лишь для углов управления от 90° до 110° ;

6) в рекуперативном режиме величина зоны прерывистых токов сопоставима с величиной области непрерывного тока;

7) зона прерывистых токов в рекуперативном режиме в основном приходится на диапазон скорости вниз от номинальной.

Таким образом, рабочая область рекуперативного режима ограничена вниз от номинальной скорости углом управления тиристорами 90° . Как отмечалось выше, сужение диапазона рекуперации объясняется импульсным характером работы и односторонней проводимостью вентиля тиристорного преобразователя: поскольку режим рекуперативного торможения может быть реализован только тогда, когда амплитудное значение ЭДС двигателя превышает мгновенное значение ЭДС источника энергии, это приводит к значительному уменьшению области реализации рекуперативного режима.

Ограничение рабочей области режима противовключения при малых значениях развиваемого момента, очевидно, объясняется следующим: с увеличением скорости растет значение ЭДС двигателя, в то же время напряжение на якоре носит отрицательный характер, что в свою очередь приводит к уменьшению величины тормозного момента, развиваемого двигателем. В связи с этим при небольших нагрузках из-за недостаточности момента возникает неустойчивый режим и в конечном итоге образуется зона неприменимости противовключения, характеризующаяся неустойчивой работой электропривода.

В этих условиях одним из технических решений для расширения рабочей области противовключения с целью ликвидации обнаруженной зоны неприменимости рассматриваемых генераторных режимов является использование реверса по цепи обмотки возбуждения. Исследования [7] показали, что при соответствующей модернизации схемы реверса быстроедействие системы можно существенно повысить. В этом случае такой способ реверсирования становится весьма перспективным, в том числе для электропривода машин и механизмов с ограниченными габаритами, где размещение двухкомплектных тиристорных преобразователей в цепи якоря нежелательно.

Выводы

Таким образом, в результате теоретических исследований и имитационного моделирования генераторных режимов работы ТЭП ПТ для рассмотренных типов двигателей в условиях отсутствия токоограничивающих резисторов в цепи якоря:

- установлено, что для реализации управления скоростью в диапазоне, соответствующем анализируемым классам горных машин и механизмов, необходимо совместное использование рекуперативного режима и режима противовключения;

- определены рабочие области рекуперативного режима и режима противовключения;

- обнаружено, что режим рекуперативного торможения реализуется в значительно более узком диапазоне изменения параметров электропривода, чем это следует из классической теории;

- жесткость механических характеристик во всем диапазоне скоростей в режиме противовключения значительно выше, чем в рекуперативном режиме, причем с увеличением мощности электропривода наблюдается повышение жесткости, характерное как для рекуперативного режима, так и для режима противовключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эм Г.А. К вопросу о выборе генераторных режимов работы четырехквadrантного тиристорного электропривода постоянного тока // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2005. № 4. С. 63-65.
2. Брейдо И.В., Эм Г.А. Особенности генераторных режимов работы четырехквadrантного тиристорного электропривода постоянного тока // Труды 4-й Международной науч.-техн. конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» (23-24 сентября 2004 г., г. Алматы). Алматы: АИЭС, 2004. С. 291-293.
3. Католиков В.Е., Динкель А.Д., Седунин А.М. Тиристорный электропривод с реверсом возбуждения двигателя рудничного подъема. М.: Недра, 1990. 382 с.
4. Юре А.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1988. 344 с.
5. Парфенов Б.М., Кожиков О.И., Шиланков В.А. Электропривод буровых установок // Привод и управление. 2001. № 5. С. 8-15.
6. Каверин В.В., Эм Г.А. Генераторные режимы регулируемого электропривода горных машин // Труды XII Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (23-24 июня 2009 г.). Выпуск 2 / Министерство образования и науки РК, Карагандинский государственный технический университет. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. С. 225-227.
7. Брейдо И.В. Влияние реальных условий эксплуатации на структуру и параметры управляемых электроприводов нестационарных горных машин // Изв. ВУЗов. Горный журнал. 1993. № 8. С. 116-119.

ӘОЖ 621.31:004.4

АЙКЕЕВА А.А.

Электрэнергетика жүйелерін компьютерлік жобалаудың тәсілдері

Кәсіпорындардың ЭЖЖ жобалау міндеттері электр жүктемелерін дұрыс анықтау болып табылады. Электр жүктемелерінің маңызы бойынша жүйенің электр жабдықтарын таңдайды және тексереді, қуат пен электр энергиясының шығындарын анықтайды.

Тұтынылатын электр энергиясы өсуінің ұлғаюы өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау жүйелерін күрделілендіруге әкеліп соғады. Мұндай есептеулерді қолмен есептеуді жүргізу үлкен күрделілікті білдіреді, сондықтан электрмен жабдықтаудың нақты жүйесін есептеуді жылдамдату және ықшамдау үшін SR-0.1.0 программалық пакеті әзірленді.

Қазіргі уақытта энергия-техникалық жүйелерді және электр-жылумен жабдықтау жүйелерін жобалаушының еңбегін сол немесе өзге дәрежеде жеңілдету үшін тағайындалған, пакеттердің елеулі саны бар.

Мысал ретінде INPOSOFТ v 2.0 программасын қарастырамыз. Бұл электр тораптарын есептеу үшін жеткілікті қуатты пакет. Оның негізінде жүйені есептеу және негізгі электр жабдықтарын таңдау жүргізілетін, пайдалану коэффициентінің әдісі жатыр. Берілген жүйенің негізгі кемшілігі электр қабылдағыштар-

ды есептеудің 1000В дейінгі кернеуге ғана жүргізілетіні болып табылады.

Тағы бір мысал ретінде, Электриктің Project Studio-сын қарастырайық, ол құрылыс объектілерін энергиямен жабдықтау жүйесін (ЭЖЖ) жобалауды автоматтандыру үшін тағайындалған және AutoCAD 2002/2004/2005/LT, Autodesk Building System 2004 немесе Autodesk Architectural Desktop 3.3/2004 ортасында жұмыс істейтін, ARX-қосымшаны білдіреді. Бұл программалық орталарда, сондай-ақ ArchiCAD және Project Studio-да, ең алдымен, Электриктің Project Studio-сы торабының тікелей объектінің қосымша негізі бар жоспарламаларында салынуын қамтамасыз етеді, бұл әрі қарай есептеулер үшін тораптың қосымша моделін салу қажеттілігінен құтқарады. Бұдан басқа, AutoCAD ортасына шоғырланған «Элемент – коннектор» технологиясын пайдалану мүмкіндігі, кез келген күрделілікті электр тораптарын жылдам, ыңғайлы және көрнекті салуды орындауға мүмкіндік береді.

Берілген қосымшаның кемшіліктері мыналар болып табылады:

1) қосымшаның тек жоғарыда көрсетілген орталарда ғана жұмыс істеуі;

2) қосымшамен жұмыс істеуге оқытуға уақыттың

көп жұмсалуды;

3) берілген қосымшаны сатып алудың қымбаттығы.

SR-0.1.0 пакетінің басқа ұқсас программалардан ерекшелігі қосалқы станциялар мен тұтынушылардың орналасқан жеріне, яғни олардың қайда, үстіңгі бетті немесе жер асты қазбаларында болатынына байланысты негізгі электр жабдықтарын таңдаудың универсалдылығы болып табылады.

Графикалық интерфейсті қолдану арқылы программалау ортасының негізінде меншікті программалық пакетті әзірлеу деректермен аса икемді операциялар жасауға және соңғы пайдаланушы үшін программамен жұмыс істеуді ықшамдауға мүмкіндік береді.

Жүйенің математикалық негізі ретінде ЭЖЖ параметрлерін есептеу және таңдаудың типтік әдістемесі қабылданған.

Программада ЭЖЖ есептеу электр жүктемелерін анықтаудың бірнеше әдістерімен көзделген:

- 1) сұраныс коэффициенті;
- 2) жүктемелерді есептеудің статикалық әдісі;
- 3) өндірістік аудан бірлігіне меншікті жүктеме.

Әзірлеменің мақсаты электрмен жабдықтау жүйелерін және олардың элементтерін жобалаумен байланысты есептеулерді автоматтандыру тәсілдерін табу болды.

XX ғасырдың 30-50 жылдарында әзірленген, есептеудің дәстүрлі әдістемесі, қалай болғанда да, егер есептеушінің жеткілікті тәжірибесі болмаса, жобалық кателер мен долбарлы қате есептеулерді толық шамада болдырмауға мүмкіндік бермейді. Бұдан басқа, электрмен жабдықтаудың балама сұлбаларын табу да қиынға соғады. Осының барлығы SR-0.1.0 программалық пакетін жасаудың бастамасы болды.

SR-0.1.0 программасы электр-энергетикалық жүйелерді есептеушінің еңбегін жеңілдету мақсатымен құрылған. Программаға салынған есептеу әдістері таза практикалық әдістер болып табылады. Программаның өзі – бұл есептеудің аса жиі кездесетін облыстарының жинағы және ЭЖЖ жобалау кезінде есептеушімен бірінші орынға қойылмау керек, ал тек қосымша құрал қызметін атқару керек.

Берілген пакеттің ерекшеліктері келесі болып табылады:

- қоректендіру көзін, тұтынушыларды және олардың арасындағы электрлік байланыстарды анықтау арқылы, электрмен жабдықтаудың әр түрлі сұлбаларын таңдау мүмкіндігі;
- қосалқы станция типін таңдау кезінде трансформаторды әрі қарай таңдау үшін, жоғары және төмен жақта кернеулерді беру жүзеге асырылады;
- тұтынушылардың алдын ала берілген негізгі параметрлері бар деректер базасынан таңдау мүмкіндігі, сондай-ақ оларды қолмен беру мүмкіндігі;
- электр жүктемелерін әр түрлі әдістермен есептеу;
- қарымталағыш қондырғыны есептеу және таңдау;
- қосалқы станциялардың әр түрлі типтері үшін күштік трансформаторларды таңдау;
- жарықтандырушы трансформаторларды таңдау;

– кернеу түсуін анықтау және кабельдерді таңдау үшін, қосалқы станциялар, тарату пункттері және тұтынушылар арасындағы арақашықтықтарды көрсету.

SR-0.1.0 программалық пакеті бір орындалатын файлға толықтырылған, 4 программалық модульден тұрады:

а) Tdm_main: Деректер модулі – база файлдарына анықтамалық деректерді және жобаның деректер базасын қосуға арналған компоненттері бар. Сондай-ақ деректер базаларының кестелерімен жұмыс істеуге арналған компоненттер және қосымша қосалқы программалар;

б) Tfrm_calc: Есептеу нысанының модулі – онда есептеу барысы туралы ақпараттық терезені құруға арналған класс бар;

в) Tfrm_data_add: Деректерді қосу нысанының модулі – онда терезені құруға арналған класс бар, онда пайдаланушы қосылатын қосалқы станцияның, не болмаса тарату пунктін типін көрсете алады;

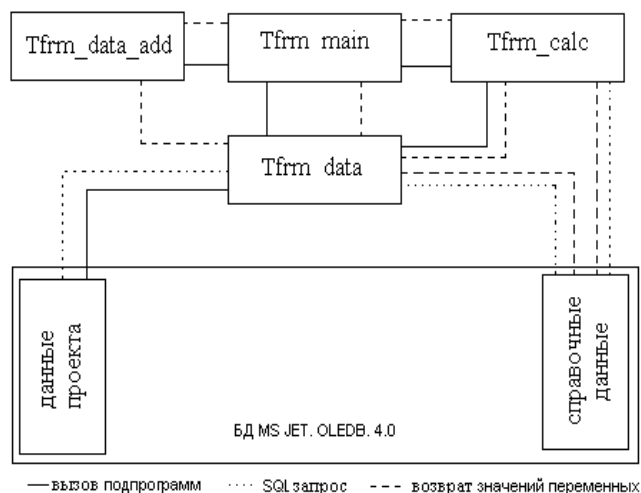
г) Tfrm_main: Программаның басты нысанының модулі – онда:

- программаның бас терезесін құруға арналған класс;
- бас меню кластары;
- деректер базалары кестелерінің өрістеріндегі мәндерді редакциялау үшін көрсетілетін компоненттер кластары;
- қосу сұлбаларын құрылымдық көрсетуге арналған компонент;
- онда деректерді қосуға және жоюға арналған пункттері бар, қозғалатын меню компоненті;
- сондай-ақ жоғарыда көрсетілген компоненттерге қызмет көрсетуге және есептеуге арналған барлық басты қосалқы программалар бар.

Деректер базасы орындалатын файл папкасының db қосалқы каталогында болатын, деректер базаларының екі файлынан тұрады:

- raschet.mdb – анықтамалық деректер базасы (трансформаторлар, кабельдер және т.б. типті кесте);
- new_data.mdb – жаңа жобаны жасауға арналған шаблон, онда жоба деректерін сақтау үшін қажетті өрістері бар, бос кестелер бар.

Программалық модульдардың өзара әрекеттесу құрылымы суретте көрсетілген.



Объектілік-бағдарланған амалды пайдалану арқылы қолданбалы программалық қамтамасыз етуді әзірлеу және C++ Builder стандарттық қойылымында болатын, небары стандарттық кластар мен компоненттерді жинау принципі әзірлеуді едәуір жеңілдетуі және жылдамдатуы мүмкін. C++ Builder стандарттық қойылымында компоненттердің көп санының бар болуы, ортаны басқалардан C++ (мысалы, MS Visual C++) тілінің базасында ұтымды ажыратады [1]. Ал программалау тілін таңдау C++ тілі конструкцияларының қысқа айтылушылығы және айқындылығы сияқты даусыз артықшылықтармен қамтамасыз етіледі. Сондай-ақ олардың аналогтарын Delphi әзірлемесінің ұқсас ортасында байқау мүмкін болмайтын, бірақ Object Pascal тілінің өте үлкен конструкцияларын пайдаланатын, деректер массивтерімен аса ыңғайлы операциялар жасауға мүмкіндік беретін, мысалы, `std::map` және `std::vector` сияқты, шаблондық кластардың бар болуымен қамтамасыз етіледі.

SR-0.1.0 құрамына MS JET.OLEDB.4.0 стандартының деректер базалары кіреді, олармен MS Access

жұмыс істейді. Олар жабдықтардың негізгі параметрлерінен, сондай-ақ аралық есептеулер жүргізу үшін қажетті, әр түрлі мәндері бар кестелерден тұрады. ДБ-ға трансформаторлардың жүзден аса атауы кіреді және оларды программаны пайдаланушыларға қосу мүмкіндігі болады.

Көрсетілген программалау ортасының және SR-0.1.0 деректер базалары стандартының көмегімен MS Office программалық пакеті орнатылған Windows 2000/XP/98SE ОЖ бар ДК-да 2000 немесе одан жоғары нұсқаларды (не болмаса MS JET.OLEDB.4.0 орнатылған драйвері бар кез келген басқаны) пайдалануға болады. Программалық пакеттің аппараттық қамтамасыз етуге қоятын талаптары жоғарыда көрсетілген программалардың аппараттық талаптарынан жоғары болмайды.

Берілген пакет кәсіпорынның электр жүктемелерін жеткілікті түрде жылдам есептеуге және негізгі электр жабдықтарын таңдауды жүргізуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы на C++. М.: Изд-во «ДиаСофт», 2002. 687с.

УДК 622.7

ТОКБУЛАТОВ Т.Е.

Флотация молибденовой руды Саякского месторождения

Комплексное и эффективное использование полезных ископаемых является одним из условий создания высокоразвитой и передовой промышленности. В решении этих задач существенное значение имеет развитие флотации. Флотация представляет собой физический процесс, основанный на совокупности химических и физико-химических субпроцессов в объеме пульпы и на поверхности раздела фаз твердое-жидкость и жидкое-газ в условиях сложной термодинамики и аэрогидродинамики среды. Осуществление флотации возможно главным образом на основе использования все более широкого круга реагентов, в том числе реагентов-регуляторов. Реагенты – регуляторы (или модификаторы) – один из основных классов реагентов, увеличивающих разницу флотиремости минеральных частиц. Введение реагентов – регуляторов во флотационную пульпу с ее поликомпонентной и полидисперсной твердой фазой и водной средой сложного состава приводит к возникновению большого числа многообразных процессов в жидкой фазе и на межфазовых поверхностях. Процессы, протекающие при взаимодействии реагентов – регуляторов с водной системой флотационной пульпы следующие: растворение и диссоциация введенного регулятора; дальнейшая гидратация ионов и молекул в новых условиях; гидролиз введенных соединений и продуктов диссоциации; химические реакции с многообразным ионным и молекулярным составом жидкой фазы рудной пульпы и реагентами других классов с образованием новых соединений [1].

Регуляторы в пульпу подают в виде рабочего раствора невысокой концентрации.

Молибден Саякского месторождения представлен сульфидом молибдена – молибденитом MoS_2 . Химический состав молибденовой руды Саякского месторождения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав молибденовой руды

Состав	Cu	Mo	Zn	Fe	As
Содержание, %	0,025	0,049	0,58	3,15	0,075

Состав	S	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
Содержание, %	0,51	72,69	8,77	1,46	0,39

Лабораторные испытания были проведены в МОУ Балхашской обогатительной фабрики. Было изучено влияние различных расходов CaO и Na_2CO_3 на флотацию молибденовой руды. Химический состав пробы показал: содержание Mo в исходной руде – 0,021 – 0,099 %, в среднем 0,056 %; содержание Mo в концентрате – 17,20 – 50,25%, в среднем 41,35 %; извлечение -19,99 – 75,58 %, в среднем 52,17 %.

Известь и соду подавали в мельницу. Опыты проводились при различной тонкости помола, содержание класса – 0,074 мм в %: 50; 58,5; 65; 90.

Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

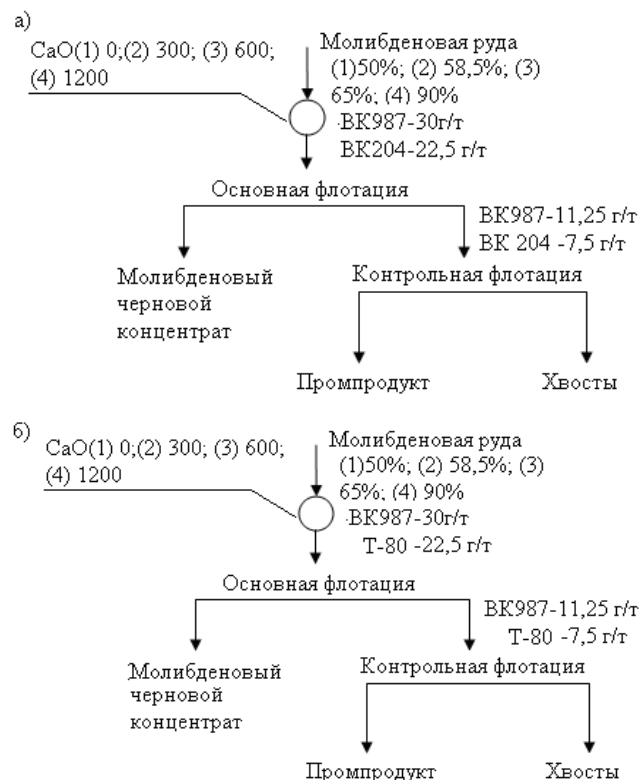


Рисунок 1 – Схема флотации молибденовой руды при добавлении СаО

Флотацию молибденовой руды проводили с применением в качестве реагента собирателя ВК 987, при крупности измельчения с содержанием класса 0,074 мм, %: 50; 58,5; 65; 90. Результаты лабораторных исследований показали, что оптимальная крупность по содержанию класса – 0,074 мм составляет – 65 %.

При флотации молибденовой руды по схеме а в качестве реагента пенообразователя применяли реагент ВК 204 при расходе 7,5 г/т, а по схеме б – реагент пенообразователь Т-80 при расходе 7,5г/т.

По схеме б при флотации медной руды получены более высокие показатели. В качестве собирателя использован реагент ВК 987 и пенообразователь Т-80. Результаты исследований представлены в таблице 2.

При расходе СаО 600 г/т содержание молибдена в черновом молибденовом концентрате составляет 3,32 %, извлечение – 67,09 %.

Испытания на добавку Na_2CO_3 в исходную руду для повышения извлечения молибдена в операции основной и контрольной флотации представлены на рисунке 2. Результаты испытания на расход Na_2CO_3 представлены в таблице 3.

Наибольшее извлечение 75,97% достигается при расходе Na_2CO_3 – 600 г/т, что соответствует рН пульпы – 8,5, рекомендованный для проведения дальнейших исследований.

Особенности гидрофобизации и флотации молибденита близки к минералам, обладающим естественной гидрофобностью, к которым он относится в силу

особенностей своего кристаллического строения. Поскольку доля поверхности сильно гидрофобных плоскостей спайности, обнажающихся при измельчении, обычно во много раз больше поверхности гидрофильных торцовых участков чешуек молибденита, для его эффективной флотации достаточно небольших расхо-

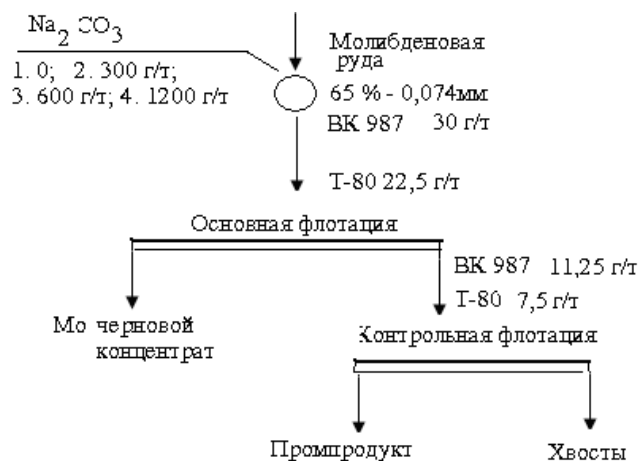


Рисунок 2 – Схема флотации молибдена при добавлении Na_2CO_3

Таблица 2 – Результаты флотации молибденовой руды с добавлением СаО

Расход СаО, г/т	Наименование продукта	Выход, %	Содержание Мо, %	Извлечение, %
0 рН = 8,65	Молибденовый черновой концентрат	1,217	2,59	65,48
	Промпродукт	0,709	0,27	3,97
	Хвосты	98,074	0,015	30,55
	Руда	100,000	0,048	100,00
300 рН = 9,56	Молибденовый черновой концентрат	1,201	2,62	67,63
	Промпродукт	0,900	0,26	5,03
	Хвосты	97,899	0,013	27,34
	Руда	100,000	0,047	100,00
600 рН = 9,88	Молибденовый черновой концентрат	1,003	3,32	67,20
	Промпродукт	0,902	0,28	5,09
	Хвосты	98,095	0,014	27,71
	Руда	100,000	0,050	100,00
1200 рН = 11,70	Молибденовый черновой концентрат	1,500	2,15	67,09
	Промпродукт	0,900	0,24	4,49
	Хвосты	97,600	0,014	28,42
	Руда	100,000	0,048	100,00

Таблица 3 – Результаты флотации молибденовой руды с добавлением Na_2CO_3

Расход Na_2CO_3 , г/т	Наименование продукта	Выход, %	Содержание молибдена, %	Извлечение, %
0 рН = 8,11	Мо черновой концентрат	1,608	2,32	73,22
	Промпродукт	1,708	0,120	4,00
	Хвосты	96,684	0,012	22,78
	Руда	100,00	0,0509	100,00
300 рН = 8,34	Мо черновой концентрат	1,907	1,95	72,08
	Промпродукт	1,706	0,110	3,63

600 pH = 8,50	Хвосты	96,387	0,013	24,29
	Руда	100,00	0,0516	100,00
	Мо черновой концентрат	1,905	1,99	75,97
1200 pH = 8,82	Промпродукт	1,705	0,15	5,11
	Хвосты	96,390	0,009	18,92
	Руда	100,00	0,049	100,00
	Мо черновой концентрат	2,206	1,64	73,73
	Промпродукт	2,006	0,140,070	2,85
	Хвосты	95,788	0,0130,012	23,42
	Руда	100,00	0,0491	100,00

дов аполярного собирателя. Обычные подаватели сульфидов на молибденит практически не действуют. В то же время молибденит депрессируется органическими коллоидами – крахмалом и декстрином, тонкими шламистыми частицами слоистых алюмосиликатов (сланцев, талька и др.), обладающих гидрофобностью по плоскостям спайности, и гидрофобизированными шламами сульфидных минералов (например, халькопирита). С увеличением степени измельчения возрастает доля торцовых участков и необходимость их гидрофобизации ионогенными собирателями. Одновременно возрастает зависимость флотируемости гидрофобизированного таким образом молибденита от наличия и концентрации в пульпе обычных депрессоров. Например, если в качестве ионогенного собирателя применяется дитиофосфат, то депрессирующее действие реагентов на молибденит возрастает в следующем порядке: едкий натрий, цианид натрия [2].

Исследование процессов флотации молибденовых руд Саякского месторождения проведено с использованием вероятностно-детерминированного метода планирования (ВДП) экспериментов.

Применение ВДП позволяет исследовать процесс флотации молибденовых руд при различных сочетаниях влияющих факторов с определением оптимального режима процесса.

Схема проведения флотации молибдена в открытом цикле представлена на рисунке 3, результаты исследований – в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты флотации молибденовой руды в открытом цикле

Наименование продукта	Выход, %	Содержание Мо, %	Извлечение Мо, %
Мо черновой концентрат	0,225	8,200	37,910
Промпродукт 1	0,350	0,600	4,320
Промпродукт 2	2,806	0,067	3,860
Промпродукт 3	2,806	0,066	3,800
Хвосты	93,813	0,026	50,110
Руда	100,000	0,049	100,000

Оптимальным режимом измельчения следует считать 65% класса – 0,074 мм. Максимальные показатели по извлечению молибдена в концентрат 49,22% наблюдаются при pH = 8,5. Наиболее оптимальным является расход жидкого стекла 150 г/т.

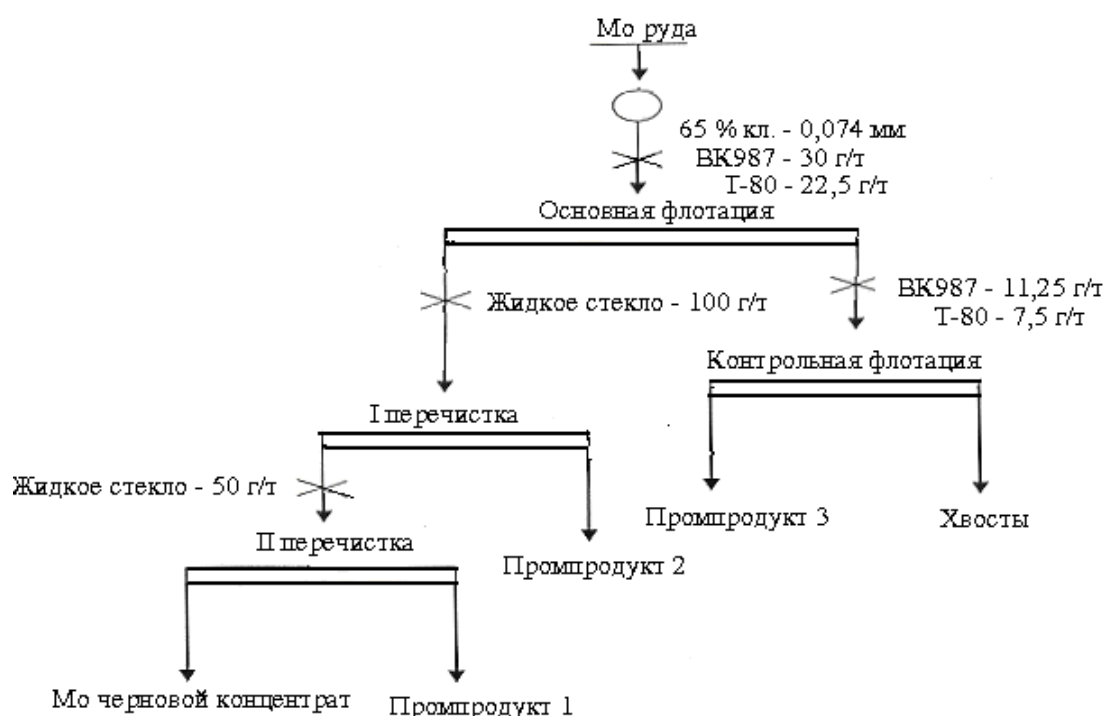


Рисунок 3 – Схема проведения флотации молибденовой руды в открытом цикле

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубов Л.Я., Иванков С.И., Щеглова Н.К. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья: Справочник: В 2 кн. / Под ред. Л.В. Кондратьевой. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 400 с.
2. Глембоцкий В.А. Основы физикохимии флотационных процессов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 471 с.

УДК 662.831

БАЙКЕНЖИНА А.Ж.

К теории образования выбросоопасных зон угольных пластов

При разработке методик прогноза выбросоопасности угольных пластов многие исследователи основываются на гипотезах, предложенных А.А. Скочинским, В.В. Ходотом, А.Э. Петросяном, Б.М. Ивановым и другими учеными. Общим является положение о том, что на выбросоопасность угольных пластов влияет их напряженно-деформированное состояние, технологические и природные факторы, высокая начальная скорость газоотдачи угля, давление газа, петрографический состав и др.

Большинство внезапных выбросов угля и газа происходит при внедрении горной выработки в зону тектонических нарушений, где отмечаются повышенная трещиноватость угля, низкие прочность и газопроницаемость. Поэтому прогноз выбросоопасности угольных пластов строится на выявлении, прежде всего, зон геологической нарушенности пластов. К таким зонам можно отнести:

- дизъюнктивные (типа сдвигов, сбросов, взбросов) и пликативные нарушения с высокой степенью препарации угольных пластов с изменением мощности и элементов залегания угольных пластов;

- геологические нарушения, выраженные нарушенностью угольных пластов или пачек до IV-V степени (таблица 1), особенно с изменением их мощности;

- геологические нарушения, выраженные нарушенностью угольных пачек небольшой мощности, до IV-V степени, без ощутимого изменения мощности пачек;

- препарация угольного пласта или отдельных пачек менее III степени нарушенности [1].

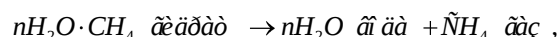
Для прогноза выбросоопасности угольных пластов и расчета мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа необходимо знать запасы метана в пласте и особенно скорость реализации его энергии. Важными величинами в этом вопросе являются сорбционная метаноемкость угля, т.е. то количество газа, которое может быть поглощено единицей объема угля, и скорость протекания процесса метановыделения, которые учитываются в зависимости от нарушенности угля, его трещиноватости и распределения объемов макро- и микропор.

Премыслер Ю.С. и Фейт Г.Н., исследуя пробы угля, пришли к выводу, что в результате тектонических воздействий на угольный пласт в наиболее нарушенных пачках резко изменяются свойства, связанные с трещинной системой: при неизменной сорбционной емкости, уменьшается прочность, увеличиваются пористость и удельная длина трещин за счет развития экзогенных трещин малого раскрытия, зачастую заполненных угольной пылью, которые нарушают фильтрующую систему эндотрещин, что приводит к снижению газопроницаемости угля (таблица 1) [2].

При сравнении физико-механических свойств пачек разной степени нарушенности из одного пласта наблюдается разница в величинах удельной трещиноватости, прочности, пористости, проницаемости при практически неизменной сорбционной емкости, при этом объем макропор при нарушении структуры от I до V типа возрастает более чем в 16 раз, что играет важную роль при расчетах объемов газа, содержащихся в выбросоопасных зонах.

Метан, как и другие природные газы, образует скопления различной формы и объема в зависимости от фаз, в которых он существует, коллекторных свойств вмещающих пород и давления газа.

Существуют предположения о нахождении метана в угольных пластах в виде газовых гидратов, распадающихся с образованием свободного метана и его выбросом при падении внешнего давления, повышении температуры при техногенном воздействии. Формула распада гидрата метана имеет вид:



где n – число молекул воды, приходящихся на одну молекулу метана в твердом гидратном состоянии [3].

Согласно этим гипотезам, при разрушении массива, благодаря термическим, механоэмиссионным и другим процессам, возникают условия для фазового перехода метана в газовое состояние, что создает выбросоопасную ситуацию в шахте [4].

Образованию газовых гидратов способствует широко распространенное субкавальное микробальное генерирование метана в придонных

отложениях

и связывание его в гидрат в местах концентрации. Для

Таблица 1 – Сравнение показателей трещиноватости, газопроницаемости и прочности углей разных типов нарушенности

Показатель	Значения показателей для типа нарушенности угля				
	I	II	III	IV	V
Удельная длина трещин, мм ⁻¹	0,5	1,05	1,66	2,18	3,6
Среднее расстояние между трещинами, мм	2	0,95	0,66	0,44	0,28
Среднее зияние трещин, мм	0,027	0,015	0,01	0,006	0,00
Трещинная емкость	0,014	0,015	0,017	0,01	0,01
Расчетная проницаемость, мД	868	277	45	21	18
Условная прочность	83	76	53	34	34
Сопротивление сдвигу, кгс/см ²	16,9	6,2	5,8	2,3	-

Примечание. Условная прочность определялась по глубине вдавливания прочностномером П-1.

того чтобы образующийся газ не уходил из отложений в результате диффузий, необходимы достаточная скорость его генерации и достаточное количество органического вещества, захороненного в осадках, и условия для образования газовых гидратов: подходящие термобарические условия, наличие гидратообразующего вещества (в нашем случае метан) и вода [3].

В таблице 2 приведены значения давления и температуры, при которых происходит образование кристаллической решетки гидратов метана. Эти экспериментальные данные Дж. Кэрролл [5] рекомендует использовать при инженерных расчетах.

Таблица 2 – Условия гидратообразования для метана

Температура, °C	Давление, МПа	Молярные доли, мол. %		
		Жидкая водная фаза	Паровая фаза	Гидратная фаза
1	2	3	4	5
0,0	2,60	0,10	0,027	14,1
2,5	3,31	0,12	0,026	14,2
5,0	4,26	0,14	0,026	14,3
7,5	5,53	0,16	0,025	14,4
10,0	7,25	0,18	0,024	14,4
12,5	9,59	0,21	0,024	14,5
15,0	12,79	0,24	0,025	14,5
17,5	17,22	0,27	0,025	14,5
20,0	23,4	0,30	0,027	14,6
22,5	32,0	0,34	0,028	14,6
25,0	44,1	0,37	0,029	14,7
27,5	61,3	0,41	0,029	14,7
30,0	85,9	0,45	0,029	14,7

Следует отметить, что гидрат метана может образоваться при температуре выше 30°C и давлениях, максимально возможных в лабораторных условиях.

Учитывая термобарические условия Карагандинского угольного бассейна, можно предполагать, что в период формирования угольных свит, имелись условия для возникновения метаногидратов в горном массиве.

Сложность горно-геологических условий не позволяет бурение максимального количества скважин, необходимого для исследований, так как большинство существующих методов прогноза выбросоопасных зон основываются на результатах визуальных и лабораторных исследований керна и

буровой мелочи. В последние годы, помимо геолого-геофизических (электроразведка, межскважинное просвечивание), применяют ультразвуковые и акустические методы исследования, которые позволяют определять петрофизические свойства горных пород на образцах и в массиве и повысить эффективность выявления потенциально опасных зон, таких как малоамплитудные тектонические нарушения угольных пластов на стадии геологической разведки. Поэтому для их прогноза применяют шахтные сейсмоакустические методы исследования, позволяющие получать и анализировать информацию о процессах, происходящих непосредственно в массиве впереди забоя выработки. Метод основан на наблюдениях за изменением шумности угольного пласта и вмещающих пород. Под шумностью подразумевается количество импульсов акустической эмиссии, регистрируемых в пласте в единицу времени. Установлено, что внезапные выбросы угля и газа происходят в зонах пластов с повышенной шумностью [6].

Большую роль в подготовке и развитии выброса играет рост трещин под совместным воздействием горного и газового давления в плоскости, перпендикулярной направлению наименьшего сжимающего усилия, т.е. в плоскости наибольшего сжатия. При увеличении длины трещин значение критического показателя выбросоопасности уменьшается, значит, при дальнейшем ведении работ в таком угольном пласте возрастает риск развития выброса. Особенно это касается менее прочного угольного пласта. При увеличении давления газа внутри трещин происходит уменьшение значения критического показателя выбросоопасности и увеличивается вероятность развития выброса. Изучение условий их роста имеет большое значение для прогноза выбросов и разработки мер борьбы с ними.

Напряженное состояние горного массива можно контролировать спектрально-акустическим методом, в котором показатель напряженного состояния массива K оценивается отношением амплитуд акустических шумов от работающего горного оборудования, замеренных на высоких и низких частотах, концентрации метана в атмосфере выработки аппаратурой АКМ [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Б.И., Фейт Г.Н., Яновская М.Ф. Механические и физико-химические свойства выбросоопасных угольных пластов. М.: Наука. 1979. 195 с.
2. Премыслер Ю.С. Структура угля пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 223-232.
3. Воробьев А.Е., Малюков В.П. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды: Учебное пособие. М.: РУДН, 2007. 273 с.
4. Грицко Г. Внезапные выбросы метана в шахтах // Ежегод. Сибир. отд. РАН «Наука в Сибири». № 32-33 (2617-2618) от 23.08.2007 г.
5. Кэрролл Д. Гидраты природного газа / Пер. с англ. М.: ЗАО «Преминум Инжиниринг», 2007. 316 с.
6. Кенжин Б.М. Научные основы адаптивного метода воздействия на углепородный массив при сейсмоакустических исследованиях: Дис... докт. техн. наук. Караганда, 2009.
7. Шадрин А.В., Смирнов К.Г. Прогноз выбросоопасности на начальной стадии развития выброса угля и газа // Инновационные недра Кузбасса: Сб. науч. тр.; Под общ. ред. К.Е.Афанасьева. Кемерово: ИНТ, 2007. С.66-70.

Памяти Карасева Николая Ивановича



22 июля 2010 г. скончался профессор кафедры автоматизации производственных процессов Карасев Николай Иванович. Он родился 18 декабря 1936 года. В 1959 г. после окончания Карагандинского политехнического института, был направлен в институт КНИУИ, где работал в лаборатории автоматизации теплоэнергетических установок отдела автоматики и телемеханики, последовательно занимая должности младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, начальника сектора. В КНИУИ, в период с 1959 по 1966 гг., выполнил исследования и

проектно-конструкторские работы по созданию и внедрению на шахтах Карагандинского угольного бассейна автоматизированных безвентиляторных калориферных установок для нагрева атмосферного воздуха, поступающего в клетевые стволы шахт. Разработанная аппаратура автоматизации калориферных установок выпускалась серийно Конотопским заводом «Красный металлист». В этот же период была разработана методология проектирования и типовой проект автоматизированных безвентиляторных калориферных установок для угольных шахт Минуглепрома СССР. В 1966 г., после защиты кандидатской диссертации в Харьковском институте радиоэлектроники, Карасёв Н.И. был приглашён на кафедру автоматизации производственных процессов (АПП) КарПТИ на должность доцента кафедры. По инициативе Карасева Н.И. на кафедре АПП был создан в середине 70-х годов первый в КарПТИ студенческий вычислительный зал (СВЗ) на базе ЭВМ МИР-2, СМ-1420, а затем ПЭВМ типа РС ХТ. Для студентов электротехнических специальностей Карасевым Н.И. были разработаны учебные дисциплины и методические материалы, соответствующие передовому состоянию научного прогресса на момент их создания, в том числе: «Технические средства автоматики» (1964-1971 гг.), «Математическое моделирование систем автоматического управления на АВМ и ЭВМ» (1966-1968 гг.), «Вычислительная техника и программирование» (1966-1968 гг.); «Технология программирования на языках высокого уровня», «Методология объектно-ориентированного программирования»; «Проектирование АСУ ТП».

Основные научные интересы Карасёва Н.И. были связаны с разработкой и внедрением энергетических и информационных технологий для промышленной энергетики и теплофикационных систем мегаполисов. На кафедре АПП Карасёв Н.И. организовал

лабораторию по проблеме математического моделирования теплогидравлических режимов сложных систем централизованного теплоснабжения и гидравлических режимов водопроводных систем методами имитационного моделирования. Все работы выполнялись по отраслевым планам Минэнерго СССР, института ВНИПИэнергопром и проходили по планам Государственного Комитета по науке и технике СССР. В результате выполненных исследований была разработана эффективная информационная технология и пакет прикладных программ «Тепловые сети» (ППП ТС), выполненный на платформе ЕС ЭВМ/ОС ЕС. Пакет программ ППП ТС в период с 1975 по 1987 гг. был внедрён на ВЦ всех энергосистем Казахстана и в крупнейших энергосистемах СССР. Начиная с 1987 г. пакет программ ППП ТС 3.3. был утвержден типовым для предприятий тепловых сетей Минэнерго СССР, и, по решению ЦДУ ЕС СССР, КарПТИ Минвуза СССР и институт ВНИПИэнергопром Минэнерго СССР начали массовое внедрение ППП ТС 3.3 на вычислительных центрах районных энергосистем. В период с 1987 по 1992 гг. пакет программ ППП ТС 3.3 был внедрен в 18 энергосистемах СССР. Начиная с 1990 г. под руководством Н.И. Карасёва на кафедре АПП КарПТИ был начат цикл научно-исследовательских работ по созданию цифровых математических моделей, информационных технологий и автоматизированных рабочих мест для предметных областей «Энергетика» и «Водоснабжение» на платформе персональных компьютеров и цифровых сетей связи. Была разработана информационно-графическая система GID-99w для проектирования сезонных режимов и

диспетчерского управления в сложных системах централизованного теплоснабжения, а также система ВДК-99w для разработки эксплуатационных и аварийных режимов сложных водопроводных сетей на городских территориях. Упомянутые системы были внедрены на предприятиях тепловых сетей в крупнейших энергосистемах Казахстана, России, Белоруссии, Украины, Латвии и Литвы. В 2005 году под руководством Карасева Н.И. на кафедре АПП была завершена разработка Информационно-графических систем GID2005KZ и ТГИД-05, обеспечивающих проектирование, наладку и реализацию теплогидравлических режимов систем централизованного теплоснабжения мегаполисов. Упомянутые системы и сейчас отвечают требованиям международных стандартов, зарегистрированы в реестре Комитета по правам интеллектуальной собственности Министерства Юстиции РК и внедрены в системах централизованного теплоснабжения гг. Астаны, Алматы, Караганды, Костаная, Шымкента, Тараза, Экибастуза, Кокшетау.

Научная и педагогическая деятельность профессора была отмечена знаками «За заслуги в развитии науки в Республике Казахстан» и «Отличник образования Республики Казахстан».

Николай Иванович Карасев останется в памяти своих коллег, друзей и многочисленных учеников как талантливый инженер, изобретатель, ученый и педагог, обладатель энциклопедических знаний и широкого научного кругозора.

*Коллектив преподавателей и сотрудников
ФЭСА и ФИТ*

РЕЗЮМЕ

УДК 378.125.7. ГАЗАЛИЕВ А.М., БАЙЖУМИН Д.А. **Научная деятельность академика А.С. Сагинова.**

Освещаются вопросы научной деятельности академика АН КазССР, дважды лауреата Государственной премии КазССР А.С. Сагинова. Будучи директором Карагандинского научно-исследовательского угольного института (КНИУИ), ректором Карагандинского политехнического института (КарПТИ), директором Института комплексного освоения недр (ИПКОН), он в период с 1950-х до начала 2000-х гг. вел глубокие фундаментальные и прикладные исследования по проблемам интенсификации угледобычи в Карагандинском угольном бассейне, совершенствования средств механизации производства и организации труда, разработки месторождений, эффективного использования новой техники и технологий.

УДК 358.5-50. КУЗНЕЦОВА Ю.А., КЕНЖИН Б.М., СМIRHOV Ю.М. **Концепция развития дистанционного обучения в преподавании естественно-научных дисциплин в техническом вузе.**

В современной концепции образования акценты смещаются в сторону активизации и повышения эффективности самостоятельной работы студентов. Для достижения этой цели необходим переход на новые способы и методы обучения. В настоящее время повсеместно происходит внедрение электронных технологий в образовательный процесс. С развитием этих технологий возникла и успешно развивается дистанционная форма обучения. Но в большинстве своем такое внедрение осуществляется несистемно, в результате чего является малоэффективным. Системность внедрения предполагает обязательную постановку целей и задач, выбор инструмента, реализацию поставленных задач, оценку результатов. Это обстоятельство, в свою очередь, требует новых подходов к учебно-методическому и техническому обеспечению этих процессов.

УДК 004.82. САДАНОВА Б.М. **Проектирование информационной системы с использованием онтологии предметной области в рамках обучающего WEB-портала.**

Обучение с помощью электронных информационных технологий – e-learning – это современная форма получения образования с помощью открытой интернет-среды, основанной на использовании информационных технологий, обеспечивающих обмен учебной информацией на расстоянии и реализующих систему сопровождения и администрирования учебного процесса. Предлагаемая информационная система базируется на объединении методов искусственного интеллекта и Интернет-технологий. Основой для информационной системы, работающей со знаниями, служит онтология предметной области. Различные функции системы могут использовать онтологию для своих нужд. Рассматривается применение методологии On-To-Knowledge в процессе создания онтологии для информационной системы, работающей со знаниями, обеспечивающей обмен учебной информацией на расстоянии и реализующей систему сопровождения и администрирования учебного процесса.

ӘОЖ 378.125.7. ГАЗАЛИЕВ А.М., БАЙЖУМИН Д.А. **Академик Ә.С. Сағыновтың ғылыми қызметі.**

ҚазКСР ҒА академигі, ҚазКСР Мемлекеттік сыйлығының екі мәрте лауреаты Ә.С. Сағыновтың ғылыми қызметінің мәселелері сипатталған. Ол Қарағанды көмірді ғылыми-зерттеу институтының (ҚКФЗИ) директоры, Қарағанды политехникалық институтының (ҚарПТИ) ректоры, Жер қойнауларын кешенді игеру институтының (ЖКНИИ) директоры болып, 1950 жылдардан бастап 2000 жылдардың басынан дейінгі кезеңде Қарағанды көмір бассейнінде көмір өндіруді қарқындату, өндірісті механикаландыру және еңбекті ұйымдастыру құралдарын жетілдіру, кен орындарын қазу, жаңа техника мен технологияларды тиімді пайдалану проблемалары бойынша терең маңызды және қолданбалы зерттеулер жүргізген.

ӘОЖ 358.5-50. КУЗНЕЦОВА Ю.А., КЕНЖИН Б.М., СМIRHOV Ю.М. **Техникалық жоғары оқу орнында ғылыми-жаратылыстану пәндерін оқытуда қашықтан оқытуды дамыту тұжырымдамасы.**

Қазіргі заманғы білім беру тұжырымдамасында басты назар студенттердің өзіндік жұмысын белсенділендіру және тиімділігін жоғарылату жағына қарай ығысып келеді. Осы мақсатқа қол жеткізу үшін оқытудың жаңа тәсілдері мен әдістеріне ауысу қажет. Қазіргі уақытта барлық жерде білім беру процесіне электрондық технологияларды ендіру жүріп жатыр. Осы технологиялардың дамуымен қашықтан оқыту түрі пайда болды және табысты дамып келеді. Бірақ көптеген жағдайларда мұндай ендіру жүйесіз жүзеге асырылады, оның нәтижесінде тиімділігі аз болып табылады. Ендіру жүйелілігі мақсаттар мен міндеттерді міндетті қоюды, құралды таңдауды, қойылған міндеттерді іске асыруды, нәтижелерді бағалауды жорамалдайды. Өз кезегінде бұл жағдай осы процестердің оқу-әдістемелік және техникалық қамтамасыз етілуіне жаңа тәсілдерді талап етеді.

ӘОЖ 004.82. САДАНОВА Б.М. **Оқытушы WEB-портал шеңберінде пәндік облыс онтологиясын пайдалану арқылы ақпараттық жүйені жобалау.**

Электрондық ақпараттық технологиялар – e-learning – бұл оқу ақпаратымен ара қашықтықтан алмасуды қамтамасыз ететін және оқу процесін жалғастыру және әкімшілік ендіру жүйесін іске асыратын ақпараттық технологияларды пайдалануға негізделген ашық интернет-ортаның көмегімен білім алудың қазіргі заманғы түрі. Ұсынылатын ақпараттық жүйе жасанды зерде және Интернет-технологиялар әдістерін біріктіруге негізделеді. Пәндік облыс онтологиясы біліммен жұмыс істейтін ақпараттық жүйе үшін негіз қызметін атқарады. Жүйенің әр түрлі функциялары өзінің қажеттіліктері үшін онтологияны пайдалануы мүмкін. Оқу ақпаратымен ара қашықтықтан алмасуды қамтамасыз ететін және оқу процесін жалғастыру және әкімшілік ендіру жүйесін іске асыратын ақпараттық жүйе үшін онтологияны құру процесінде On-To-Knowledge әдіснамасын қолдану қарастырылады. Онтологияларды құруға арналған жүйенің функционалдық моделі ұсынылған. Онтологиямен жұмыс істеуді және оның оқытушы WEB-портал шеңберінде пайдаланылуын қамтамасыз ететін, көп

UDC 378.125.7. GAZALIYEV A.M., BAIZHUMIN D.A. **Academician A.S. Saginov's Scientific Activities.**

There are considered the questions of scientific activities of the KazSSR Academy of Science Academician, twice laureate of the KazSSR State prize A.S. Saginov. Being director of the Karaganda Research Coal Institute (KNIUI), rector of the Karaganda Polytechnic Institute (KPTI), director of the Institute of Complex Depths Development (IPKON), in the period from the 50-s till the beginning of the 2000-s he carried out deep fundamental and applied studies in the problems of coal mining intensification in the Karaganda coal basin, improving means of the production and labor organizing mechanization, deposits development, efficient use of new equipment and technologies.

UDC 358.5-50. KUZNETSOVA Yu.A., KENZHIN B.M., SMIRNOV Yu.M. **Conception of Developing Distance Education in Teaching Natural-and-Scientific Disciplines at Technical Higher School.**

In the modern conception of education the accents are shifted to the side of activating and increasing the effectiveness of students' independent work. To achieve this purpose, there is necessary the transfer to new methods of teaching. At present there are everywhere introduced electronic technologies into the educational process. With these technologies development there appeared and is successfully developing the distance form of teaching. But such an introducing is mostly carried out unsystematically, and as a result has low effectiveness. The system of the introducing suggests obligatory posing aims and tasks, instrument selecting, realizing the problems posed, the results assessment. This requires, in its turn, new approaches to the teaching-and-methodological and technical provision of these processes.

UDC 004.82. SADANOVA B.M. **Designing Information System Using Subject Domain Ontology at Teaching WEB-Portal.**

Training with the help of electronic information technologies – e-learning – is a modern form of education with the help of open Internet-environment based on using information technologies ensuring teaching information exchange at a distance and realizing the tracking system and the teaching process administrating. The information system suggested is based on combining the methods of artificial intellect and Internet-technologies. The base for the information system working with knowledge is the subject domain ontology. The system different functions can use the ontology for their needs. There is considered using On-To-Knowledge methodology in the process of forming ontology for the information system working with knowledge, ensuring the teaching information exchange at a distance and realizing the tracking system and the teaching process administrating. There is suggested a functional model of the system for ontology forming. There is described the information system structure, designed in the form of multi-level Web-application which ensures operating with the ontology and its use in the frames of the teaching Web-portal.

Предложена функциональная модель системы для построения онтологий. Описывается структура информационной системы, спроектированная в виде многоуровневого Web-приложения, которая обеспечивает работу с онтологией и ее использование в рамках обучающего WEB-портала.

УДК 621.01.539.3. БАКИРОВ Ж.Б., ТАНИРБЕРГЕНОВА А.А. **Расчет вероятности долговечности деталей.**

Описано проектирование деталей машин, работающих при переменных напряжениях, прогнозирование их ожидаемого ресурса. Это дает возможность управления ресурсом путем целенаправленного изменения параметров, влияющих на долговечность. Повышение ресурса ведет к существенной экономии материалов и трудовых затрат. Для конкретных деталей экспериментальное определение параметров распределения является очень трудоемким. Кроме того, в реальных условиях амплитуда напряжений имеет случайный характер. Поэтому исключительно важна разработка методов определения долговечности деталей с учетом случайных факторов. Определены показатели долговечности на примере релеевского распределения амплитуды.

УДК 621.797. ИСАГУЛОВ А.З., ШАРАЯ О.А., МЕЩАНОВА С.О., ИПОЛИТОВ С.В., РЯБИНИН С.В. **Разработка методов поверхностного упрочнения металлических изделий.**

Рассмотрены методы поверхностного упрочнения металлических изделий, в частности лазерное легирование образцов стали марки 45 системой «W-V-Cr». Подобраны оптимальные режимы обработки образцов с минимальным проплавлением поверхности: мощность лазерного излучения $P=500$ Вт, скорость обработки материала $v=1400$ об/мин, высота лазерной головки $I=9, 12, 15$ мм. Проведен микрорентгеноспектральный анализ наплавленного слоя. Рентгеноструктурные исследования фазового состава зон лазерного легирования системой «W-V-Cr» показали, что упрочненный слой представляет собой твердый раствор легирующих элементов в феррите. Микродюрметрический анализ показывает, что лазерное легирование поверхностного слоя стали 45 вызывает заметное увеличение микротвердости и в зоне оплавления колеблется в пределах от 720 HV до 918,3 HV, причем более высокие значения микротвердости наблюдаются на некотором расстоянии от поверхности, что можно объяснить наличием пористости. Испытание на износ в условиях трения скольжения проводили на машине трения СМЦ-2 при нагрузках 25-1800 Н. В результате износостойкость легированных слоев увеличилась в 2-4 раза по сравнению с необработанными лазерным излучением поверхностями. Проведенные исследования позволили выявить оптимальные режимы для лазерного легирования стали марки 45, обеспечивающие высокий уровень физико-механических свойств поверхностного слоя конструкционных сталей.

УДК 621.91.01. ШЕРОВ К.Т., ИМАСHEBA К.И., БАЙБУСИНОВ Е.А. **Научное исследование влияния режимов на среднюю температуру при термофрикционной обработке труднообрабатываемых материалов с импульсным охлаждением.**

Получившие в настоящее время распространение традиционные методы механической обработки не всегда

деңгейлі WEB-қосымша түрінде жобаланған ақпараттық жүйенің құрылымы сипатталады.

ӘОЖ 621.01.539.3. БӘКІРОВ Ж.Б., ТӘНІРБЕРГЕНОВА А.А. **Бөлшектердің ұзақ мерзімділігінің ықтималдық есебі.**

Айнымалы кернеулер болғанда жұмыс істейтін машиналардың тетіктерін жобалау, олардың күтілетін ресурсын болжау сипатталған. Бұл ұзақ мерзімділікке әсер ететін параметрлерді мақсатқа бағытталған түрде өзгерту жолымен ресурсты басқару мүмкіндігін береді. Ресурстың жоғарылауы материалдар мен еңбек шығындарының елеулі үнемделуіне әкеледі. Нақты тетіктер үшін үлестіру параметрлерін эксперименттік анықтау өте көп еңбек етуді қажет ететін болып табылады. Сонымен қоса, нақты жағдайларда кернеулер амплитудасы кездейсоқ сипатта болады. Сондықтан кездейсоқ факторларды есепке алып тетіктердің ұзақ мерзімділігін анықтау әдістерін әзірлеу ерекше маңызды. Амплитуданы релілік үлестіру мысалында ұзақ мерзімділік көрсеткіштері анықталған.

ӘОЖ 621.797. ИСАҒҰЛОВ А.З., ШАРАЯ О.А., МЕЩАНОВА С.О., ИПОЛИТОВ С.В., РЯБИНИН С.В. **Металл бұйымдарды беттік беріктендіру әдістерін әзірлеу.**

Металл бұйымдарды беттік беріктендіру әдістері, атап айтқанда маркасы 45 болат үлгілерін «W-V-Cr» жүйесімен лазерлік қоспалау қарастырылған. Беті минимум балқытылған үлгілерді өңдеудің оңтайлы режимдері таңдалған: $P=500$ Вт, материалды өңдеу жылдамдығы $v=1400$ айн/мин, лазерлік бастигінің биіктігі $I=9, 12, 15$ мм. Балқытып қаптастырылған қабатты микрорентгенспектрлік талдау жүргізілген. «W-V-Cr» жүйесімен лазерлік қоспалау аймақтарының фазалық құрамын рентген-құрылымдық зерттеулер, беріктендірілген қабаттың феррит тегі қоспалаушы элементтердің қатты ерітіндісін білдіретінін көрсетті. Микродюрметрлік талдау көрсеткендей, маркасы 45 болаттың беттік қабатын лазерлік қоспалау микроқаттылықтың едәуір ұлғаюын тудырады және балқу аймағында 720 HV-дан 918,3 HV-ға дейінгі аралықта ауытқыды, сонымен бірге микроқаттылықтың аса жоғары мәндері беттен қандай да бір ара қашықтықта байқалады, оны кезектіліктің бар болуымен түсіндіруге болады. Сырғанау үйкелісі жағдайларында тозуға сынау жүктеме 25-1800 Н болғанда СМЦ-2 үйкеліс машинасында жүргізілді. Нәтижесінде лазерлік сәуле шығарумен өңделмеген беттермен салыстырғанда қоспаланған қабаттардың тозуға төзімділігі 2-4 есе ұлғайды. Жүргізілген зерттеулер маркасы 45 болатты лазерлік қоспалау үшін конструкциялық болаттардың беттік қабатының физика-механикалық қасиеттерінің жоғары деңгейін қамтамасыз ететін, оңтайлы режимдерді айқындауға мүмкіндік берді.

ӘОЖ 621.91.01. ШЕРОВ К.Т., ИМАСHEBA К.И., БАЙБУСИНОВ Е.А. **Импульстік салқындатылған қиын өңделетін материалдарды термофрикциялық өңдеу кезінде режимдердің орташа температураға әсер етуін ғылыми зерттеу.**

Қазіргі уақытта кеңінен таралған механикалық өңдеудің дәстүрлі әдістері өнімділік пен сапаға қойылатын қүн сайын өсіп келе жатқан талаптарды ылғи да қанағаттандыр-

UDC 621.01.539.3. BAKIROV Zh.B., TANIRBERGENOVA A.A. **Probabilistic Calculation of Parts Durability.**

There is described the designing of machine parts working with changeable stresses, forecast of their expected resource. This gives the possibility to control the resource by means of purposeful changing the parameters effecting the durability. The resource increase leads to significant material and labor costs saving. For concrete parts the experimental determining of the distribution parameters is very labor intensive. Besides, in the real conditions the amplitude of stresses has a random character. That's why there is so important the development of methods of determining the parts durability taking into consideration random factors. There are determined the indices of durability on the example of the relay distribution of amplitude.

UDC 621.797. ISAGULOV A.Z., SHARAYA O.A., MESHCHANOVA S.O., IPPOLITOV S.V., RYABININ S.V. **Developing Methods of Metal Products Surface Strengthening.**

There are considered some methods of metal products surface strengthening, particularly, laser alloying of the steel 45 samples with the system «W-V-Cr». There are selected optimal modes for processing the samples with minimal surface melting. There has been carried out a micro-X-ray-spectral analysis of the layer built-up. X-ray-structural studies of the phase composition of the laser alloying with the system «W-V-Cr» showed that the strengthened layer presented a solid solution of the alloying element in the ferrite. Microduremetric analysis shows that laser alloying of steel 45 surface layer causes a significant decrease of microhardness and in the zone of melting varies in the range from 720 HV to 918.3 HV, and the higher values are observed at some distance from the surface which can be explained by porosity presence. Wearing tests in the conditions of sliding friction were carried out on the friction machine SMC-2 with loads 25..1800 H. As a result wear resistance of the alloyed layers was 2..4 times increased as compared to the surfaces without laser alloying. The studies carried out permitted to reveal optimal modes for laser alloying ensuring high level of physical and mechanical properties of the structural steel surface layer.

UDC 621.91.01. SHEROV K.T., IMASHEVA K.I., BAIBUSINOV E.A. **Scientific Study of Cutting Modes Effect in Thermo-Friction Machining Churlish Materials with Pulse Cooling.**

The traditional methods of machining widely used at present not always satisfy the growing requirements to productivity and quality. This is especially obvious in connection with wide use in modern machine building, mining,

удовлетворяют все возрастающим требованиям к производительности и качеству. Это становится особенно очевидным в связи с широким использованием в современном машиностроении, горнодобывающей, металлургической и др. отраслях народного хозяйства конструкционных материалов с особыми физико-механическими свойствами – жаропрочных, высокопрочных, коррозионно-стойких, тугоплавких материалов. Обработка этих материалов вызывает серьезные затруднения, а в ряде случаев практически невозможна. Поэтому повышение производительности и качества механической обработки труднообрабатываемых материалов является важной проблемой. В работе приведены результаты исследования влияния режимов на среднюю температуру при термофрикционной обработке труднообрабатываемых материалов с импульсным охлаждением. Показана конструкция диска трения. Приведены схема определения средней температуры в контакте и график влияния скорости и резания на среднюю температуру при термофрикционной обработке с импульсным охлаждением.

УДК 621.7. ИСАГУЛОВА.З., БАЙСАНОВ А.С., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П. **Анализ физико-химических условий восстановления марганца и железа.** Рассмотрены вопросы минералообразования, представлены соответствующие примеры. Термодинамический диаграммный анализ четырехкомпонентной системы Fe-Mn-C-O позволил установить, что для температур ниже 550°C оптимальной фазовой областью является усеченная пирамида Fe_3O_4 -Mn $_2$ O $_3$ -CO-Fe-C-MnO. Поскольку в эту фазовую область входят и магнетит, и железо, то для данной температурной области и приемлем как металлизирующий, так и магнетизирующий обжиг. Целесообразность применимости обоих видов обжига определяется кинетическими характеристиками. Для температур выше 550°C оптимальной областью представляется MnO-Fe-C-E (750, 950, 1150), соответствующая металлизирующему обжигу, а также Fe $_3$ O $_4$ -MnO-Mn $_2$ O $_3$ -CO, – соответствующая магнетизирующему обжигу. Резюмируя приведенный анализ сведений, касающихся системы Fe-Mn-C-O, можно прийти к выводу о том, что имеется принципиальная возможность проведения магнетизирующего или металлизирующего обжига, чтобы оксиды марганца перешли в немагнитную фазу, а железосодержащая часть – в ферромагнитную форму (в виде металлического железа, магнетита или маггемита), независимо от вида железомарганцевого сырья.

УДК 621.34:62.505:669.046.4. ЮЩЕНКО О.А. **Имитационное моделирование динамических режимов электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования.** Описаны режимы работы печи термохимической обработки стальной полосы. Изложены существенные факторы, влияющие на динамику полосы. Представлены результаты имитационного моделирования электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) в динамических режимах. Реализация модели была осуществлена в среде Simulink пакета MATLAB 7. Приведены результаты реального эксперимента и имитационного моделирования. Доказана адекватность имитационных моделей ЛНГЦ.

майды. Бұл әсіресе қазіргі заманғы машина жасауда, тау-кен өндіру, металлургия және ауыл шаруашылығының басқа салаларында ерекше физика-механикалық қасиеттері бар конструкциялық материалдардың – ыстыққа төзімді, беріктігі жоғары, коррозияға төзімді, қиын балқитын материалдардың кеңінен пайдаланылуымен айқын болады. Осы материалдарды өңдеу күрделі қиындықтар тудырады, ал бірқатар жағдайларда мүмкін емес болады. Сондықтан қиын өңделетін материалдардың өнімділігін және механикалық өңдеу сапасын жоғарылату маңызды проблема болып табылады. Жұмыста импульстік салқындатылған қиын өңделетін материалдарды термофрикциялық өңдеу кезінде режимдердің орташа температураға әсер етуін зерттеу нәтижелері келтірілген. Үйкеліс дискінің конструкциясы көрсетілген. Түйіспедегі орташа температураны анықтау схемасы және импульстік салқындатылған термофрикциялық өңдеу кезінде кесу жылдамдығының орташа температураға әсер ету графигі келтірілген.

ӨОЖ 621.7. ИСАГУЛОВА.З., БАЙСАНОВ А.С., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П. **Марганец пен темірдің тотықсыздануының физика-химиялық жағдайларын талдау.** Минерал түзілуі мәселелері қарастырылған, сәйкес мысалдар берілген. Fe-Mn-C-O төрт компонентті жүйесін термодинамика-диаграммалық талдау 550°C төмен температуралар үшін оңтайлы фазалық облыс Fe_3O_4 -Mn $_2$ O $_3$ -CO-Fe-C-MnO болып табылатынын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл фазалық облысқа магнетит те, темір де кіретіндіктен, онда берілген температуралық облыс үшін металдандырушы да, магниттендіруші де күйдіру қолайлы болады. Күйдірудің екі түрін де қолданудың мақсатқа сәйкестігі кинетикалық сипаттамалармен анықталады. 550°C жоғары температуралар үшін оңтайлы облыс металдандырушы күйдіруге сәйкес келетін MnO-Fe-C-E (750, 650, 1150), сондай-ақ магниттендіруші күйдіруге сәйкес келетін Fe_3O_4 -MnO-Mn $_2$ O $_3$ -CO, ұсынылады. Fe-Mn-C-O жүйесіне қатысты келтірілген мәліметтерді талдауды түйіндей отырып, темір-марганец шикізатының түріне байланысты, марганец оксидтері – магниттік емес фазаға, ал құрамында темір бар бөлігі ферромагниттік түрге (металл темірі, магнетит немесе маггемит түрінде) өтетіндей, магниттендіруші немесе металдандырушы күйдірудің принциптік мүмкіндігі бар екендігі туралы тұжырымға келуге болады.

ӨОЖ 621.34:62.505:669.046.4. ЮЩЕНКО О.А. **Үздіксіз ыстықтай мырыштау желісінің электр-химиялық жүйесінің динамикалық режимдерін имитациялық модельдеу.** Болат жолақты термохимиялық өңдейтін пештің жұмыс режимдері сипатталған. Жолақ динамикасына әсер ететін елеулі факторлар сипатталған. Динамикалық режимдерде үздіксіз ыстықтай мырыштау желісінің (ҮЫМЖ) электр-химиялық жүйесін имитациялық модельдеу нәтижелері берілген. Модельді іске асыру MATLAB 7 пакетінің Simulink ортасында жүзеге асырылған. Нақты эксперимент және имитациялық модельдеу нәтижелері келтірілген. Имитациялық ҮЫМЖ модельдердің барабарлығы дәлелденген.

metallurgical industries of structural materials with special physical and mechanical properties – heat resistant, highly resistant, corrosion-resistant, refractory materials. These materials machining causes serious difficulties, and in some cases is practically impossible. That's why increasing productivity and quality of machining is an urgent problem. In the work there are presented the results of studying the modes effect on the average temperature in thermo-friction machining of materials with pulse cooling. There is presented a structure of friction disc, the scheme of determining the average temperature in the contact and the schedule of cutting speed effect on the average temperature in thermo-friction machining with pulse cooling.

UDC 621.7. ISAGULOV A.Z., BAISANOV A.S., KULIKOV V.Yu., SCHERBAKOVA Ye.P. **Analysis of Physical-and-Chemical Conditions of Manganese and Iron Reducing.**

There are considered the questions of mineral forming, presented corresponding examples, Thermo-dynamic-and-diagram analysis of the four-component system Fe-Mn-C-O permitted to establish that for temperatures lower than 550°C the optimal phase zone there will be a truncated pyramid. As in this phase zone there is both magnetite and iron, then for the given temperature zone it's possible both metallizing and magnetizing burning. For temperatures higher than 550°C the optimal zone there will be a zone MnO-Fe-C-E (750, 950, 1150) corresponding to the metallizing burning, and Fe $_3$ O $_4$ -MnO-Mn $_2$ O $_3$ -CO $_2$ corresponding to the magnetizing burning. There can be made a conclusion that there is a principal possibility to carry out magnetizing or metallizing burning, so that manganese oxides could transfer to the non-magnetic phase, and iron-containing part – in ferromagnetic form (as metallic iron, magnetite or maghemite) independent on the type of iron-manganese raw materials.

UDC 621.34:62.505:669.046.4. YUSHCHENKO O.A. **Imitation Modeling of Continuous Hot Galvanizing Line Electromechanical System Dynamic Modes.**

There are described the modes of steel strip thermal-and-chemical treating furnace operation. There are presented significant factors effecting the strip dynamics, the results of imitation modeling continuous hot galvanizing line electromechanical system (CHGL) in dynamic modes. The model realizing was carried out in the environment Simulink of MATLAB 7 package. There are given the results of a real experiment and imitation modeling. There has been proved the adequacy of imitation models CHGL.

УДК 669.054. КИМАНОВ Б.М. **Исследование механизма фильтрационного рафинирования стали от растворённого кислорода.**

Дана краткая информация о фильтрационном методе рафинирования металлов и сплавов, типах используемых фильтров и механизме очистки. Показано, что наиболее эффективными являются объемные фильтры. Механизм очистки связывается главным образом с улавливанием взвешенных в расплаве неметаллических включений. Проведены исследования по выявлению нового в теории фильтрации механизма рафинирования металлических расплавов от растворённой примеси. Предложен механизм его реализации, который предполагает протекание химической реакции связывания её из пересыщенного расплава в неметаллическую фазу непосредственно на поверхности и фильтра как на готовой подложке. Моделирование процесса фильтрации осуществляли на экспериментальной установке. На примере моделирования фильтрации стали от растворённого кислорода экспериментально подтвержден механизм очистки.

УДК 669.3. ХАРЧЕНКО Е.М., ЖУМАСHEB K.Ж. **Изучение реакции твердофазного восстановления меди железом из состава ортоарсената.**

Проведены экспериментальные исследования по изучению восстановления меди из состава ортоарсената меди металлическим железом при различных их соотношениях с последующим применением полученных данных к реальным шлакам, в частности к шлаку БМЗ. Результаты термодинамического, дериватографического, рентгенофазового анализа позволяют сделать вывод о возможности селективного и твердофазного восстановления меди из состава ортоарсената металлическим железом. Восстановление меди из состава ортоарсената меди металлическим железом протекает при температуре выше 700 °С и в зависимости от расхода железа образуются металлическая медь и различные соединения мышьяка – триоксид мышьяка, арсениды меди и железа. Полученные результаты могут быть использованы для разработки теоретических основ при создании новой технологии переработки шлаков цветной металлургии.

УДК 622.324.5. КЫЗЫРОВ К.Б., ПОРТНОВ В.С., ТАТКЕЕВА Г.Г., БАЙКЕНЖИНА А.Ж. **Неравновесная термодинамика угольного вещества.**

Молекулы метана, других газов и летучих веществ рассмотрены как система невзаимодействующих частиц, погруженная в термостат (углевещество). Квантовые переходы, обусловленные взаимодействием молекул газа с термостатом, будут диссипативными (с вероятностью P) в отличие от взаимодействия с внешним полем (с вероятностью F). Диссипативные процессы приводят к тому, что вторичное поле (отклик системы) всегда меньше первичного. В рамках неравновесной квантовой термодинамики получено выражение для функции отклика подсистемы газовых молекул на внешние воздействия (давление, температура и др.).

УДК 669.1.054.79. КИМ В.А., ТРЕБУХОВА Т.А., СЕРЕДЕНКО А.С. **Перспективы развития бескоксовой металлургии.**

Приведены результаты литературного обзора существующего бескоксowego производства. Большое внимание уделено способам производства металлизированного продукта. Рассмотрены результаты промышленного

ЭОЖ 669.054. КИМАНОВ Б.М. **Болатты ерітілген оттектен сүзгілеп тазарту механизмін зерттеу.**

Металдар мен қорытпаларды сүзгілеп тазарту әдісі, пайдаланылатын сүзгілердің типтері және тазарту механизмі туралы қысқаша ақпарат берілген. Көлемді сүзгілердің аса тиімді болып табылатыны көрсетілген. Тазарту механизмі басты түрде балқытпада таразыланған металл емес қосындыларды тұтумен байланысады. Металл балқытпаларды ерітілген қоспадан тазартудың сүзгілеу теориясындағы жаңа механизмін айқындау бойынша зерттеулер жүргізілген. Оны іске асыру механизмі ұсынылған, ол дайын төсеніште сияқты тікелей сүзгінің бетінде оны аса қаныққан балқытпадан металл емес фазаға байланыстырудың химиялық реакциясы жүруін жорамалдайды. Сүзгілеу процесін модельдеу эксперименттік қондырғыда жүзеге асырылған. Болатты ерітілген оттектен сүзгілеуді модельдеу мысалында тазарту механизмі эксперимент түрінде расталған.

ЭОЖ 669.3. ХАРЧЕНКО Е.М., ЖУМАСHEB K.Ж. **Мысты ортоарсенат құрамынан темірмен қатты фазалы тотықсыздандыру реакцияларын зерделеу.**

Ара қатыстары әртүрлі болғанда мыстың ортоарсенаты құрамынан мысты металл темірмен тотықсыздандыруды зерделеу бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілген, алынған деректер кейіннен нақты қожға, атап айтқанда БМЗ қожына қолданылады. Термодинамикалық, дериватографиялық, рентген-фазалық талдау нәтижелері мысты ортоарсенат құрамынан металл темірмен сұрыптық және қатты фазалы тотықсыздандыру мүмкіндігі туралы тұжырым жасауға мүмкіндік береді. Мыстың ортоарсенаты құрамынан мысты металл темірмен тотықсыздандыру 700 °С жоғары температурада жүреді және темірдің жұмсалыуына байланысты металл мыс және күшәннің әртүрлі қосылыстары – күшән триоксиді, мыс және темір арсенидтері түзіледі. Алынған нәтижелер тұст металлургия қожын қайта өңдеудің жаңа технологиясын жасау кезінде теориялық негіздерді әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

ЭОЖ 622.324.5. ҚЫЗЫРОВ К.Б., ПОРТНОВ В.С., ТАТКЕЕВА Г.Г., БАЙКЕНЖИНА А.Ж. **Көмір затының тепе-тең емес термодинамикасы.**

Метан, басқа газдар және ұшқыш заттар молекулалары термостатқа (көмір заты) салынған өзара әрекеттестейтін бөлшектер жүйесі ретінде қарастырылған. Газ молекулаларының термостатпен өзара әрекеттесуімен қамтамасыз етілген кванттық ауысу сыртқы өріспен (F ықтималдығымен) өзара әрекеттесуден ерекшелігінде диссипативті (P ықтималдығымен) болады. Диссипативті процестер екінші реттік өрістің (жүйе реакциясы) бірінші реттік өрістен ылғи да аз болуына әкеледі. Тең салмақты емес кванттық термодинамика шеңберінде газ молекулалары қосалқы жүйесінің сыртқы әсерлерге (қысым, температура және т.б.) реакциясының функциясына арналған өрнек алынған.

ЭОЖ 669.1.054.79. КИМ В.А., ТРЕБУХОВА Т.А., СЕРЕДЕНКО А.С. **Кокссыз металлургияның даму перспективалары.**

Қолданыстағы кокссыз өндіріске әдебиеттік шолу жасау нәтижелері келтірілген. Металданған өнімді өндіру тәсілдеріне көп көңіл бөлінген. Кокссыз сұбалардың артықшылықтары көрсетілген. Қолданылатын тотықсыз-

UDC 669.054. KIMANOV B.M. **Studying Mechanism of Steel Filtration Refining from Dissolved Oxygen.**

There has been given short information about the filtration method of metals and alloys refining, types of the filters used and the refining mechanisms. There has been shown that the most efficient are depth filters. The refining mechanism is mainly connected with trapping suspended in the melt nonmetallic inclusions. There have been carried out studies to reveal a new in the theory of filtering refining mechanism which suggests a chemical reaction of transferring it from the oversaturated melt into the nonmetallic phase immediately on the filter surface as on the ready bedding. The filtering process modeling has been carried out on an experimental installation. On the example of steel filtering modeling from dissolved oxygen there has been experimentally proved the refining mechanism.

UDC 669.3. KHARCHENKO Ye.M., ZHUMASHEV K.Zh. **Studying Reactions of Solid-Phase Copper Reduction with Iron from Orthoarsenate.**

There have been carried out experimental studies of copper reduction from orthoarsenate with metallic iron with different their ratios and the following use of the data obtained in real slag, particularly, in the BMP slag. The results of thermodynamic, derived-and-graphic, X-ray-phase analysis permit to make a conclusion about the possibility of copper selective and solid-phase reduction from orthoarsenate with metallic iron. The reduction goes on at the temperature over 700°C and depending on iron rate there is formed metallic copper and different bismuth compounds – bismuth trioxide, copper and iron arsenides. The results obtained can be used for working out theoretical principles in developing new technologies of non-ferrous metallurgy slag treating.

UDC 622.324.5. KYZYROV K.B., PORTNOV V.S., TATKEYEVA G.G., BAIKENZHINA A.Zh. **Unbalanced Thermodynamics of Coal Matter.**

Molecules of methane, other gases and volatiles are considered as a system of non-interacting particles placed in a thermostat (coal matter). Quantum transitions conditioned by gas molecules interaction with the thermostat will be dissipative (with probability P) as compared to the interaction with the outer field (with probability F). Dissipative processes lead to that the secondary field (system response) is always less than the primary one. In the frames of unbalanced quantum dynamics there has been obtained an expression for the function of gas molecules subsystem response to outer effects (pressure, temperature, etc.).

UDC 669.1.054.79. KIM V.A., TREBUKHOVA T.A., SEREDENKO A.S. **Prospects of Developing Coke-Free Metallurgy.**

There are presented the results of the literature review of the existing coke-free production. Great attention is paid to the methods of producing a metallized product. There are considered the results of industrial

освоения процессов. Показаны достоинства бескоксовых схем. Выявлена квалификация процессов по типу применяемого восстановителя. Отмечены преимущества по экологическим факторам технологии прямого получения железа перед коксодомненным производством.

УДК 622.7. ТОКБУЛАТОВ Т.Е. Определение оптимальных условий флотации молибдена с применением вероятностно-детерминированного метода планирования эксперимента.

Исследован процесс флотации молибденовых руд с применением вероятностно-детерминированного метода планирования эксперимента. Контроль за влиянием параметров осуществляли по качественно-количественным характеристикам флотации. Составлен план шестифакторного эксперимента на пяти уровнях. В условиях эксперимента определяющими факторами процесса являются: содержание класса - 0,074 мм, расходы реагентов, г/т: ВК-987, Т-80, жидкого стекла и pH среды. Оптимальным режимом извлечения следует считать 65% класса - 0,074 мм. Максимальные показатели по извлечению молибдена в концентрат 49,22% наблюдаются при pH=8,5. Наиболее оптимальным является расход жидкого стекла 150 г/т.

УДК 622.831. ДЕМИН В.Ф., ПОРТНОВ В.С., ДЕМИНА Т.В., БАЛАБАС А.Ю. Автоматизированная среда для расчета параметров анкерного крепления выемочных выработок.

Создана интеллектуальная информационная система, обеспечивающая принятие технологических решений и служащая для расчета параметров анкерной крепи с представлением схемы ее эксплуатации на базе геомеханического прогноза состояния горного массива. Алгоритм созданной интеллектуальной среды состоит в следующем. Параметрами анкерной крепи являются: расчетное сопротивление, податливость, расстояние между анкерами в ряду и между рядами, плотность усталости анкеров [1]. Расчет параметров анкерной, комбинированной крепи и средств усиления в зоне временного опорного давления производится с учетом размеров и глубины расположения выработки, способа и параметров ее охраны, прочности, трещиноватости, устойчивости вмещающих пород и интенсивности проявлений горного давления.

УДК 627.431. БЕСИМБАЕВА О.Г., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., ДОЛГОНОСОВ В.Н. Расчет устойчивости откосов ограждающих дамб золоотвалов.

Рассмотрены факторы, влияющие на общую устойчивость откосов гидротехнических сооружений. Приведены модели расчета устойчивости земляных откосов ограждающих дамб золоотвалов. Рассмотрены общие расчетные случаи устойчивости и верхового откоса ограждающей дамбы. Выполнен расчет нормальной фильтрационной прочности грунта дамбы. Приведен частный случай местного нарушения целостности низового клина откоса под действием фильтрационных сил. При расчетах устойчивости откосов необходимо учитывать, что физико-механические характеристики тела дамбы претерпевают существенные изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения. Устойчивость ограждающих дамб золоотвалов определяется комплексом инженерно-геологических,

дандырғыш типі бойынша процестерді жіктеу айқындалған. Кокс-домна өндірісінің алдында темірді тікелей алу технологиясының экологиялық факторлары бойынша артықшылықтары белгіленген.

ӘОЖ 622.7. ТОКБУЛАТОВ Т.Е. Экспериментті жоспарлаудың ықтималды-детерминделген әдісін қолдану арқылы молибденді байытудың оңтайлы шарттарын анықтау.

Экспериментті жоспарлаудың ықтималды-детерминделген әдісін қолдану арқылы молибден рудаларын байыту процесі зерттелген. Параметрлердің әсерін бақылау байытудың сапалы-сандық сипаттамалары бойынша жүзеге асырылды. Алты факторлы эксперименттің бес деңгейдегі жоспары құрастырылған. Эксперимент жағдайларында процесті анықтау факторлары: кластың құрамы - 0,074 мм, реагенттердің, г/т: ВК-987, Т-80, сұйық шынының және pH ортаның жұмсалыуы болып табылады. Ұсақтаудың оңтайлы режимі деп кластың 65% - 0,074 мм есептеу керек. Молибденді 49,22% концентратқа алу бойынша максимум көрсеткіштер pH=8,5 болғанда байқалады. 150 г/т сұйық шынының жұмсалыуы аса оңтайлы болып табылады.

ӘОЖ 622.831. ДЕМИН В.Ф., ПОРТНОВ В.С., ДЕМИНА Т.В., БАЛАБАС А.Ю. Алу қазбаларының анкерлік бекітпес параметрлерін есептеуге арналған автоматтандырылған орта.

Технологиялық шешімдердің қабылдануын қамтамасыз ететін және тау-кен массивінің күйін геомеханикалық болжау базасында анкерлік бекітпелі пайдалану сұлбасын ұсынып, оның параметрлерін есептеу үшін қызмет атқаратын зияткерлік ақпараттық жүйе құрылған. Құрылған зияткерлік ортаның алгоритмі келесіден құралады. Анкерлік бекітпе параметрлері: есептік кедергісі, икемділігі, қатардағы анкерлер арасындағы және қатарлар арасындағы ара қашықтық, анкерлерді орнату тығыздығы [1] болып табылады. Қазбаның өлшемдері және орналасу тереңдігі, оны қорғау тәсілі және параметрлері, жанасу жыныстарының беріктігі, жарықшақтылығы, орнықтылығы және тау қысымының айқындалу қарқындылығы есепке алынып, анкерлік құрама бекітпелі және уақытша тірек қысым аймағында күшейту құралдарының параметрлерін есептеу жүргізілген.

ӘОЖ 627.431. БЕЙСЕМБАЕВА О.Г., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., ДОЛГОНОСОВ В.Н. Күл үйінділерін қоршайтын бөгеттер қиябеттерінің орнықтылығын есептеу.

Гидротехникалық ғимараттар қиябеттерінің жалпы орнықтылығына әсер ететін факторлар қарастырылған. Күл үйінділерін қоршайтын бөгеттердің жердегі қиябеттерінің орнықтылығын есептеу модельдері келтірілген. Қоршайтын бөгеттің жоғарғы қиябеті орнықтылығының жалпы есептік жағдайлары қарастырылған. Бөгет грунттың қалыпты сұзілу беріктігін есептеу орындалған. Сұзілу күштерінің әсерінен қиябеттің төменгі сынасы тұтастығының жергілікті бұзылуының жеке жағдайы келтірілген. Қиябеттердің орнықтылығын есептеу кезінде бөгет денесінің физика-механикалық сипаттамаларының ғимаратты салу және пайдалану процесінде елеулі өзгерістерге ұшырайтынын есепке алу қажет.

implementation of the processes. There are shown the advantages of coke-free schemes. There is revealed the qualification of the processes according to the type of reducer used. There are noted the advantages relating to the ecological factors of the iron direct production technology before coke blast furnace production.

UDC 622.7. TOKBULATOV T.E. Determining Optimal Conditions of Molybdenum Flotation Using Probabilistic-Determined Method of Experiment Planning.

There is studied the process of molybdenum ores flotation using a probabilistic-determined method of experiments planning. The parameters effect has been controlled according to the flotation quality-and-quantity characteristics. There has been made a plan of six-factor experiment at five levels. In the experimental conditions the determining factors of the process have been: class content, reagents consumption and environment pH. The optimal mode of milling there must be considered 65% of the class -0,074 mm. maximum characteristic of molybdenum extracting to the concentrate 49,22% have been observed at pH=8,5. The most optimal is liquid glass rate 150 g/t.

UDC 622.831. DYOMIN V.F., PORTNOV V.S., DYOMINA T.V., BALABAS A.Yu. Automated Environment for Calculating Stalls Roof Bolting Parameters.

There has been formed an intellectual information system ensuring making technological decisions and serving for calculating roof bolting parameters with presenting its operation scheme based on geomechanical forecast of the mining mass state. The roof bolting parameters are: design resistance, compliance, distance between anchors in a row, anchors mounting consistency [1]. Calculating the parameters of anchor, combined support and strengthening means in the zone of the temporary support pressure is carried out taking into consideration the sizes and the depth of the working location, methods and parameters of its protection, strength, cracking, enclosing rocks stability and mining pressure manifestations intensity.

UDC 627.431. BESIMBAYEVA O.G., NIZAMETDINOV F.K., DOLGONOSOV V.N. Calculating Ash Dump Dams Enclosing Slopes.

There are considered the factors effecting the general stability of hydro-technical structures slopes. There are presented the models of calculating the earth slopes stability of protecting dams of ash dumps. There are considered general calculated cases of the protecting dam upper slope stability. There is presented a private case of the local integrity breaking of the slope lower wedge under the action of filtration forces. In calculating slopes stability it's necessary to take into consideration that physical-and-chemical characteristics of the dam body are subjected to significant changes in the process of the structure construction and use. Ash dumps protecting dams stability is determined by the complex of engineering-and-geological, hydro-geological and anthropogenic factors.

гидрогеологических и техногенных факторов.

УДК 622.231. БЕЙСЕМБАЕВ К.М. **Неравновероятное контактирование кровли с верхняками.**

Рассмотрена проблема контактирования верхняка крепи с кровлей. Учтены различные варианты контактирования в зависимости от нарушения поверхности и особенностей формирования нарушения исполнительными органами комбайнов, а также рассмотрено неравновероятная схема контактирования, которая приводит к повышению контактирования торцевых частей конструкции. Предлагаются новые элементы к системе, ранее выполненной автором, которая позволяет сочетать расчет контактирования и расчет несущей балки кровли от изгиба. Это позволит подойти к модели, учитывающей бифуркации в системе, включая и возникновение в ней колебаний.

УДК 622.324.5. ТАТКЕЕВА Г.Г. **Теоретические аспекты метановыделения из угольных пластов.**

Получена зависимость газовой выделение от метаноносности угольного пласта. В простейшем случае метановыделение линейно увеличивается с увеличением глубины залегания пласта. Полученная формула дает квадратичную зависимость роста метаноносности от глубины залегания. Показана сложная зависимость давления газа в пласте от его концентрации и свойств угольного вещества. Однако все параметры в полученной формуле экспериментально определяемы, что важно с практической точки зрения.

УДК 622.271=512.122. КАПАСОВА А.З. **Основы расчетов устойчивости карьерных откосов.**

Приведено обоснование способа расчета устойчивости бортов карьера. Предлагаемый способ расчета поверхности скольжения должен обеспечить обоснованность в теоретическом отношении и возможность использования данного метода в конкретных горно-геологических условиях. К настоящему времени разработано более 150 способов и приемов расчета устойчивости свободных откосов. Способ расчета тесно связан с условием образования реальной поверхности скольжения в массиве. Рассмотрена особенность сдвигающего угла в нижней части откоса. Выполнен анализ определения ширины призмы возможного обрушения. Установлена связь поверхности скольжения с горно-геологическим условием карьера.

УДК 622.271=512.122. КУАНЫШБЕКОВА А.А., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К. **Методы расчета и оценки устойчивости параметров карьерных откосов.**

С увеличением глубины карьеров влияние угла наклона бортов на экономические показатели резко возрастает. Занижение угла ведет к большим неоправданным затратам за счет увеличения вскрышных работ, а завышение – к оползням и обрушениям уступов и бортов карьеров. Поэтому обеспечение устойчивости карьерных откосов в предельном положении при максимально возможных крутых углах их наклона, разработка мер предупреждения и борьбы с оползнями и обрушениями являются актуальной проблемой. Решение вопросов устойчивости уступов и бортов карьеров находится в прямой зависимости от исходных данных, которые используются при расчетах. Все существующие методы расчетов позволяют получить единые данные. Устойчивость откосов уступов и бортов карьеров от крытым способом

ЭОЖ 622.231. БЕЙСЕМБАЕВ К.М. **Төбенің маңдайшалармен тең емес ықтималды түйісуі.**

Бекітпе маңдайшасының төбемен түйісу проблемасы қарастырылған. Беттің бұзылғандығына және комбайндардың атқару органдарының бұзылғандықты қалыптастыру ерекшеліктеріне байланысты түйісудің әртүрлі нұсқалары ескерілген, сондай-ақ түйісудің тең емес ықтималды сұлбасы қарастырылған, ол конструкцияның бүйірлік беттері түйісуінің жоғарылауына әкеледі. Автормен бұрын орындалған жүйеге жаңа элементтер ұсынылады, ол түйісуді есептеу мен төбенің иілістен көтергіш арқалығын есептеуді үйлестіруге мүмкіндік береді. Бұл онда тербелістердің пайда болуын қосқанда, жүйедегі бифуркацияны есепке алатын модельге келуге мүмкіндік береді.

ЭОЖ 622.324.5. ТАТКЕЕВА Г.Г. **Көмір қаттарынан метан бөлінуінің теориялық аспектілері.**

Газ бөлінуінің көмір қатының метандылығына тәуелділігі алынған. Қарапайым жағдайда қат жатысы тереңдігінің ұлғаюымен метан бөліну ұлғаяды. Алынған формула метандылық артуының жатыс тереңдігіне квадраттық тәуелділігін береді. Қаттағы газ қысымының оның концентрациясына және көмір затының қасиеттеріне күрделі тәуелділігі көрсетілген. Алайда алынған формулада барлық параметрлер эксперимент түрінде анықталады, бұл практикалық көзқарастан алғанда маңызды.

ЭОЖ 622.271=512.122. КАПАСОВА А.З. **Карьер қиябеттерінің орнықтылығын есептеу негіздері.**

Карьер беткейлерінің орнықтылығын есептеу тәсілін негіздеу келтірілген. Сырғанау бетін есептеудің ұсынылатын тәсілі теориялық қатынаста негізделгендікті және берілген әдісті нақты кен-геологиялық жағдайларда пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. Қазіргі уақытта бос қиябеттердің орнықтылығын есептеудің 150-ден астам тәсілдері мен әдістері әзірленген. Есептеу тәсілі массивте нақты сырғанау бетінің пайда болу шартымен тығыз байланысты. Қиябеттің төменгі бөлігіндегі ығыстырушы бұрыштың ерекшелігі қарастырылған. Мүмкін опырылу призмасының енін анықтауды талдау орындалған. Сырғанау бетінің карьердің кен-геологиялық жағдайымен байланысы орнатылған.

ЭОЖ 622.271=512.122. КУАНЫШБЕКОВА А.А., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К. **Карьер қиябеттері параметрлерінің орнықтылығын есептеу және бағалау әдістері.**

Карьерлер тереңдігінің ұлғаюымен беткейлердің көлбеу бұрышының экономикалық көрсеткіштерге әсері күрт өседі. Көмірдің төмендеуі – аршу жұмыстарының ұлғаюы есебінен ақталмаған үлкен шығындарға, ал жоғарылауы карьерлер кертпештері мен беткейлерінің көшкіндеріне және опырылымдарына әкеледі. Сондықтан шекті жағдайда карьер қиябеттері ылданының максимум мүмкін тік бұрыштары болғанда олардың орнықтылығын қамтамасыз ету, көшкіндерді және опырылымдарды ескерту және олармен күрес жүргізу шараларын әзірлеу маңызды проблема болып табылады. Карьерлер кертпештері мен беткейлерінің орнықтылығы мәселелерін шешу есептеулер кезінде пайдаланылатын алғашқы деректерге тікелей тәуелді болады. Барлық қолданылатын есептеу әдістері бірыңғай деректерді алуға мүмкіндік береді. Карьерлер кертпештерінің қиябеттері мен

UDC 622.231. BEISEMBAYEV K.M. **Unequal-Probability Roof Contacting with Beams.**

There is considered the problem of the support beam contacting with the roof. There are taken into account different variants of contacting depending on the surface disturbance and peculiarities of the disturbance forming by the cutter-loader working elements; there is also considered an unequal-probability scheme of contacting which leads to increasing the end parts contacting increase. There are suggested new elements to the system made by the author before, which permits to combine the contacting calculation with the calculation of the roof bearing beam from the bending. This will permit to come to a model that takes into account the system bifurcation including oscillations occurrence.

UDC 622.324.5. TATKEYEVA G.G. **Theoretical Aspects of Methane Emission from Coal Seams.**

There has been obtained a gas emission dependence on the coal seam methane content. In the simplest case methane emission increases linearly with the increase of the seam bedding depth. The formula obtained gives a square dependence of methane content growth with the bedding depth. There has been shown a complicated dependence of gas pressure in the seam on its concentration and the coal matter properties. However, all the parameters in the formula obtained are experimentally determined, which is important from the practical point of view.

UDC 622.271=512.122. KAPASOVA A.Z. **Principle of Calculating Quarry Slopes.**

There is presented a substantiating of calculating a quarry slopes stability. The method suggested for sliding surface calculating is to ensure the substantiation in theoretical relation and the possibility to use the given method in concrete mining geological conditions. By the present time there had been developed over 150 methods of calculating free slopes stability. The calculation method is closely connected with the condition of forming a real sliding surface in the mass. There is considered a peculiarity of the shifting angle in the slope lower part. There has been carried out the analysis to determine the width of possible breaking prism. There has been established a connection between the sliding surface and the quarry mining geological condition.

UDC 622.271=512.122. KUANYSHEKOVA A.A., NIZAMETDINOV F.K. **Methods of Calculating and Estimating Open-Pit Slopes Stability Parameters.**

With the increasing of the open-pit depth the effect of the sides inclination angle on the economic characteristics increases sharply. The angle decreasing leads to high costs due to increasing the overburden operations, and the angle increasing leads to landslips and breaking of open-pit benches and sides. That's why open-pit slopes stability ensuring in the ultimate position with maximally possible sharp angles of their inclination, developing measures for preventing and fighting landslips and breaking, form an urgent problem. Its solving depends directly on the starting data used in the calculation. All the existing methods of calculation permit to obtain the unified data. Open-pit slopes stability is based on studying methods of calculating slopes stability and measures to ensure their stability on the project contours.

основывается на изучении методов расчета устойчивости откосов и мероприятий по обеспечению их устойчивости на проектных контурах. В работе обобщены существующие методы расчета и оценки устойчивости параметров откосов уступов и бортов карьеров.

беткейлерінің орнықтылығы ашық тәсілмен қиябеттердің орнықтылығын есептеу әдістерін және олардың жобалық контурлардағы орнықтылығын қамтамасыз ету бойынша шараларды зерделеуге негізделеді. Жұмыста карьерлер кертпештерінің қиябеттері мен беткейлері параметрлерінің орнықтылығын есептеудің және бағалаудың қолданыстағы әдістері қорытылған.

УДК 911.3:314.8 (574.5). ЖУМБАЕВА С.Д. **Проблемы экосистемы в контексте градостроительных подходов в расселении жителей г. Актобе.**

Рассматриваются вопросы экосистемы г. Актобе в связи с новыми подходами в градостроительстве. Одним из путей преодоления эколого-экономических проблем автор видит в возможности внедрения новой методологии пространственной организации территории. В связи с этим по-новому рассматривается система расселения населения в урбанизированном мире. Анализируются особенности и экономического воздействия и государственного контроля за процессом охраны окружающей среды г. Актобе. Изложены основные индикаторы устойчивого развития в градостроительстве. Основное содержание качества жизни трактуется в выработке экологического стандарта. Определен экологический подход в решении эколого-экономических проблем, раскрывающий значение мировоззренческих ценностей в экологическом просвещении.

ӘОЖ 911.3:314.8 (574.5). ЖҰМБАЕВА С.Д. **Ақтөбе қаласының тұрғындарын қоныстандырудағы қала салудың ыңғайлары контекстіндегі экожүйе проблемалары.**

Қала құрылысындағы жаңа ыңғайларға байланысты Ақтөбе қ. экожүйесі мәселелері қарастырылады. Автор экология-экономикалық проблемаларды жеңу жолдарының бірін аумақты кеңістіктік ұйымдастырудың жаңа әдіснамасын ендіру мүмкіндігінен көреді. Осыған байланысты халықты кентендірілген әлемде қоныстандыру жүйесі қарастырылады. Ақтөбе қаласының қоршаған ортасын қорғау және экономикалық ықпал ету процесін мемлекеттік бақылау ерекшеліктері талданады. Қала салудағы тұрақты дамудың негізгі индикаторлары аталған. Өмір сапасының негізгі мазмұны экологиялық стандартты жасауда түсіндіріледі. Экология біліміндегі дүниетанымдық құндылықтардың мәнін ашатын экология-экономикалық проблемаларды шешудегі экологиялық ыңғай анықталған.

UDC 911.3:314.8 (574.5). ZHUMABAYEVA S.D. **Ecosystem Problems in the Context of Architectural Approach in Aktobe City Inhabitants Settling.**

There are considered the questions of Aktobe city ecosystem in connection with new approaches in architecture. One of the ways of overcoming ecologic-and-economic problems is seen by the author in the possibility of introducing a new methodology of the space organization of the territory. In this connection there is reconsidered the system of the population settling in the urbanized world. There are analyzed the peculiarities of the economic action and the state control over the process of Aktobe city environment. There are noted the main indices of the stable development in architecture. The main content of the life quality is interpreted in the working out an ecological standard. There has been determined the oxyologic approach to solving ecologic-and-economic problems revealing the meaning of the vision values in ecological education.

УДК 622.324.5. ГАЗАЛИЕВ А.М., БАЙМУХАМЕТОВ Т.К., ФИЛИМОНОВ Е.Н., ТАТКЕЕВА Г.Г. **Анализ эффективности использования вакуум-насосных станций на шахтах Карагандинского угольного бассейна.**

На шахтах Карагандинского угольного бассейна имеется значительное количество метана, извлекаемого средстами дегазации и не утилизируемого по различным причинам. В работе показано, что один из путей промышленной утилизации шахтного метана состоит в использовании мобильной газогенераторной установки с оптимальными характеристиками, позволяющей снизить эмиссию метана в атмосферу и использовать вырабатываемую электроэнергию в общешахтной сети.

ӘОЖ 622.324.5. ҒАЗАЛИЕВ А.М., БАЙМУХАМЕТОВ Т.К., ФИЛИМОНОВ Е.Н., ТАТКЕЕВА Г.Г. **Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында вакуум-сорғылық станцияларды пайдалану тиімділігін талдау.**

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында газсыздандыру құралдарымен алынатын және әр түрлі себептер бойынша пайдаға асырылмайтын метанның едәуір көп мөлшері бар. Жұмыста шахта метанын өнеркәсіптік пайдаға асыру жолдарының бірі оңтайлы сипаттамалары бар ұтқыр газ-генераторлық қондырғыны пайдаланудан тұрады, ол метанның атмосферға эмиссиясын азайтуға және өндірілетін электр энергиясын жалпы шахталық желіде пайдалануға мүмкіндік береді.

UDC 622.324.5. GAZALIYEV A.M., BAIMUKHMETOV T.K., FILIMONOV Ye.N., TATKEYEVA G.G. **Analyzing Vacuum-Pump Stations Use Efficiency at Karaganda Coal Basin Mines.**

At the Karaganda coal basin mines there is a significant content of methane extracted by means of degassing and not utilized due to various reasons. In the work there is shown that one of the ways of industrial mine methane utilization consists in using a mobile gas-generating unit with the optimal parameters permitting to decrease methane emission into the atmosphere and to use the electric power generated in the general mining network.

УДК 622.693. ТОГИЗБАЕВА Б.Б. **Критерии определения рациональных параметров бункеров при аккумулировании горной массы.**

Рассматриваются критерии определения рациональных параметров бункеров при аккумулировании горной массы. При выборе бункеров для сыпучего материала главной задачей является определение рациональных конструктивных параметров и размеров выпускных отверстий. Выбор рациональных размеров и формы выпускных отверстий имеют важное практическое значение для обеспечения необходимой пропускной способности разгрузочных бункеров и механизма разгрузки. При недостаточных размерах выпускных отверстий из-за сводообразования горной массы снижается пропускная способность бункеров, что приводит к увеличению продолжительности и трудоемкости разгрузочных работ. Излишнее увеличение размеров выпускных отверстий приводит к увеличению давления сыпучего материала на ленточные питатели, увеличение их массы, усложнению конструкции горно-транспортного оборудования. Связь с физико-механическими свойствами горной массы и параметров аккумулирующей емкости приводит к необходимости исследования условий

ӘОЖ 622.693. ТОҒЫЗБАЕВА Б.Б. **Кен массасын жинақтау кезінде шанаптардың ұтымды параметрлерін анықтау критерийлері.**

Кен массасын жинақтау кезінде шанаптардың ұтымды параметрлерін анықтау критерийлері қарастырылған. Сусымалы материалға арналған шанаптарды таңдау кезінде шығару тесіктерінің ұтымды конструкциялық параметрлері мен өлшемдерін анықтау болып табылады. Шығару тесіктерінің ұтымды өлшемдері мен пішінін таңдаудың түсіру шанаптары мен түсіру механизмінің қажетті өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін маңызды практикалық мәні бар. Кен массасының күмбез түзуінен шығару тесіктерінің өлшемдері жеткіліксіз болғанда шанаптардың өткізу қабілеті төмендейді, бұл түсіру жұмыстары ұзақтығының және көп еңбек етуді қажет етуінің ұлғаюына әкеледі. Шығару тесіктері өлшемдерінің артық ұлғаюы сусымалы материалдың таспалы қоректендіргіштерге қысымының ұлғаюына, олардың массасының ұлғаюына, кентасымалдық жабдықтар конструкциясының күрделіленуіне әкеледі. Кен массасының физика-механикалық қасиеттерімен және жинақтайтын ыдыс параметрлерінің байланысы таспалы қоректендіргішке түсіру кезінде сусымалы материалдың өту жағдайларын зерттеу қажеттілігіне әкеледі.

UDC 622.693. TOGYZBAYEVA B.B. **Criteria of Determining Bins Rational Parameters in Mining Mass Accumulating.**

There are considered the criteria of determining bins rational parameters in mining mass accumulating. When selecting the bins for loose material the main task is determining rational structural parameters and outlets size. This is of great practical significance to ensure the necessary capacity of the unloading bins and mechanisms. With small outlets size due to mining mass bridging the bins capacity decreases which leads to increasing unloading operations duration and labor intensity. Too large outlets size leads to increasing the loose material pressure on the belt feeders, their mass increase and mining transport equipment structure complicating. The connection with physical-and-mechanical properties of mining mass and accumulating reservoir parameters lead to the necessity to study the conditions of the loose material outflow when unloading it on the belt feeder.

истечения сыпучего материала при выгрузке на ленточный питатель.

УДК 622.693. МАЛЫБАЕВ С.К., ТОГИЗБАЕВА Б.Б. **К вопросу полной выгрузки мелкодробленой рудной массы из бункера.**

Рассматриваются вопросы полной выгрузки мелкодробленой рудной массы из бункеров обогатительных фабрик. Предлагаются способы для предотвращения слеживаемости сыпучего материала в горно-транспортном оборудовании. Изучены физико-механические свойства мелкодробленой руды, а именно влажность, гранулометрический состав, и конструктивные параметры бункеров. Потеря сыпучести зависит от сил внутреннего сцепления и сил взаимодействия рудной массы с рабочей поверхностью. Для достижения полной разгрузки бункера и обеспечения ритмичной работы оборудования обогатительной фабрики предлагается оптимальный режим эксплуатации. Силы взаимодействия рудной массы и рабочей поверхности выражены через коэффициент внутреннего трения. Установлен предельный угол наклона бортов бункера β .

УДК 624.012.35/46(075). НЭМЕН В.Н., ЛИТВИНЕНКО В.А., АДАМОВИЧ Д.О., ЗОЛотовсков М.И. **Исследования армокирпичной перемычки.**

Сборные армокирпичные перемычки предлагаемого типа являются новой конструкцией. Идея конструкции основана на использовании дырчатых кирпичей, через которые пропущена продольная стальная арматура. Для увеличения сопротивления на действие поперечной силы в растворных швах установлены проволоочные хомуты. В статье детально описано испытание такой конструкции нагружением до разрушения. Установлена достаточно высокая несущая способность и трещиностойкость. Расчётные формулы для определения прочности по наклонным сечениям показали удовлетворительную сходимость с результатом испытания. Однако единичный характер эксперимента не даёт основания считать их универсальными, требуются дополнительные эксперименты.

УДК 666.972.16. ШАРИПОВ С.М., ДАЛЕНОВА Н.А. **Организация производства серных плиток с использованием местных сырьевых материалов.**

Представлена новая технология получения серного вяжущего. Реализация вяжущего в виде товарной продукции для широкого использования в строительной республике осуществляется путем совместного помола комовой серы, отходов ракушечника и модификатора. Традиционные технологические приемы получения серобетонных (способы модификаций, подбор составов, температуры, вид наполнителя) оказались недостаточно эффективными, возможно вследствие того, что используемая в работе сера Тенгизского газоконденсатного завода характеризуется высокой степенью чистоты и требует особого подхода при разработке технологии для получения качественных материалов на ее основе. При отработке состава серного вяжущего изучалось влияние вида минерального наполнителя, степени наполнителя, тонкости помола наполнителя. Предлагаемая технология получения материалов на основе серы отличается простотой и может быть внедрена с использованием серийного оборудования при незначительных

эо ж 622.693. МАЛЫБАЕВ С.К., ТОГИЗБАЕВА Б.Б. **Ұсақ уатылған руда массасын шанаптан толығымен түсіру мәселесіне.**

Байыту фабрикалары шанаптарынан ұсақ уатылған руда массасын толығымен түсіру мәселелері қарастырылады. Сусымалы материалдың кентасымалдық жабдықтауға жабысқыштығын болдырмауға арналған тәсілдер ұсынылады. Ұсақ уатылған руданың физика-механикалық қасиеттері, атап айтқанда ылғалдылығы, түйіршік өлшемді құрамы және шанаптардың конструкциялық параметрлері зерделенген. Сусымалылықтың жоғалуы ішкі ілініс күштеріне және руда массасының жұмыс бетімен өзара әрекеттесу күштеріне байланысты болады. Шанаптың толығымен түсірілуіне қол жеткізу және байыту фабрикасы жабдықтауының бір қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін оңтайлы пайдаланылу режимі ұсынылады. Руда массасы мен жұмыс бетінің өзара әрекеттесу күштері ішкі үйкеліс коэффициенті арқылы өрнектелген. Шанап беткейлерінің шекті көлбеу бұрышы β анықталған.

ЭОЖ 624.012.35/46(075). НЭМЕН В.Н., ЛИТВИНЕНКО В.А., АДАМОВИЧ Д.О., ЗОЛотовсков М.И. **Шегенделген кірпіш маңдайшаны зерттеу.**

Ұсынылатын типті құрама шегенделген кірпіш маңдайшалар жаңа конструкция болып табылады. Конструкция идеясы тесікті кірпіштерді пайдалануға негізделген, олар арқылы бойлық болат арматура өткізілген. Ерітінді жіктеліміндегі көлденең күштің әсеріне кедергіні ұлғайту үшін сым қамыттары орнатылған. Мақалада осындай конструкцияны бұзылғанға дейін жүктеумен сынау толық сипатталған. Айтарлықтай жоғары көтергіш қабілеті және жарықшаққа төзімділігі анықталған. Көлбеу қималар бойынша беріктікті анықтау үшін есептеу формулалары сынау нәтижесімен қанағаттанарлық ұқсастықты көрсетті. Алайда эксперименттің бірыңғай сипаты оларды әмбебап деп санауға негіз бермейді, қосымша эксперименттер талап етіледі.

ЭОЖ 666.972.16. ШАРИПОВ С.М., ДАЛЕНОВА Н.А. **Жергілікті шикізат материалдарын пайдалану арқылы күкіртті плиталар өндірісін ұйымдастыру.**

Күкіртті тұтқыр затты алудың жаңа технологиясы ұсынылған. Тұтқыр затты республиканың құрылыс индустриясында кеңінен пайдалануға арналған тауар өнімі түрінде іске асыру кесекті күкіртті, ұлтас қалдықтары мен модификаторды бірлесіп ұнтақтау жолымен жүзеге асырылады. Күкіртті бетондарды алудың дәстүрлі технологиялық тәсілдері (модификация түрлері, құрамдарды іріктеу, температуралары, толтырғыш түрі) айтарлықтай тиімді болмай шықты, мүмкін жұмыста пайдаланылатын Теңіз газ-конденсат зауыты күкіртінің тазалықтың жоғары дәрежесімен сипатталуы және оның негізінде сапалы материалдарды алуға арналған технологияны әзірлеу кезінде ерекше ыңғайды талап етуі салдарынан шығар. Күкіртті тұтқыр заттың құрамын қазымдау кезінде минералдық толтырғыш түрінің әсері, толтырғыш дәрежелері, толтырғышты ұнтақтаудың егжей-тегжейі зерделенді. Күкірт негізінде материалдар алудың ұсынылатын технологиясы қарапайымдылығымен ерекшеленеді және шығындар аз болғанда сериялық жабдыктарды пайдалану арқылы өндірілуі мүмкін. Күкіртті бетондардан жасалған бұйымдар қыздырылған металл қалыптарға қалыпталады. Сонымен бірге алынатын материалдар-

UDC 622.693. MALYBAYEV S.K., TOGYZBAYEVA B.B. **To Question of Finely Crushed Ore Mass Complete Discharge from Bins.**

There are considered the questions of complete unloading of finely-crushed ore mass from the bins of concentrating mills. There are suggested methods of preventing loose materials packing property in mining transport equipment. There have been studied physical-and-mechanical properties of finely crushed ore, namely, its humidity, granulometric composition, bins structural parameters. Looseness loss depends on the inner adherence force and forces of ore mass interaction with the working surface. To achieve complete discharge and ensuring rhythmic operation of the concentration mill equipment, there is suggested an optimal mode of use. The forces of ore mass interaction with the working surface are expressed through the coefficient of internal friction. There is established the limit angle of the bin tilting.

UDC 624.012.35/46(075). NEMEN V.N., LITVINENKO V.A., ADAMOVICH D.O., ZOLOTOVSKOV M.I. **Studying Reinforced Brick Bulkhead.**

Prefabricated reinforced brick bulkheads of the type suggested are a new structure. The structure idea is based on the use of perforated bricks through which there passes steel reinforcement. To increase the resistance to transverse force action in the brick joints there are mounted wire clamps. Here there is described in details the testing of such a structure by loading till break. There is established rather a high bearing capacity and crack-resistance. The calculation formulae to determine the accuracy along the inclined sections showed a satisfactory compliance with the result of the testing. However, the unit character of the experiment doesn't permit to consider them universal, there are necessary additional experiments.

UDC 666.972.16. SHARIPOV S.M., DALENOVA N.A. **Organizing Manufacturing Sulfur Plates Using Local Raw Materials.**

There is presented a new technology of obtaining sulfur astringents. Realizing the astringent in the form of commerce goods for wide use in construction of the Republic is carried out by means of the joint milling sulfur, shell limestone and modifier. The traditional technological methods of obtaining sulfur concrete appeared to be not very efficient, perhaps due to the sulfur used from the Tenghiz gas-condensate plant is characterized by high degree purity and requires a special approach in developing a technology for obtaining quality materials based on it. In working out the composition of the sulfur astringent there has been studied the effect of mineral filler, filler degree, filler milling fineness. The technology suggested for obtaining materials based on sulfur is characterized by simplicity and can be introduced using a series equipment with low costs. Products made of sulfur concrete are formed in metallic heated moulds. The materials obtained possess a number of positive properties: high strength, chemical durability, quick strength obtaining, connected only with sulfur mixture cooling.

затратах. Изделия из серных бетонов формируются в металлических нагретых формах. При этом получаемые материалы обладают рядом положительных свойств: высокой прочностью, химической стойкостью, быстрым набором прочности, связанным только с остыванием серобетонной смеси.

УДК 69.058:691.32. НУГУЖИНОВ Ж.С. **Современные проблемы методологии обследования и оценки технического состояния железобетонных конструкций.** Анализируются основные проблемы методологии обследования и оценки технического состояния зданий и сооружений в современных условиях. Рассмотрены существующие методы и методики оценки состояния железобетонных конструкций, выявлены тенденции их развития. Предложена новая методология экспертного обследования железобетонных конструкций, основанная на комплексном исследовании их реальных условий работы в производственной системе зданий и сооружений. Представлена инновационная методика оценки фактического напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций на всех этапах строительства и эксплуатации, в том числе к моменту аварии, а также прогноза эксплуатационной надежности здания, сооружения как геотехнической системы в целом на долгосрочный период.

УДК 666.972.16. ЕСЕНБАЕВА А.А., ЧЕРДАБАЕВ Б.А., ТКАЧ Е.В. **Исследование процесса твердения фосфорного шлака при низкотемпературной дискретной тепловой обработке.**

Приведены данные, характеризующие влияние режима низкотемпературной дискретной тепловой обработки шлака с добавкой клинкера на активность вяжущего. Как известно, в практике широко используется механохимическая активация различных компонентов для повышения их химической активности и реакционной способности твердых тел. Для исследования фазового состава, кристаллической структуры и микроструктуры шлакового камня использовали физические методы исследований. Исследовали влияние способа ввода клинкера на структуру и активность фосфорно-шлаковых вяжущих. Помол шлака осуществляли в дезинтеграторе до удельной поверхностей 300-350 м²/г. При этом активизирующие компоненты вводили в состав фосфорно-шлаковых вяжущих двумя способами: путем совместного помола шлака с клинкером и помола фосфорного шлака с последующей добавкой молотого клинкера. Полученные результаты показывают преимущество данной обработки фосфорного шлака с добавкой клинкера, позволяющие без снижения прочности и получаемого материала сократить продолжительность низкотемпературной тепловой обработки.

УДК 539.3. КАСИМОВ А.Т. **Аналитические решения задачи изгиба слоистой пластины под синусоидальной и распределенной нагрузками в уточненной постановке.**

На основе варианта уточненной теории предложена методика расчета слоистых пластин произвольного строения по толщине. Предлагается подход к решению задач изгиба однородных и слоистых пластин под синусоидальной и распределенной нагрузками. Проведены сравнения результатов, полученных с помощью предложенной методики с известными

для жоғары беріктігі, химиялық төзімділігі, тек құрғтты бетон қоспасының суытылуымен ғана байланысты беріктікті жылдам қабылдау сияқты бірқатар жақсы қасиеттері бар.

ӘОЖ 69.058.691.32. НҰҒОЖИНОВ Ж.С. **Темір-бетон конструкцияларының техникалық күйін тексеру және бағалау әдіснамасының қазіргі заманғы проблемалары.**

Қазіргі жағдайлардағы үймереттер мен ғимараттардың техникалық күйін тексеру және бағалау әдіснамасының негізгі проблемалары талданады. Темір-бетон конструкцияларының техникалық күйін бағалаудың қолданылып жүрген әдістері мен әдіснамалары қарастырылған, олардың даму бағыттары айқындалған. Темірбетон конструкцияларын сараптық тексерудің жаңа әдістемесі ұсынылған, ол үймереттер мен ғимараттардың кеңістік жүйесінде жұмыс істедің нақты шарттарын кешенді зерттеуге негізделген. Құрылыстың және пайдаланудың барлық кезеңдерінде темір-бетон конструкцияларының нақтылы кернеулі-деформацияланған күйін бағалаудың, сондай-ақ жалпы алғанда геотехникалық жүйе ретінде үймереттің, ғимараттың ұзақ мерзімді кезеңге пайдаланылу сенімділігін болжаудың инновациялық әдістемесі ұсынылған.

ӘОЖ 666.972.16. ЕСЕНБАЕВА А.А., ЧЕРДАБАЕВ Б.А., ТКАЧ Е.В. **Төмен температурада дискреттік жылумен өңдеу кезінде фосфорлық қождың қату процесін зерттеу.**

Клинкер қосылған қождың төмен температурада дискреттік жылумен өңдеу режимінің тұтқырзаттың белсенділігіне әсерін сипаттайтын деректер келтірілген. Практикада қатты денелердің химиялық белсенділігін және реакциялық қабілеттілігін жоғарылату үшін әртүрлі компоненттерді механика-химиялық белсенділендірудің кеңінен пайдаланылатыны белгілі. Қож тасының фазалық құрамын, кристалдық құрылымын және микроқұрылымын зерттеу үшін физикалық зерттеу әдістерін пайдаланған. Клинкерді енгізу тәсілінің фосфор-қождың тұтқырзаттардың құрамымен белсенділігіне әсерін зерттеген. Қождың ұнтақтауды дезинтеграторда 300-350 м²/г-меншікті бетке дейін жүзеге асырған. Сонымен бірге белсенділендіруші компоненттерді фосфор-қождың тұтқырзаттардың құрамына екі тәсілмен: қождың клинкермен бірге ұнтақтау және кейіннен ұнтақталған клинкер қосылған фосфор қожын ұнтақтау жолымен енгізген.

ӘОЖ 539.3. ҚАСИМОВ А.Т. **Қабатты тілімшенің нақтыланған қойылымда синусоидаль және үлестірілген жүктемелер астында иілуі есебінің аналитикалық шешімдері.**

Нақтыланған теория нұсқасының негізінде қалыңдығы бойынша ерікті құрылымды қабатты тілімшелерді есептеу әдістемесі ұсынылған. Біртекті және қабатты тілімшелердің синусоидаль және үлестірілген жүктемелер астында иілуі есептерін шешуге амал ұсынылады. Шешімдері белгілі ұсынылған әдістеменің көмегімен алынған нәтижелерді салыстыру жүргізілген. Салыстырылған нәтижелердің жақсы сәй-

UDC 69.058:691.32. NUGUZHINOV Zh.S. **Modern Problems of Reinforced Concrete Structures Technical Condition Examination and Assessment Methodology.**

There are analyzed the main problems of methodology of buildings and structures technical condition examining and estimating. There are considered the existing methods and methodologies of reinforced concrete structures state assessment, revealed their development tendencies. There is suggested a new methodology of expert examining reinforced concrete structures based on the complex studying of their real operation conditions in the space system of buildings and structures. There is presented an innovation methodology of estimating a real stressed-and-strained state of reinforced structures at all the stages of construction and use, including to the accident moment, as well as the forecast of operation reliability of a building or structure as a geotechnical system on the whole for a long period.

UDC 666.972.16. YESENBAYEVA A.A., CHERDABAYEV B.A., TKACH Ye.V. **Studying Phosphor Slag Solidifying at Low-Temperature Discrete Thermal Treatment.**

There are presented the data characterizing the effect of low-temperature discrete thermal treating slag with added clinker mode on the astringent activeness. In the practice there is widely used mechanic-and-chemical activation of different components for increasing their chemical activeness and reaction ability of solid bodies. To study the phase composition, crystal structure and microstructure of the slag stone there have been used physical methods of studying. There has been studied the effect of clinker introducing method on phosphor-and-slag astringent structure and activeness. Slag has been milled in disintegrator till the specific surfaces 300-350 m²/g. The activating components have been introduced by two methods: by combined slag milling with clinker and phosphor slag milling with following adding milled clinker. The results obtained show the advantage of this treatment of phosphor slag with clinker adding permitting without decreasing the obtained material strength to decrease duration of low-temperature thermal treatment.

UDC 539.3. KASIMOVA A.T. **Analytical Solving the Problem of Foliated Plate Bending under Sinusoidal and Distributed Loads in Verified Formulation.**

Based on the variant of the verified theory there is suggested a methodology of calculating foliated plates of arbitrary structure in thickness. There is suggested an approach to solving the problems of bending uniform and foliated plates under the sinusoidal and distributed loading. There has been carried out the comparison of the results obtained with the help of methodology suggested to the known solutions. There has been obtained a good

решениями. Получено хорошее соответствие сопоставленных результатов. Приводятся пределы применимости данной методики к расчету однородных и слоистых пластин в зависимости от их геометрических и физико-механических характеристик.

УДК 624.012. НУГУЖИНОВ Ж.С., БОЖЕНОВ А.Ш. **Получение аналитической зависимости секущего модуля бетона от момента, поперечного сечения и армирования.**

Для получения формулы секущего модуля бетона в зависимости от момента, поперечного сечения и армирования были рассчитаны на изгиб железобетонные балки прямоугольного сечения. Расчет нормального сечения балок производился деформационным методом на основе криволинейной диаграммы деформирования бетона. Математическая обработка результатов расчета дала возможность получить формулу секущего модуля бетона при действии внешнего момента. Полученная аналитическая зависимость для секущего модуля позволяет оценить напряженно-деформированное состояние нормального сечения на любом этапе нагружения.

УДК 621.34:62.505:669.046.4. БРЕЙДО И.В., ЮЩЕНКО О.А. **Математические модели электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования.**

Линия непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) является сложным многосвязным объектом. В ЛНГЦ средствами автоматизированного электропривода решаются задачи оптимизации натяжения полосы. ЛНГЦ относится к классу распределенных объектов управления. Задача стабилизации натяжения полосы не имеет аналитического решения. Разработаны математические модели линии непрерывного горячего цинкования. Выбраны диапазоны изменения параметров модели. Полученные модели пригодны для решения задач стабилизации натяжения полосы.

УДК 622.232.72.001.24-52. ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Автоматизированные системы расчета электроснабжения добычных участков как основа безопасности жизнедеятельности угольных шахт.**

Рассмотрен порядок выполнения и утверждения расчета электроснабжения добычных участков шахты. Выявлены «узкие места» при выполнении расчетов. Проанализированы причины, приводящие к аварийным ситуациям на шахтах. Формализованы списки параметров, входящих в алгоритмы расчета электроснабжения добычного участка. Алгоритмы проанализированы с позиции обеспечения правильной последовательности получения исходной информации. Определены критерии некачественного расчета. Выявлены риски и пути их возможных устранения.

УДК 62-83.621.679. ДАЙЧ Л.И., СИЧКАРЕНКО А.В., ЛИСИЦЫН Д.В. **Особенности построения системы управления 4-квadrантным электроприводом постоянного тока.**

Проведен анализ возможности применения линейной модели для синтеза 4-квadrантного электропривода постоянного тока. Рассмотрены особенности и построения модели системы нечеткого управления двигателем постоянного тока. Разработаны требования к системе управления 4-квadrантным электроприводом постоянного тока. Разработана структура рассматриваемого привода. Проведен анализ особенностей

кестігі алынған. Берілген әдістеменің біртекті және қабатты тілімшелердің геометриялық және физика-механикалық сипаттамаларына байланысты оларды есептеуге берілген әдістеменің қолданылу шектері келтіріледі.

ӘОЖ 624.012. НҰҒОЖИНОВ Ж.С., БОЖЕНОВ А.Ш. **Бетонның қиюшы модулінің моментке, көлденең қимаға және арматуралауға аналитикалық тәуелділігін алу.**

Бетонның қиюшы модулінің моментке, көлденең қимаға және арматуралауға байланысты формулаларын алу үшін тік бұрышты қималы темір-бетон арқалықтар иіліске есептелген. Арқалықтардың қалыпты қимасын есептеу бетонның деформациялануының қисық сызықты диаграммасы негізінде деформациялық әдіспен жүргізілді. Есептеу нәтижелерін математикалық өңдеу сыртқы момент әсер еткенде бетонның қиюшы модулінің формуласын алу мүмкіндігін береді. Қиюшы модуль үшін алынған аналитикалық тәуелділік кез келген жүктеу кезеңінде қалыпты қиманың кернеулі-деформацияланған күйін бағалауға мүмкіндік береді.

ӘОЖ 621.34:62.505:669.046.4. БРЕЙДО И.В., ЮЩЕНКО О.А. **Үздіксіз ыстықтай мырыштау желісінің электр-механикалық жүйесінің математикалық модельдері.**

Үздіксіз ыстықтай мырыштау желісі (ҮЫМЖ) күрделі көп байланысты объект болып табылады. ҮЫМЖ-да автоматтандырылған электр жетегінің құралдарымен жолақтың тартылуын оңтайландыру міндеттері шешіледі. ҮЫМЖ үлестірілген басқару объектілері класына жатады. Жолақтың тартылуын тұрақтандыру міндетінің аналитикалық шешімі жоқ. Үздіксіз ыстықтай мырыштау желісінің математикалық модельдері әзірленген. Модель параметрлерін өзгерту диапазондары таңдалған. Алынған модельдер жолақтың тартылуын тұрақтандыру міндеттерін шешу үшін жарамды.

ӘОЖ 622.232.72.001.24-52. ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Көмір шахталарының тіршілік әрекеті қауіпсіздігінің негізі ретінде өндіру ұчаскелерін электрмен қамтуды автоматтандырылған есептеу жүйелері.** Шахтаның өндіру ұчаскесін электрмен қамтуды есептеуді орындау және бекіту тәртібі қарастырылған. Есептеулерді орындау кезіндегі «тар орындар» айқындалған. Шахталарда апаттық жағдайларға әкелетін себептер талданған. Өндіру ұчаскесін электрмен қамтуды есептеу алгоритмдеріне кіретін параметрлер тізімдері құрылған. Алгоритмдер алғашқы ақпаратты алудың дұрыс тізбектілігін қамтамасыз ету тұрғысынан талданған. Сапасыз есептеу критерийлері анықталған. Қауіптіліктер және оларды жоюдың мүмкін жолдары айқындалған.

ӘОЖ 62-83.621.679. ДАЙЧ Л.И., СИЧКАРЕНКО А.В., ЛИСИЦЫН Д.В. **Тұрақты тоқты 4-квadrантты электр жетегін басқару жүйесін құру ерекшеліктері.**

Тұрақты тоқты 4-квadrантты электр жетегін синтездеу үшін желілік модельді қолдану мүмкіндіктерін талдау жүргізілген. Тұрақты тоқты қозғалтқышты анық емес басқару жүйесінің моделін құру ерекшеліктері қарастырылған. Тұрақты тоқты 4-квadrантты электр жетегін басқару жүйесіне қойылатын талаптар әзірленген. Қарастырылатын жетектің құрылымы әзірленген. Тұрақты ток жетегі үшін анық емес реттегішті қолдану ерекшеліктерін талдау жүргізілген. Анық емес реттегішке арнал-

compliance of the compared results. There are presented the limits of usability of this methodology for calculating uniform and foliated plates depending on their geometrical and physical-and-mechanical characteristics.

UDC 642.012. NUGUZHINOV Zh.S., BOZHENOV A.Sh. **Obtaining Analytic Dependence of Concrete Secant Modulus on Moment, Cross-Section and Reinforcement.**

To obtain the formula of concrete secant modulus depending on the moment, cross-section and reinforcement, there were calculated for bending reinforced concrete beams of rectangular section. The beams normal section calculation was carried out by deformation method based on curved diagram of concrete deforming. Mathematical processing of the calculation results gave the possibility to obtain the formula of concrete secant modulus under the action of the outer moment. The analytical dependence obtained for the secant modulus permits to estimate stressed-and-strained state of the normal section at any stage of loading.

UDC 621.34:62.505:669.046.4. BREIDO I.V., YUSHCHENKO O.A. **Mathematical Models of Electric Mechanical System of Continuous Hot Galvanizing Line.**

The line of continuous hot galvanizing (CHGL) is a complicated multi-tie object. In CHGL by means of automated electric drive there are solved the problems of optimizing strip tension. CHGL is referred to the class of the distributed objects of control. The task of strip tension stabilizing doesn't have an analytical solution. There have been developed mathematical models of continuous hot galvanizing line. There have been selected the ranges of the model parameters changing. The models obtained are usable in solving the problems of strip tension stabilizing.

UDC 622.232.72.001.24-52. PARSHINA G.I., FESHIN B.N. **Automated Systems of Calculating Electric Supply of Production Units as Base for Coal Mines Life Activity Safety.**

There is considered the order of carrying out and confirming the calculation of electric supply at a mine production unit. There are revealed the "narrow places" in carrying out the calculations. There have been analyzed the reasons of accidents at mines. There have been formalized the lists of the parameters entering the algorithms of calculating electric supply of a mine production unit. The algorithms have been analyzed from the position of ensuring the correct sequence of obtaining primary information. There have been determined the criteria of non-quality calculation, revealed the ways of their possible elimination.

UDC 62-83.621.679. DAICH L.I., SICHKARENKO A.V., LISITSYN D.V. **Peculiarities of Building Control System for Direct Current 4-Quadrant Electric Drive.**

There have been analyzed the possibilities of using a linear model for synthesizing a direct current 4-quadrant electric drive. There are considered the peculiarities of building a model of fuzzy control system for direct current motor. There have been developed requirements to the system of controlling a 4-quadrant electric drive. There have been analyzed the peculiarities of using a regulator for direct current drive and given an example of developing a regulating base for a fuzzy

применения нечеткого регулятора для привода постоянного тока. Приведен пример разработки базы правил для нечеткого регулятора. Разработаны рекомендации оценки работоспособности систем управления с регуляторами данного типа.

УДК 621.34:303.094.7. КАВЕРИН В.В., ЭМГ.А. **Имитационное моделирование полупроводникового электропривода постоянного тока.**

Полупроводниковый электропривод постоянного тока получил широкое распространение в различных отраслях промышленности. Рассмотрены функциональные структуры полупроводниковых электроприводов постоянного тока с трехфазным тиристорным преобразователем и импульсным преобразователем повышенной частоты. Имитационное моделирование рассматриваемых типов электропривода в программной среде Matlab-Simulink имеет свои особенности. На примере двигателей независимого возбуждения серии 4ПФ средней мощности описан выбор основных параметров моделирования. Предложены методики проведения имитационных экспериментов по определению статических и динамических свойств полупроводникового электропривода постоянного тока. Рассмотрен алгоритм построения ЛАЧХ и ЛФЧХ в среде Matlab. Приведенные рекомендации могут быть использованы для исследования регулируемого электропривода в двигательном и генераторных режимах работы, а также при синтезе систем автоматического регулирования.

УДК 621.313.2:621.314.58. ЭМ Г.А. **Генераторные режимы четырехквadrантного тиристорного электропривода постоянного тока.**

Тиристорный электропривод постоянного тока независимого возбуждения получил широкое распространение в различных отраслях промышленности. Однако генераторные режимы работы тиристорного электропривода, а также его динамические свойства при переходе из двигательного режима в генераторный и обратно в составе регулируемого четырехквadrантного электропривода исследованы в недостаточной степени. Рассмотрена функциональная схема тиристорного электропривода с реверсом по цепи якоря. Приведена сравнительная характеристика тиристорного электропривода постоянного тока различных классов горных машин и механизмов. Описана имитационная модель для исследования генераторных режимов. Определены рабочие области режимов рекуперации и протиковключения. Установлено, что режим рекуперативного торможения реализуется в значительной более узкой диапозоне изменения параметров электропривода, чем это следует из классической теории.

УДК 621.31:004.4. АЙКЕЕВА А.А. **Методы компьютерного проектирования электроэнергетических систем.**

Исследованы способы компьютерного проектирования систем электроснабжения и их элементов. Изложены основные принципы применения разработанного программного пакета SR-0.1.0 в расчетах систем электроснабжения. В состав SR-0.1.0 входят базы данных, стандарт MS JET. OLEDB. 4.0 с которыми работает MS Access. Они включают в себя основные параметры электрооборудования, а также таблицы с различными значениями, необходимые для произведения промежуточных расчетов. В БД входит более ста наименований

фан ережелер базасын әзірлеу мысалы келтірілген. Берілген типті реттегіш ері бар басқару жүйелерінің жұмысқа қабілеттілігін бағалау ұсыныстары әзірленген.

ӘОЖ 621.34:303.094.7. КАВЕРИН В.В., ЭМГ.А. **Тұрақты тоқты жартылай өткізгішті электр жетегін имитациялық модельдеу.**

Тұрақты тоқты жартылай өткізгішті электр жетегі өнеркәсіптің әр түрлі салаларында кеңінен таралды. Үш фазалы тиристорлы түрлендіргіші және жиілігі жоғары импульстік түрлендіргіші бар тұрақты тоқты жартылай өткізгішті электр жетектерінің функционалдық құрылымдары қарастырылған. Электр жетегінің қарастырылатын типтерін Matlab-Simulink программалық ортасында имитациялық модельдеудің өзінің ерекшеліктері бар. Орташа қуатты 4ПФ сериялы тәуелсіз қозатын қозғалтқыштар мысалында негізгі модельдеу параметрлерін таңдау сипатталған. Тұрақты тоқты жартылай өткізгішті электр жетегінің статикалық және динамикалық қасиеттерін анықтау бойынша имитациялық эксперименттер жүргізу әдістері ұсынылған. Matlab ортасында ЛАЧХ және ЛФЧХ құру алгоритмі қарастырылған. Берілген ұсыныстар реттелетін электр жетегін қозғалтқыштық және генераторлық жұмыс режимдерінде зерттеу үшін, сондай-ақ автоматтық реттеу жүйелерін синтездеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

ӘОЖ 621.313.2:621.314.58. ЭМ Г.А. **Тұрақты тоқты төрт квадрантты тиристорлық электр жетегінің генераторлық режимдері.**

Тұрақты тоқты тәуелсіз қоздырылған тиристорлық электр жетегі өнеркәсіптің әр түрлі салаларында кеңінен таралды. Алайда тиристорлық электр жетегінің генераторлық жұмыс режимдері, сондай-ақ реттелетін төрт квадрантты электр жетегінің құрамында қозғалтқыштық режимнен генераторлық режимге ауысу кезіндегі оның динамикалық қасиеттері жеткіліксіз дәрежеде зерттелген. Зәкір шынжыры бойында реверсі бар тиристорлық электр жетегінің функционалдық сұлбасы қарастырылған. Әр түрлі класты тау-кен машиналары мен механизмдерінің тұрақты тоқты тиристорлық электр жетегінің салыстырмалы сипаттамасы келтірілген. Генераторлық режимдерді зерттеуге арналған имитациялық модель сипатталған. Рекуперация және қарсы қосу режимдерінің жұмыстық облыстары анықталған. Рекуперациялық тежеу режимінің классикалық теориядан шығатынға қарағанда, электр жетегі параметрлері өзгеруінің аса тар диапазонында іске асырылатыны анықталған.

ӘОЖ 621.31:004.4. АЙКЕЕВА А.А. **Электр энергетикасы жүйелерін компьютерлік жобалау әдістері.**

Электрмен қамту жүйелерін және олардың элементтерін компьютерлік жобалау тәсілдері зерттелген. Электрмен қамту жүйелерінің есептеулерінде әзірленген SR-0.1.0 программалық пакетін қолданудың негізгі принциптері зерттелген. SR-0.1.0 құрамына MS JET. OLEDB. 4.0 стандартының деректер базалары кіреді, олармен MS Access жұмыс істейді. Оларға электр жабдықтарының негізгі параметрлері, сондай-ақ аралық есептеулер жүргізу үшін қажетті әр түрлі мәндері бар кестелер кіреді. ДБ-ға трансформаторлардың жүзден астам атауы кіреді және оларды програм-

regulator. There have been developed recommendations of control systems with such types regulators workability.

UDC 621.34:303.094.7. KAVERIN V.V., EM G.A. **Imitation Modeling of Direct Current Semiconductor Electric Drive.**

A direct current semiconductor electric drive is widely used in different industries. There are considered functional structures of semiconductor electric drives with three-phase thyristor converter and pulse converter of high frequency. Imitation modeling of these types electric drives in the program environment Matlab-Simulink has its peculiarities. On the example of independent excitement motors of 4PF series of the middle power there has been described the selection of the modeling main parameters. There are suggested methodologies of carrying out imitation experiments to determine static and dynamic properties of a semiconductor electric drive. There is considered the algorithm of building in the Matlab environment. The recommendations presented can be used for studying a controlled electric drive in the motive and generator operating modes, as well as in synthesizing automated control systems.

UDC 621.313.2:621.314.58. EM G.A. **Generator Modes of Direct Current 4-Quadrant Thyristor Electric Drive.**

A direct current thyristor electric drive of independent excitement is widely used in different industries. However, generator modes of a thyristor electric drive operation and its dynamic properties when transiting from motive to generator modes and vice versa in the structure of the controlled 4-quadrant electric drive have been studied inadequately. There is considered a functional scheme of the thyristor electric drive with the armature reverse. There is presented a comparative characteristic of the direct current thyristor electric drive of different classes mining machines and mechanisms. There is described an imitation model for studying generator modes, determined working zones of recuperation and anti-turning on modes. There has been established that the recuperative braking mode is realized in a significantly narrower range of the drive parameters changing than it is followed from the classical theory.

UDC 621.31:004.4. AIKEYEVA A.A. **Methods of Electric Power Systems Computer Designing.**

There are studied the methods of computer designing the systems of electric power supply and their elements. There are presented the main principles of using the developed program package SR-0.1.0 in calculating the systems of electric power supply. In the structure of SR-0.1.0 there enter databases of MS JET. OLEDB. 4.0 standard with which there works MS Access. They include the main parameters of electric equipment, as well as tables with different values necessary for making intermediate calculations. In the databases there are over 100 names of transformers, and

трансформаторов и существует возможность их добавления пользователем программы.

УДК 622.7. ТОКБУЛАТОВ Т.Е. Флотация молибденовой руды Саякского месторождения.

Изучено влияние pH пульпы на флотированность молибденита. В качестве реагентов-модификаторов использовали CaO и Na₂CO₃. Оптимальным расходом CaO можно рекомендовать расход 600 г/т. Крупность измельчения 65 % класса – 0,074 мм. Наибольшее извлечение молибдена 75,97 % достигается при расходе Na₂CO₃ – 600 г/т, что соответствует pH пульпы – 8,5. При флотации молибденита в качестве реагента собирателя использовали ВК 987, а реагент пенообразователь – Т-80. Проведена флотация молибденовой руды в открытом цикле.

УДК 662.831. БАЙКЕНЖИНА А.Ж. К теории образования выбросоопасных зон угольных пластов.

Рассматривается комплекс факторов, способствующих возникновению выбросоопасных зон. Подробно рассмотрено влияние тектонической нарушенности угольных пластов. Приводятся сведения об исследованиях изменений свойств углей под воздействием геологических факторов. При неизменной сорбционной емкости показатели газопроницаемости углей уменьшаются с возрастом нарушения и уменьшением прочности. Рассматривается вероятность формирования выбросоопасных зон в результате образования и распада газогидратов. Приводится таблица термобарических условий образования газогидратов для метана. Рассматривается роль роста длины трещин в развитии выброса угля и газа.

маны пайдаланушының қосу мүмкіндігі бар.

ӨЖ 622.7. ТОҚБОЛАТОВ Т.Е. Саяқ кен орнының молибден рудасын байыту.

Ұлпаның pH молибдениттің байытылуына әсері зерделенген. Реагент-модификаторлар ретінде CaO және Na₂CO₃ пайдаланылды. CaO оңтайлы шығынына 600 г/т шығынды ұсынуға болады. Класстың 65% ұсақталу ірілігі – 0,074 мм. Молибденнің ең көп 75,97% алынуына Na₂CO₃ – 600 г/т жұмсалғанда қол жеткізіледі, бұл ұлпаның pH – 8,5 сәйкес келеді. Молибденитті байытқанда жинағыш-реагент ретінде – ВК 987, ал көбік түзуші реагент ретінде Т-80 пайдаланылды. Молибден рудасын ашық циклде байыту жүргізілген.

ӨЖ 662.831. БАЙКЕНЖИНА А.Ж. Көмір қаттарының жарылыс қауіпті аймақтарының пайда болу теориясына.

Жарылыс қауіпті аймақтардың пайда болуына мүмкіндік туғызатын факторлар кешені қарастырылады. Көмір қаттарының тектоникалық бұзылғандығының әсері толық қарастырылған. Геологиялық факторлардың әсерінен көмір қасиеттерінің өзгерістерін зерттеу туралы мәліметтер келтіріледі. Бұзылғандықтың өсуімен және беріктіктің азаюымен, өзгермейтін сорбциялық сыйымдылық болғанда көмірдің газ өткізгіштігінің көрсеткіштері азаяды. Газ гидраттарының түзілуі және ыдырауы нәтижесінде жарылыс қауіпті аймақтардың қалыптасу ықтималдығы қарастырылады. Метанға арналған газ гидраттары түзілуінің термобаралық шарттарының кестесі келтіріледі. Көмір және газ лақтырысының дамуында жарықшақтар ұзындығы өсуінің ролі қарастырылады.

there is a possibility of their adding by the program user.

UDC 622.7. TOKBULATOV T.E. Flotation of Molybdenum Ore of Sayakskoye Deposit.

There has been studied pH effect on flotation ability of molybdenite. As reagents-modifiers there were used CaO and Na₂CO₃. CaO optimal rate can be considered 600 g/t. The crushing coarseness of 65% class is 0,074 mm. the largest molybdenum extraction 75.97% is achieved at Na₂CO₃ rate 600 g/t which corresponds to the pulp pH 8.5. In molybdenite flotation as a reagent-modifier there was used BK 987, and reagent-foam former T-80. There has been carried out molybdenum ore flotation in the open cycle.

UDC 662.831. BAIKENZHINA A.Zh. To Theory of Forming Outburst-Dangerous Zones of Coal Seams.

There is considered a complex of factors assisting to appearing outburst-dangerous zones. There is considered in details the effect of coal seams tectonic broken state. There are presented information about studying coal properties changing under the action of geological factors. With unchangeable sorption capacity the characteristics of coal gas-permeability decreases with increasing broken state and decreasing strength. There is considered the probability of forming outburst-dangerous zones as a result of forming and breaking gas-hydrates. There is presented a table of thermobaric conditions of gas-hydrates forming for methane and considered the role of crack length growth in the developing of coal and gas outburst.

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.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2010. №3. 124 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	29.09.2010	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	15,5	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	4622	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Е-mail редакции: rio_kstu@mail.ru

Отпечатано в типографии Карагандинского государственного технического университета
100027, г. Караганда, б. Мира, 56.

