

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

* 2 (27)
2007

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

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

МЕНШІК ИЕСІ

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

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

СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

Г.Г. Пивень

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

Редакционный совет

Пивень Г.Г.	<i>ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф. (председатель)</i>
Акимбеков А.К.	<i>проректор по научной работе и международным связям, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя)</i>
Ахметжанов Б.А.	<i>зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.</i>
Байджанов Д.О.	<i>декан инженерно-строительного факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Бакиров Ж.Б.	<i>зав. кафедрой прикладной механики, д-р техн. наук, проф.</i>
Брейдо И.В.	<i>зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Ермолов П.В.	<i>зав. лабораторией ИПКОН, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук, проф.</i>
Жумасултанов А.Ж.	<i>профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук</i>
Исагулов А.З.	<i>первый проректор, академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.</i>
Квон С.С.	<i>профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, д-р техн. наук</i>
Климов Ю.И.	<i>зав. кафедрой горных машин и оборудования, академик МАИН, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Колесникова Л.И.	<i>зав. кафедрой экономической теории, канд. экон. наук, доц.</i>
Малыбаев С.К.	<i>зав. кафедрой промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.</i>
Низаметдинов Ф.К.	<i>зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, д-р техн. наук, проф.</i>
Нургужин М.Р.	<i>председатель Аэрокосмического комитета МОН РК, академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.</i>
Пак Ю.Н.	<i>проректор по учебно-методической работе, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф. (ответственный за выпуск)</i>
Палев П.П.	<i>профессор кафедры теоретической механики, д-р техн. наук</i>
Портнов В.С.	<i>начальник учебно-методического управления, д-р техн. наук, проф.</i>
Смирнов Ю.М.	<i>зав. кафедрой физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Тутанов С.К.	<i>зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>
Фешин Б.Н.	<i>декан электромеханического факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)</i>
Хамимолда Б.Ж.	<i>проректор по воспитательной работе, чл.-кор. АМР РК, д-р техн. наук, проф.</i>
Швоев В.Ф.	<i>зав. кафедрой технологии машиностроения, канд. техн. наук, доц.</i>
Яворский В.В.	<i>зав. кафедрой автоматизированных информационных систем, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.</i>

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ И ЭКОНОМИКИ	5
ПИВЕНЬ Г.Г., ПАК Ю.Н. Инновационное образование: проблемы, перспективы, решения.....	5
БОЛОТИНА Н.И. Инновации и среда обучения в вузе	8
НАДИРОВА С.Г., НАДИРОВА С.Р. Инвестиционная политика и анализ инвестиционного климата Республики Казахстан	11
ЖЕТЕСОВА Г.С., АЙТЕНОВА Ж.С. Определение основных факторов для достижения эффективности системы менеджмента качества предприятий на рынке услуг	13
ВОРОБЬЕВ А.Е., ЧЕКУШИНА Т.В., АЛИЕВ С.Б., АЛИЕВА Д.С. Структура внешних займов Республики Казахстан	15
РАЗДЕЛ 2. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	18
ЕМЕЛИН П.В. Оценка влияния факторов в математической модели расчета температурного поля выработанного пространства добычного участка	18
ЦАЙ Б.Н., БАХТЫБАЕВ Н.Б. Влияние разгрузочных щелей на образование условной зоны неупругих деформаций пород вокруг выработки	21
БЕРКАЛИЕВ Б.Т., ХАМИМОЛДА Б.Ж., ТНИМОВ Ж.Т. Оценка эффективности повторной отработки запасов месторождений	24
ПИМЕНОВ А.А. Характер полей напряжений пород Карагандинского угольного бассейна	26
АКИМБЕКОВ А.К., АКИМБЕКОВА Н.Н., КИМ А.В. Исследование процесса улавливания пыли в вихревой камере.....	28
ПУШКАРЕВА Ю.А., ОБУХОВ Ю.Д. Основные вопросы организации и проведения экспериментальных исследований шума и вибрации барабана для очистки отливок радиаторов.....	30
НУРГАЛИЕВА А.Д. Влияние активного регулятора эжектирующего типа на управляемый поток воздуха	33
БАЙЫСБЕКОВ Ш. Закон Ципфа и промышленное тонкодисперсное золото кор выветривания Шу-Или и Прибалхашья	35
ПАК Ю.Н., ПОНОМАРЕВА М.В., ПАК Д.Ю. Комплексование альбедо гамма-излучения и рентгеновской флуоресценции для оперативного контроля качества твердого топлива.....	36
РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЯ. МАШИНОСТРОЕНИЕ	41
АЙТУГАНОВ Б.Е. Технология доизвлечения металлов из недр.....	41
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., АШКЕЕВ Ж.А., ТОЛЕУОВА А.Р., ВОРОБЬЕВА Н.Н. Формирование структуры в равноканальной ступенчатой матрице.....	43
ИСАГУЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., МЕДВЕДЕВА И.Е. Исследование антипригарных покрытий при литье в жидкостекольные формы.....	46
КАЛИАКПАРОВ А.Г. Особенности способа термоокислительного коксования углей на Аксуском заводе ферросплавов	47
БАКИРОВ Ж.Б., ТАТКЕЕВА Г.Г. Анализ колебаний в системе виброзащиты оператора	49
ГЛОТОВ Б.Н. Тенденции развития показателей гидравлических ручных молотков	51
КЛИМОВ А.Ю. Эффективность работы насосно-аккумуляторного привода передвижки механизированного комплекса	55
РАЗДЕЛ 4. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ	58
НЕМЕРЕБАЕВ М. Композит материалдан жасалған цилиндр тәрізді тор кезді қабыршықты еркін тербеліске есептеу	58
МУЛДАГАЛИЕВ З.А., НУРМАГАНБЕТОВ А.С. Нагружение рабочих органов землеройных машин при их движении в глинистом растворе.....	61
ШАЙКЕЖАН А., МИХАЙЛОВА М. О расчете высокотемпературной теплоемкости куспидина	64
БАЙДЖАНОВ Д.О., ТКАЧ Е.В., НАУРЫЗБАЕВ Г.Д., КАШАЕВ К.А. Разработка составов и способов приготовления гидрофобизирующих модификаторов типа ГД-А.....	65
КАДЫРОВ А.С., КУРМАШЕВА Б.К. Щелевые фундаменты. Конструкция и механизация работ	67

ЖАДРАСИНОВ Н.Т. , ЗАИКИНА А.Г. Оптимизация параметров стержневых конструкций по жесткостным характеристикам	68
БАЛҒАБЕКОВ Т.К. Қатпарлы конвейерге электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықталған теңелту қондырғысын енгізу есептері	69
СӘРСЕМБАЕВ Т.У., БАЛАБАЕВ О.Т., ҚОСБАРМАҚОВ С.Ж. Алу машинасының тиеу қабілетінің параметрлерін зерттеу	72
ТАЗАБЕКОВ И.И. Контроль эксплуатационных параметров пластинчатых конвейеров с применением микропроцессорного весоизмерителя	73
БЕСТЕМБЕК Е.С., ТАЙШИКОВА А.М. Фрезерные машины для резания мерзлых и прочных грунтов	76
ТАЛАСПЕКОВ К.С. Концепция развития структур железнодорожных транспортных комплексов	77
РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ. ЭНЕРГЕТИКА	84
АВДЕЕВ Л.А., ОМАР Т.Т. Автоматизированная система прогноза выбросоопасности в подготовительных забоях угольных шахт	84
ТЕН Т.Л., ЯВОРСКИЙ В.В., ЮРОВ В.М. Информационные характеристики процесса измерения	87
КАРАСЕВ Н.И., КРИЦКИЙ А.Б., ТОМИЛОВА Н.И., ФЕШИН Б.Н. Направления исследований теплоснабжающих систем мегаполисов средствами программно-информационных комплексов	90
УСУПОВ С.С. Статический расчет системы автоматического управления упругими перемещениями технологической системы	94
ДЖУРУНТАЕВ Д.З. Снижение вычислительных затрат при анализе схем с помощью неявного метода	96
РЕЗЮМЕ	99
Правила оформления и представления статей	104

Раздел 1

Проблемы высшей школы и экономики

УДК 378.662.014.3

Г.Г. ПИВЕНЬ
Ю.Н. ПАК

Инновационное образование: проблемы, перспективы, решения

Век информационных и иных высоких технологий инновационное развитие экономики немыслимо без квалифицированных специалистов, обладающих необходимыми компетенциями в динамично меняющихся условиях. Особая роль отводится техническим университетам. Сейчас высшая техническая школа непосредственно вовлечена в систему рыночных отношений. Высшее образование должно стать самым дорогим товаром. Устойчивое развитие экономики определяется не столько имеющимися природными и сырьевыми ресурсами, сколько общим уровнем образованности трудоспособного населения. В действительности, какой прок от изобилия нефти, газа, угля и других минерально-сырьевых ресурсов, если некому умело и по-хозяйски извлечь, качественно переработать и выгодно, с большей добавленной стоимостью, продать. Предстоящее вступление Казахстана в ВТО и вхождение в число 50-ти наиболее развитых стран мира контрастно обозначают проблему подготовки

конкурентоспособных специалистов.

Болонский процесс и проблемы высшей технической школы

Казахстану необходимо создать законодательную базу, синхронизированную с болонскими реформами. В последние годы сделаны первые шаги, совпадающие по своим целям с тем, что происходит в рамках данного процесса (двухуровневая структура подготовки бакалавров и магистров, элементы кредитной технологии обучения, элективные дисциплины и др.). Однако в масштабе страны в целом и научно-педагогической среде в частности, студенческом сообществе болонская проблематика не стала предметом для широкого обсуждения. Информированность общества о сущности, целях и механизмах реализации Болонского процесса оставляет желать лучшего. Неосведомленность значительной части научно-педагогической общественности и вузов в целом об особенностях этого процесса — факты тревожащего свойства.

Актуальным является вопрос о статусе бакалавра. В средствах массовой информации необходимо интенсифицировать разъяснительную работу о полноценности бакалавриата как первого (базового) уровня высшего образования. Определить на законодательном уровне номенклатуру должностей, которые могут занимать обладатели бакалаврских дипломов.

Распространенное представление о снижении качества подготовки специалистов в вузах не лишено оснований. Повальное открытие «карликовых» частных вузов — печальная страница в истории отечественной высшей школы. Такие вузы внесли «достойную» лепту в низкое качество обучения студентов. По этому поводу много полемики, критики. Однако оценивая в целом уровень подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием в Казахстане, справедливее говорить не о низком качестве, а о его неоднородности.

Тревогу вызывают упрощенные бакалаврские образовательные программы 4-летнего цикла в рамках Болонского процесса. В большинстве европейских университетов трудоемкость бакалаврских программ колеблется в диапазоне 180-240 кредитов при продолжительности обучения в средней школе 12-13 лет. Существующие отечественные госстандарты по техническим специальностям бакалавриата рассчитаны на 128 кредитов при продолжительности обучения 4 года. Почему на пути к европейской интеграции мы сознательно уменьшили трудоемкость? В такой ситуации наш бакалавр только по формальным признакам не будет востребован за рубежом.

Вузы РК делают первые шаги по реализации кредитной технологии обучения. До общеевропейской системы ECTS (European Credit Transfer System) нам еще далеко. Она предполагает существенную перестройку организационной структуры учебного процесса, при которой студенту предоставляется право выбора образовательной траектории с усилением роли самостоятельной работы. Полномасштабное внедрение системы ECTS по болонскому образцу потребует значительного финансового подкрепления, необходимого для полного ресурсного обеспечения новой технологии организации учебного процесса, переподготовки ППС и др. Нужен поэтапный (постепенный) переход, позволяющий однозначно отследить, какие из факторов явились следствием недостаточно продуманных шагов в организации работы, а какие — производными от новаций.

Многоступенчатость образования согласно болонским реформам предполагает наряду с двухуровневостью высшего образования подготовку докторов PhD. Форсированный отказ от традиционной аспирантуры и докторантуры при отсутствии налаженной системы подготовки докторов PhD — это опасный путь, приводящий к резкому снижению научно-педагогического потенциала и уровня его профессиональной компетентности.

Необходимо профессионально грамотно и взвешенно подойти к изменению перечня специальностей ныне существующего

Классификатора. По наукоемким и высокотехнологичным специальностям, способным обеспечить устойчивое развитие экономики, должна быть сохранена подготовка дипломированных специалистов-инженеров со сроком обучения не менее 5 лет.

В преддверии вхождения в Болонский процесс Казахстан должен рассматривать основные положения Болонской декларации через призму отечественной модели высшего профессионального образования, отличающейся от общеевропейских даже в ее сегодняшнем модернизированном состоянии. Этот тезис чрезвычайно важен, поскольку подход к определению вектора нашего движения к Болонскому процессу лежит в плоскости оценки содержания современных образовательных программ и отличия их от европейских моделей высшего образования.

Образовательные стандарты и компетентность

Модернизацию высшего технического образования следует осуществлять исходя из компетентностной модели выпускника. Компетентностный подход должен иметь кардинально инновационный характер по сравнению со старой моделью (знания-умения-навыки (ЗУН)). Динамика перемен предполагает становление такой парадигмы образования, при которой чисто «знаниевое» образование оказывается уже недостаточным. Устаревание информации сегодня происходит значительно быстрее, чем завершается цикл обучения. Восстановление равновесия между высшим образованием и жизнью видится в смещении его целевой функции: от знаний, умений и навыков к компетентности. На рынке труда востребованы не сами знания-умения-навыки, а способности специалиста на основе ЗУН эффективно выполнять функциональные обязанности.

Компетентностная модель возникает из реальных трудностей и проблем, известных нам из жизненной практики. Причина в том, что на протяжении длительного времени система высшего образования функционировала в основном как ретранслятор знаний.

Образовательные стандарты необходимо совершенствовать с учетом компетентностной модели выпускника. Задача сложная ввиду отсутствия научно обоснованной методологии трансформации профессиональных требований и компетенций будущего специалиста в содержание образовательной программы. Проблема усугубляется информационным бумом, сопровождаемым значительным объемом избыточной информации и негативной практикой введения в учебный процесс большого количества узкопрофильных дисциплин за ограниченное время обучения. Ориентация подготовки специалистов технического профиля на основе ее компетентностной модели предполагает системный подход при выборе учебных дисциплин с учетом межпредметных связей. Образовательные программы должны ориентироваться на потребности завтрашнего дня, а не на требования вчерашнего. Такой подход соответствует современному обществу — обществу, основанному на знаниях.

Проблемные вопросы

В целом высшее профессиональное образование — это достаточно инерционная система. Она не должна реагировать на постоянные воздействия случайных возмущающих факторов. Система будет управляемой, если она чутко реагирует на управляющие команды и инвариантна к «шуму». С момента обретения независимости Казахстана в республике неоднократно менялся Классификатор специальностей, являющийся основным системообразующим документом. Причем до 2004г. принципиальных изменений в них не было. Специальности и направления добавлялись, убавлялись, объединялись и т.д. За каждым новым Классификатором специальностей следовали новые госстандарты, учебные планы, программы. За 12-летний период (1994-2006 гг.) в республике утверждены 4 поколения государственных образовательных стандартов. В этих реформаторских действиях не просматривалась системность. Вузы вынуждены были работать в условиях крайней нестабильности. Система реагировала на конъюнктурный «шум» и была слабоуправляемой. Естественно, все это не повлияло положительным образом на качество подготовки специалистов.

Современному этапу развития высшего технического образования свойственны тенденции, негативно отразившиеся на качестве подготовки специалистов: недостаточное финансирование вузов, их слабая восприимчивость к нововведениям, низкий социальный статус вузовского преподавателя, отсутствие притока талантливой молодежи в научно-образовательную среду, старение профессорско-преподавательского состава, слабая мотивация к внедрению системы менеджмента качества, отсутствие стройной системы переподготовки преподавательских кадров.

Информационные технологии и передовая техника

Инновационное образование — это прежде всего качественное образование на основе информационных технологий. Информационные технологии должны органично войти в систему дидактических средств и стать важнейшим элементом предметной среды обучения. Без информатизации в сфере высшего технического образования отставание нашей экономики будет закладываться уже на стадии подготовки молодых специалистов.

Сегодня невозможно подготовить конкурентоспособного инженера на базе устаревшей техники и технологий тридцатилетней давности. Необходимо находить пути многоканального финансирования для системного обновления и оснащения материально-технической базы передовой специализированной техникой для профессиональной подготовки специалистов. Обновление и наращивание материально-технической базы следует осуществлять также путем создания учеными-педагогами на основе новейших научных достижений учебно-лабораторных специализированных стендов, аппаратурно-методических модулей, а также виртуальных лабораторных практикумов.

Повышение качества высшего образования немыслимо без внутривузовской системы управления качеством. В преддверии вступления Казахстана во

Всемирную торговую организацию вузы республики должны признать себя субъектами рынка, где действуют законы торгово-экономических отношений. Основное внимание нужно сосредоточить на совершенствовании управления системой образования на всех уровнях на основе концепции стратегического менеджмента.

Повышение статуса преподавателя

Качественное высшее образование не может быть достигнуто без критической массы инновационно-ориентированных преподавателей. Преподаватель вуза — ключевая фигура в системе высшего образования.

Несмотря на декларируемую ведущую роль преподавателя, его социальный статус оставляет желать лучшего. Возможности технических вузов по привлечению талантливой молодежи в образовательную сферу крайне ограничены, в связи с относительно низким уровнем оплаты труда преподавателя, что создает реальную опасность нарушения преемственности поколений, потери самобытности сформировавшихся научно-педагогических школ.

Необходимо добиться опережающего роста доходов преподавателей вузов по сравнению с другими сферами.

Интеграция науки и образования

Важной задачей сегодняшнего дня следует считать трансформацию крупных технических вузов в инновационные университеты. Существующее ныне положение о том, что университет является научно-образовательным учреждением, трактуется односторонне, с большим акцентом на образовательную составляющую его двуединой деятельности. Роль науки в высшей школе преимущественно связывается с подготовкой кадров высшей квалификации и получением определенных научных результатов.

К возможности воздействия вузов на ускорение инновационного развития страны отношение весьма скептическое: низкий уровень финансирования, отсутствие современной материально-технической базы являются тормозом для масштабной инновационной деятельности. Выход видится в поэтапном преобразовании технических университетов в инновационные научно-образовательные комплексы путем объединения с научно-исследовательскими учреждениями. Такая интеграция вузовской и академической науки обеспечит качественную подготовку специалистов новой формации. Этому будет способствовать планируемое многократное (в 25 раз) увеличение финансирования науки.

Образование определяет будущее страны, а будущее — это прежде всего высокие технологии, обеспечивающие конкурентоспособность экономики. Все это возможно только на основе тесной интеграции образовательного процесса и научных исследований.

Взаимосвязь образования и бизнеса

Необходимо развивать систему эффективного партнерства образовательного и бизнес-сообщества (работодателей), предусматривающую мониторинг рынка труда и потребность экономики

в кадрах, выработку требуемых компетенций (профессионального стандарта), участие в разработке государственных образовательных стандартов, развитие современных форм многоканального финансирования и т.д. Нужен своеобразный интерфейс взаимодействия образования и бизнеса. К сожалению, такие взаимосвязи носят эпизодический, фрагментарный характер.

Развитие университетских издательств

Одной из приоритетных задач высшей школы является создание и выпуск качественной учебно-методической литературы. Наблюдаемый дефицит вузовских учебников и учебных пособий необходимо пополнять за счет мобильных университетских издательств, не обремененных бюрократическими тенденциями и способных оперативно реагировать на запросы вузовской общественности. Роль университетских издательств существенно возрастает в условиях перехода к кредитной технологии обучения, предполагающей кардинальную перестройку учебного процесса с повышением роли самостоятельной работы, высокий уровень информационного и методического обеспечения.

Воспитание и образование

Образование неотделимо от воспитания молодежи. Сегодняшней молодежи предстоит жить в

глобальном мире, представлять нашу страну и отстаивать ее интересы. Наша задача — помочь им стать настоящими патриотами, истинными казахстанцами. Воспитание и образование — главные векторы развития общества. В этой связи уместна цитата академика Дмитрия Лихачева: «Не должно быть глухих к СЛОВУ, черствых к ДОБРУ, беспамятных к ПРОШЛОМУ и слепых к КРАСОТЕ, и для этого нужны ЗНАНИЯ, дающиеся инновационным образованием».

Обобщая рассмотренные вопросы по проблемам инновационного образования отмечаем следующее.

Технические университеты должны создавать благоприятную инновационную инфраструктуру для подготовки конкурентоспособных специалистов: современные учебно-исследовательские лаборатории, оснащенные передовой техникой; высокий уровень учебно-методического обеспечения, квалифицированный ППС, владеющий информационными и инновационными технологиями и ответственно относящийся к обучению, достаточно высокий уровень образованности абитуриентов и заинтересованное участие студентов в образовательном процессе, участие работодателей и других социальных партнеров в формировании образовательных программ и повышении практической подготовленности выпускников.

УДК 378.147(574)

Н.И. БОЛОТИНА

Инновации и среда обучения в вузе

Педагоги вузов Казахстана в последнее время все чаще обращаются к инновационным технологиям преподавания, что позволяет ускорить процесс перехода вузовского образования на новую образовательную парадигму.

Кредитная система, направленная на повышение уровня самообразования и творческого освоения знаний на основе индивидуализации, выборности образовательной траектории, отводит большую роль самостоятельной работе студентов. Между тем, выполнение требований к уровню подготовки бакалавров, установленных государственным общеобязательным стандартом образования Республики Казахстан, ведет к необходимости введения новых форм и методов преподавания дисциплин на лекционных и семинарских занятиях. Преподаватели проявляют повышенный интерес к интерактивным методам обучения. В инновационных технологиях сегодня их привлекает четкое обозначение каждого шага метода и соотнесенность с целями. Однако успех проведения занятий в русле инновационных методов зависит не только от логичной и последовательной реализации шагов стратегии, но и в значительной мере от подхода к постановке целей занятия, стиля общения педагога и студента, от материала, который предлагается на занятии, от формы оценивания.

Обозначенные параметры успеха следует рассматривать в качестве составляющих среды современного обучения в вузе, той особой атмосферы, которая необходима для полноценной и эффективной подготовки будущего специалиста. В связи с этим особо актуальным представляется разговор о стиле ведения занятия. Преподаватели вуза на это меньше всего обращают внимание. А между тем перестроиться с авторитарного на демократический стиль представляется наиболее сложным.

В программе «Развитие критического мышления через чтение и письмо» обозначены некоторые условия, соблюдение которых позволяет преподавателю создать демократическую, диалоговую атмосферу общения. Так, необходимо предоставить время и возможность для приобретения опыта критического мышления, давать возможность обучаемым размышлять, принимать различные идеи и мнения, способствовать активности обучаемых в учебном процессе.

При этом обучаемые должны развивать уверенность в себе и понимать ценность своих мнений и идей, активно участвовать в учебном процессе, с уважением выслушивать различные мнения, быть готовыми как формировать суждения, так и воздерживаться от них. Высказанные положения наглядно показывают основные направления в изменении роли преподавателя.

Ключевыми фигурами учебного процесса являются студент и преподаватель. И от того, какова будет атмосфера взаимодействия между ними, зависит успех инновационных процессов. В случае с учебной деятельностью рассматриваются взаимоотношения: «студент — преподаватель», «студент — студент», «студент — информация». Успешное выстраивание взаимоотношений в процессе обучения во многом обусловлено личностью преподавателя, его педагогическим инструментарием, способностью осуществлять постоянную рефлекссию и корректировку учебного процесса.

Какова роль преподавателя в аудитории? Глашатай незыблемых истин, требующего от студентов воспроизведения устоявшихся некогда положений в науке? Такой преподаватель знает все, его мнение — истина в последней инстанции, верна только та точка зрения, которую он поддерживает. Он не ошибается сам, и это непозволительно обучаемым. Требуя воспроизведения конкретных знаний, беспощадно снижает отметку за неточный и неверный ответ — и это справедливо, ведь таков был приоритет традиционного образования.

Соответственно все это проявляется в личности преподавателя, в том, как он организует процесс обучения. На занятии звучит уверенная речь непоколебимого в своей правоте преподавателя, четкие, заранее известные ему ответы студентов на вопросы.

Сегодня же требуется, чтобы «вырачивались», прежде всего, не исполнители, а люди творческие, способные принимать решения (и аргументировать их), ответственные за собственные действия, за собственное обучение. Переориентация роли преподавателя направлена на успех обучаемого в будущем, в постоянно меняющемся мире. Этим, в частности, объясняется пересмотр роли преподавателя в современном учебном процессе.

Что требуется от современного преподавателя? Растить творца собственной судьбы, и не на бумаге, и не в проектах, а действительно, на деле, побуждать студента к размышлению, активизации самостоятельного выявления проблем в изучаемом и поиска путей их преодоления.

Такой преподаватель дает право на ошибку, когда студент пытается сам разобраться в каком-либо сложном (возможно, только для него) процессе, даже если предлагает не всегда эффективные и неточные пути решения проблем. Обучаемый выражает собственное понимание и собственное представление, пытается найти новые подходы. Только так студент приобретает необходимые навыки, как личностные, так и профессиональные, без которых невозможен успех в современном мире.

Важно понять, что нужно изменить в подходах к постановке целей занятий, в подборе материала для занятий, приемах введения информации, в выстраивании взаимоотношений между преподавателем и студентом, перейти к более демократическому стилю обучения.

Возникает много вопросов, связанных с внедрением новой образовательной парадигмы. Как сделать, чтобы студенты были ответственными за

собственную учебу? Как сделать, чтобы студенты имели высокую мотивацию для активного участия в мыслительной деятельности? Как сделать, чтобы студенты поверили в то, что их мнения имеют ценность? Как сделать, чтобы студенты при обмене идеями в аудитории слушали, воздерживались от навязывания собственной системы взглядов и стремления поправить других выступающих?

Ответы на эти вопросы кроются в понимании сути педагогического общения.

В процессе обучения с применением инновационных технологий основной формой педагогического общения должен стать диалог. Именно диалогу принадлежит главенствующая роль как форме общения в демократическом обществе. Каждый из членов такого социума должен быть готов к конструктивному обсуждению проблемы, должен стремиться к саморазвитию, к определению и выражению своей позиции в процессе коммуникации. Общество перешло к принципиально новой культуре, центр тяжести в которой все более смещается на индивидуальность и индивидуальное сознание (я думаю по-другому, но ты думаешь так, и я хочу это понять).

У преподавателей вуза есть прекрасная возможность сформировать и готовность вести диалог у будущих специалистов, и совершенствовать их коммуникативные умения. Реально это произойдет тогда, когда сам преподаватель будет готов вести постоянный конструктивный диалог со студентом, будет это делать на высоком профессиональном уровне.

Сегодня педагогическое общение не сводится только к передаче знаний, но и выполняет функцию эмоционального заражения, возбуждения интереса, побуждения к совместной деятельности и т.п. Такой подход к обучению реализуется в диалогической форме общения.

Что же такое диалог? Ответ на этот вопрос у большинства из нас есть. Диалог — это форма речевой коммуникации с участием двух сторон.

Исследователи выделяют по характеру содержания два вида диалога: информационный и интерпретационный. Информационный диалог характерен для ситуации, в которой к началу общения между партнерами имеется разрыв в знаниях. Интерпретационный диалог характеризуется тем, что знания у партнеров примерно равны, но получают разную интерпретацию. В учебной деятельности и тот и другой вид диалога находят место. Мы обращаемся к диалогу для того, чтобы передать студентам новый опыт, обсудить в аудитории материал, который изучен самостоятельно либо получен от преподавателя во время лекции. Однако, как показывают наблюдения, названные характеристики содержательной стороны диалога в студенческой аудитории видоизменяются. Иногда складывается ситуация, когда разрыв между знанием студента и преподавателя велик и предполагаемый преподавателем диалог в учебной аудитории переходит в монолог, прерываемый риторическими вопросами. Для конструктивного диалога необходимо, чтобы разрыв в опыте студента и опыте, который будет предложен преподавателем, не

был велик. В противном случае новое будет отторгаться студентом или учеником как нечто инородное. Конечно, здесь может возникнуть много возражений. Ведь и тот и другой приходят в учебное заведение прежде всего для того, чтобы обогатить себя новым опытом, и планку для качественного образования необходимо держать высоко. Тем не менее не всем это под силу: они выключаются из учебного процесса, занимают пассивную позицию. От преподавателя требуется в этом случае взвешенный подход к выбору характера информации, ее объема, уровня и степени информационной насыщенности. Это зависит и от способности вузовского преподавателя говорить о сложном просто, выбрать соответствующий инструментарий. В связи с этим следует отметить, что именно так можно учесть «зону ближайшего развития» (Л.С. Выготский) обучаемых. Сделать процесс обучения действительно обучением, а не вдалбливанием.

Интерпретационный диалог, например, характерен для такой традиционной формы занятия в вузовской аудитории, как семинар. Именно в интерпретации информации, которой владеют студенты, — основная цель семинара. К сожалению, на практике интерпретационный диалог, положенный в основу семинарского занятия, приобретает иную функцию — контролируюшую. От студента требуется воспроизведение прочитанного, усвоенного на лекции, но не его интерпретация. Как информационность, так и интерпретационность диалога полноценно проявятся в том случае, если преподавателю удастся учесть имеющийся опыт студента и создавать оптимальный вариант разрыва между известным и новым. Когда у обеих сторон диалога будет установка на интерпретацию информации, а не воспроизведение.

Особенность содержания диалога нашла отражение и в его структуре. Логика диалога зависит, как и содержание, от обоих участников общения. Один из них — лидер (чаще всего эту роль выполняет преподаватель). Он направляет разворачивание диалога, его движение к цели. При этом от всех участников коммуникации требуется внимательность и слаженность. Именно поэтому важно, чтобы у всех участников диалога был единый язык, контекст, единые цели.

При диалоговой форме общения в процессе обучения большая вероятность возникновения непредсказуемых ситуаций, неожиданных поворотов в логике. От преподавателя в таких ситуациях требуется умение импровизировать, что удастся не каждому. Успешному преодолению таких ситуаций способствует прогнозирование возможной логики диалога. Оно опирается на хорошее знание аудитории, с которой предстоит выстраивать диалог, и четкое продумывание ключевых вопросов и схемы из введения.

Любой диалог начинается с формирования речевой интенции и мотивации к речевой деятельности. Главное — создание внутренней мотивации к предстоящей совместной работе, обеспечение психологического комфорта, установки на активный поиск и обретение новых знаний.

Хотелось бы сделать акценты на указанные три условия, позволяющие создать «замысел» диалога: внутреннюю мотивацию; психологический комфорт; установку.

Внутренняя мотивация, потребность вступить в общение обусловлена значимостью информации. В условиях обучения тема не всегда может представлять интерес для студента в момент занятия. Значимость информации на перспективу не всегда прослеживается студентом. Встает, таким образом, необходимость раскрыть «интересность» темы и ее значимость для будущей профессиональной деятельности.

Как мотивировать студентов к изучению, порой даже неинтересной, на первый взгляд, темы. Вот несколько путей решения обозначенной проблемы:

- пример из личной профессиональной практики;
- описание проблемной ситуации, решение которой зависит от ориентированности в предстоящей к изучению теме;
- приведение противоречивых мнений по этому или иному вопросу и т.п.

Этот ряд приемов создания мотивации можно продолжить. У каждого педагога есть свой набор подобных приемов. Задача состоит только в том, чтобы они были всегда на занятии.

Психологическая комфортность ведения диалога во многом зависит от контакта между преподавателем и студентом. Так, уже отмечалось, что логика диалога зависит от обеих сторон учебного диалога преподавателя и студента. Оба участника должны перед вступлением в общение иметь представление о том, с какой целью и как будет выстраиваться общение. Психологическая комфортность достигается не только формулировкой вопроса, но и тем, что было дано время на обдумывание ответа, от формы вопроса. Когда студентам было предложено обозначить характеристики вопросов преподавателя, с одной стороны, создающих комфортность на занятии, с другой — препятствующие ей, стало ясно, что дискомфорт возникает в случае:

- нечеткой формулировки вопроса;
- отсутствия взаимосвязи с предшествующим вопросом, с контекстом занятия;
- некорректного вопроса;
- недоброжелательной интонации и т.п.

Названные характеристики следует рассматривать как ориентиры в совершенствовании профессиональных умений вузовского преподавателя.

Таким образом, информация, предлагаемая студентам на занятии в условиях диалогового обучения, должна быть подобрана с учетом имеющегося у студентов опыта, должна способствовать достижению комфортности в разрыве между знанием и незнанием. Это позволит сформировать внутреннюю мотивацию к предстоящей речевой деятельности. Обе стороны диалога «Студент — преподаватель» должны иметь представление о цели и схеме (логике) ее достижения. Она может не быть единой у всех участников диалога (особенно в случае интерпретационного диалога), но она должна быть у каждого участника общения. В этом случае состоится контакт между преподавателем и студентом — диалог.

Потенциал к выходу на диалоговое обучение заложен в интерактивных методах. Интерактив (взаимодействие) создает условия для формирования внутренней мотивации всем участникам процесса общения, задает схему (логику) достижения цели, поддерживает психологический комфорт на протяжении всего диалога.

На вопрос: «В какой форме вы предпочитаете занятия с преподавателем а) монолог; б) диалог?» — студенты в большинстве своем отдают предпочтение диалоговому обучению. Они как никто другой чутко реагируют на запросы сегодняшнего времени. Студенты ждут от современного педагога диалога в студенческой аудитории. Нам предстоит совершенствовать свое мастерство, овладевая

инновационными технологиями, совершенствуя свои коммуникативные умения.

Преподавателю редко приходится работать в аудитории, где вся группа открыта для взаимодействия. Занятия же с применением инновационных технологий никого не оставляют в стороне, и каждый проявляет себя с разных сторон, иногда не всегда приятных, положительных. В процессе семинаров у студентов меняется отношение и к семинару, и к преподавателю, и к предлагаемому материалу, и к самому себе, и друг к другу. Насколько продуктивно будет занятие, во многом зависит от преподавателя, но не только от знания материала и владения им, но и умения его преподнести, умения контактировать с аудиторией, учитывая ее особенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берков В.Ф., Яскевич Я.С. Культура диалога: Учебное пособие. М.: Новое знание, 2002. С.4.
2. Браун Л. Имидж — путь к успеху. СПб., 2000.
3. Стил Д., Мереди К., Темпл Ч. Дальнейшие методы, способствующие развитию критического мышления: Пособие 2 / Фонд «Сорос-Казахстан». 1998.

УДК 330.322(574)

С.Г. НАДИРОВА
С.Р. НАДИРОВА

Инвестиционная политика и анализ инвестиционного климата Республики Казахстан

В условиях глобализации и международной интеграции успех социально-экономического развития любой страны во многом зависит от эффективности использования и функционирования как национальных, так и иностранных инвестиций. Для Казахстана инвестиции — это не только один из источников экономического роста, но также своеобразная предпосылка для вступления в мировую экономику [1].

Инвестиционной политике и анализу инвестиционного климата Республики Казахстан значительная роль была уделена на недавнем третьем Казахстанском инвестиционном саммите. В связи с этим Президент Республики Казахстан Н. Назарбаев заметил, что наша страна придает важное значение привлечению инвестиций в развитие казахстанской экономики. Казахстан продолжает оставаться лидером среди государств СНГ по объему привлеченных прямых иностранных инвестиций на душу населения. Более того, он стал первым среди стран содружества, получившим международный рейтинг инвестиционного класса. Всемирный банк включил его в двадцать стран мира, наиболее привлекательных для инвестиций [2].

Инвестиционная политика включает в себя такие основные элементы, как: выбор источников и методов финансирования инвестиций, определение сроков реализации, выбор органов, ответственных за реализацию инвестиционной политики, создание необходимой нормативно-правовой базы функционирования рынка инвестиций, создание благоприятного инвестиционного климата и действенного механизма регулирования этой

деятельностью. Благоприятный инвестиционный климат на практике означает возможность иностранных и отечественных инвесторов эффективно и рационально вкладывать капитал в реальный сектор экономики, ценные бумаги, консалтинговые услуги и другие при позитивном политическом, правовом и финансово-экономическом режимах инвестируемой страны. Согласно мнению зарубежных экспертов, из всех центрально-азиатских стран в Казахстане наиболее либеральное законодательство, достаточно развитый банковский сектор, интенсивно развивающийся фондовый рынок [3].

В настоящее время на рынке Казахстана действуют прямые и портфельные инвестиции как национальных, так и иностранных инвесторов. Однако необходимо иметь в виду, что влияние иностранного капитала в форме прямых и портфельных инвестиций на развивающиеся страны имеет противоречивые эффекты. С одной стороны, это внедрение новых технологий производства, современных методов менеджмента и маркетинга, повышение занятости населения, к чему постоянно апеллируют инвесторы. С другой стороны, они в огромных масштабах выкачивают из развивающихся стран прибыль, ресурсы, в результате чего может возникнуть проблема национальной экономической безопасности, потеря контроля экономической деятельности и управления ею. Но есть и третья сторона: развивающиеся страны сегодня не могут объективно обойтись без иностранного капитала — это факт однозначный и с ним надо считаться.

Одним из основополагающих принципов государственной инвестиционной политики является

принцип обеспечения экономической безопасности [4]. Сырьевая направленность инвестиций в развивающихся странах усиливает ущербность и зависимость национальной экономики от колебаний цен на мировом рынке.

Для частичного преодоления сырьевой направленности инвестиций была разработана Стратегия индустриально-инновационного развития Казахстана до 2015 года [5]. В ней приоритет получает дальнейшее развитие обрабатывающей промышленности, государство окажет поддержку, предоставляя различного рода преференции, льготы. Банк развития Казахстана уже начал свою деятельность по кредитованию отечественных предприятий, работающих в несырьевом секторе экономики, и выдал кредиты на сумму 150 млн. долларов США.

В целях обеспечения экономической безопасности идеальным будет сочетание активной роли государства с относительно низкой зависимостью национального хозяйства от иностранных инвестиций. Если в 2001 году на финансирование инвестиционных программ направлялось менее 9% от расходов республиканского бюджета, то в бюджете на 2003 год на эти цели использовано почти 14%. Планируется, что непосредственные государственные затраты инвестиционного характера составят в среднем 38 млрд. тенге (примерно 250 млн. долларов) в год. Также недавно в рамках осуществления Стратегии индустриально-инновационного развития были образованы Казахстанский инвестиционный фонд, призванный способствовать развитию казахстанских компаний, производящих товары с высокой добавленной стоимостью, путем долевого участия в их капитале. Также, по данным Министерства индустрии и торговли, в настоящее время в производстве находятся порядка 340 инвестиционных контрактов, из числа которых около 60% заключены с отечественными инвесторами.

Кроме того, на инвестиционном поле Казахстана начинают играть важную роль банки, которые достаточно активно кредитуют сектор экономики (только в 2002 году около 60% всех активов банков было направлено на кредитование экономики. За январь-август 2003 года банки второго уровня инвестировали в отрасли экономики 825,7 млрд. тенге). Наибольшие долги от общего объема кредитования сосредоточены в промышленности — 29,5%, торговле — 27,8%, сельском хозяйстве — 11,6%.

Таким образом, мы можем наблюдать усиление позиций государства и отечественных инвесторов в инвестиционном процессе. Для создания благоприятного инвестиционного климата в Республике Казахстан, стимулирования инвестиций в создание новых, расширение и обновление действующих производств с применением современных технологий, создания новых и сохранения существующих рабочих мест, а также охраны окружающей среды в Налоговое законодательство с января 2002 введен раздел «Инвестиционные налоговые преференции». Это преимущество адресного характера, которое

выражено в предоставлении дополнительных вычетов из совокупного годового дохода налогоплательщика, осуществляющих инвестиции (все виды имущества, кроме товаров, предназначенных для личного потребления, включая предметы лизинга с момента заключения договора лизинга, а также права на них, вкладываемые инвестором в уставный капитал юридического лица или увеличения предпринимательской деятельности) в основные средства.

При построении национальной модели инвестиционной стратегии и политики также необходимо применять богатый мировой опыт, адаптируя его к особенностям казахстанской экономики.

Одним из действенных инструментов государственной инвестиционной политики во всем мире служит создание и функционирование свободных экономических зон (СЭЗ), главной задачей которых является включение страны в международное разделение труда.

Решение комплекса проблем инвестиционной политики и современного инвестиционного процесса в Казахстане включает в себя разработку принципов и приоритетных задач государственной инвестиционной политики, направленной в конечном счете на повышение конкурентоспособности экономики страны, рост благосостояния всех ее граждан. При этом актуализируются вопросы сбалансированного роста зарубежных инвестиций во избежание иностранной монополизации базовых и стратегических отраслей национальной экономики и стимулирования внутренних инвесторов. Необходимо целенаправленно усиливать позиции национального капитала, отечественных инвестиций.

Проанализировав инвестиционный процесс в республике, можно выявить следующие основные тенденции развития:

- 1) постоянное совершенствование инвестиционного климата;
- 2) совершенствование правового обеспечения инвестиционной деятельности;
- 3) активизация деятельности государства и национальных инвесторов в инвестиционном процессе;
- 4) увеличивающая роль институтов развития (Банк развития Казахстана. Инвестиционный фонд, АО «Национальный инновационный фонд», АО «Государственная страховая корпорация по страхованию экспортных кредитов и инвестиций»);
- 5) активизация деятельности банков в инвестировании экономики;
- 6) применение мировой практики привлечения и эффективного использования инвестиций путем создания СЭЗ в Астане и Актау;
- 7) развитие проектного менеджмента как основа цивилизованного и рационального подхода к инвестированию.

Совокупность тенденций развития инвестиционного процесса в Казахстане не исчерпывается названными, однако они, выражая современное состояние, во многом определяют дальнейшую динамику инвестиционного рынка РК.

Несмотря на наличие ключевых и сопутствующих проблем, перспективы развития инвестиционного процесса в Казахстане связаны в первую очередь не только с положительным количественным эффектом на экономику (собственно экономические перспективы), но и с ее качественными изменениями или геоэкономическими перспективами (углубление процессов рыночных преобразований, создание предпосылок к интеграции в мировое

экономическое пространство, формирование стратегических партнеров-инвесторов и т.д.).

Таким образом, тенденции и перспективы развития современного процесса в Казахстане показывают большой потенциал экономики республики, обладающей богатыми людскими, природными и производственными ресурсами в условиях политической и макроэкономической стабильности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бижанова Д. Современные тенденции и перспективы развития инвестиционного процесса в Казахстане // Саясат-Policy. 2003. №12. С. 4-9.
2. Конкретное свидетельство прогресса // Казахстанская правда от 9 июня 2006 года.
3. Малышев Н. Механизм регулирования инвестиционными и инновационными программами развития реального сектора экономики. Евразийское сообщество. 2004. №3. С. 55-60.
4. Тасмагамбетов И.Н. Основные направления экономической политики государства // Рынок ценных бумаг Казахстана (специальный выпуск). 2003. С. 13.
5. Основные направления внутренней и внешней политики на 2004 год: Послание Президента народу Казахстана // Индустриальная Караганда от 4 апреля 2003 года.

УДК 006.074

Г.С. ЖЕТЕСОВА
Ж.С. АЙТЕНОВА

Определение основных факторов для достижения эффективности системы менеджмента качества предприятий на рынке услуг

Непосредственное взаимодействие с потребителем с целью получения обратной связи о качестве предоставляемых услуг — решающее условие успеха предприятия на рынке услуг. Предприятие может оказывать влияние на восприятие потребителя о качестве предоставляемых услуг путем создания соответствующего образа, основанного на практических действиях, предпринятых им для удовлетворения запросов потребителя. Потребители услуг минимум один раз (при оформлении квитанции об оказании услуги) и эпизодически (при возникновении проблем оказания услуги) обращаются к сотрудникам предприятия за помощью или для выражения неудовлетворенности качеством услуги. Эти потребители могут быть важным источником информации для процессов повышения качества. В таких контактах инициатором выступает потребитель, который может быть в недостаточной степени осведомлен о принятых предприятием характеристиках услуг и процессах их (услуг) предоставления. Поэтому очень важно дать потребителю четкое представление об особенностях интересующей его услуги.

Эффективное общение с потребителем должно включать следующие моменты:

- предоставление легко доступных средств для эффективного общения;
- письменное или устное описание услуги, включая ее доступность, стоимость и другие понятные потребителю характеристики;
- объяснение потребителю влияния возможных проблем по оказанию услуги;

- объяснение важности для предприятия любого обращения потребителя и возможность его вклада в совершенствование услуги;

- определение отношения между предложенной услугой и реальными потребностями потребителя [1].

Более наглядно взаимодействие с потребителем отражено на рисунке. Потребитель может быть удовлетворен только при гармоничном взаимодействии ответственности руководства, структуры и функционирования системы качества, персонала, материальных ресурсов.



Схема взаимодействия с потребителем

Следует понимать, что качество услуги обеспечивается активизацией комплекса мер предприятия при необходимой обратной связи с потребителями. Ответственность за разработку требований, создание системы качества, совершенствование и оценку ее функционирования берет на себя руководство предприятия. Персонал и

его деятельность являются только элементами системы качества [2].

Для достижения высокого качества услуги необходимы стимулирование персонала, подготовка и профессиональный рост. Отношение сотрудников предприятия к труду и к потребителям непосредственно влияет на качество услуги. Персонал предприятия обязан иметь знания и навыки общения с потребителями. Для совершенствования знаний и навыков руководство должно периодически проводить инструктажи, конференции с обсуждением проблем и достижений, обмен документами о качестве работы на всех этапах оказания услуги.

Предприятие должно быть заинтересовано в том, чтобы его обязательства перед потребителем были документально оформлены, т.к. официальное оформление обязательств перед потребителем будет стимулировать предприятие к эффективному взаимодействию с ними.

Все отношения предприятия с потребителем услуги должны быть отражены в документах СМК. Комплект документов должен содержать:

- 1) основное руководство — описание системы качества услуги;
- 2) программу обеспечения качества услуги;
- 3) методики всех видов деятельности персонала предприятия, детализирующие способы повышения качества услуги;
- 4) протоколы качества.

В протоколах должна быть отражена следующая информация:

- степень, в которой потребитель удовлетворен услугой;
- степень достижения предприятием своих целей в области качества услуги;
- тенденции показателей качества услуги (улучшаются, стабилизировались, ухудшаются, другие зависимости);
- меры воздействия на характеристики качества и их эффективность;
- результативность мер, направленных на повышение квалификации персонала;
- анализ конкурентоспособности организации на рынке данной услуги;
- анализ эффективности принятой системы менеджмента качества;
- обоснование изменений в документах системы качества [3].

Система качества должна периодически подвергаться проверке с целью анализа ее эффективности. Анализ должен быть основан на учете данных о качестве услуги, предоставленных всеми уполномоченными специалистами. Руководству должны предоставляться интегральные данные, которые получены с использованием методик их сбора и обработки, предусмотренных в системе менеджмента качества. Проверкой должны быть охвачены:

- служба оценки мнения потребителей;
- деятельность лиц, ответственных за функционирование системы качества;
- служба маркетинга услуг;
- технические службы.

На основе данных проверки представители руководящего органа или независимый от проверяемых служб персонал документально оформляет выводы и представляет их руководству для принятия мер, направленных на повышение качества услуги. Такими мерами могут быть коррекции: системы менеджмента качества, методик сбора и обработки данных; уровня качества, достижение которого намечено на ближайшую перспективу [3, 4].

Сравнение оценок качества услуги потребителем и предприятием должно быть темой специального изучения. Необходимо добиваться совместности обеих мер качества. В такой работе представители предприятия сервиса должны искать взаимопонимание друг с другом и с потребителем.

Предприятие, работающее на рынке услуг, должно ввести в практику постоянную проверку процессов предоставления услуги с целью повышения ее качества. Для решения этой важной задачи необходимо создать и поддерживать в рабочем состоянии информационную систему, призванную обеспечить сбор и обработку данных о качестве услуги. Должна быть определена ответственность за повышение качества услуги и функционирование информационной системы. Предоставление услуги проверяется путем планомерных проверок и измерений по заранее разработанной методике. Во время измерений первичные данные подлежат соответствующей обработке с целью получения итоговых данных:

- оценки качества услуги потребителем;
- оценки качества предприятием;
- оценки качества экспертами.

Процедуры измерения и сборы данных должны анализироваться с целью выявления ошибок. Причины ошибок во время измерений характеристик услуг могут быть как субъективными (низкая квалификация работников, неудовлетворительный контроль следования методике измерений), так и объективными. В большинстве случаев могут помочь статистические методы сбора и обработки данных как при измерении характеристик качества, так и для лучшего понимания требований потребителя. Такой анализ может быть использован и для принятия обоснованных решений о повышении качества услуги, позволяющих выявить:

- отклонения от установленного качества услуги;
- изменения требований рынка, оказывающих влияние на доходы предприятия;
- наиболее значимую характеристику услуги, совершенствование которой обещает наибольшую выгоду потребителю и предприятию сервиса;
- возможности снижения издержек в процессе предоставления услуги [1, 2].

Спектр объема материальных ресурсов для достижения требуемого качества услуги во многом определяется поставленными целями и уровнем качества, которого необходимо достичь. В состав основных материальных ресурсов для предоставления услуг должны входить: помещения, рабочее пространство и связанные с ними средства (рабочие и лабораторные помещения, мастерские, складские и другие помещения); технологическое оборудование и

средства восстановления работоспособности; квалифицированный персонал предприятия; ЭВМ и программное обеспечение; производственная среда; финансовые ресурсы.

В целом, для достижения эффективности системы менеджмента качества предприятия на рынке услуг необходимо:

- установление обратной связи с потребителем;
- обеспечение возможности вклада потребителя в совершенствование услуги;
- стимулирование и подготовка персонала;

- обеспечение надежными материальными ресурсами;
- достижение совместимости оценок качества потребителем и предприятием;
- проведение периодического анализа системы качества;
- создание и функционирование информационной системы для сбора и обработки данных о качестве услуг;
- принятие решений руководством предприятия на основе полученных данных по повышению качества услуги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандартизация, сертификация в сфере услуг: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.В. Раков, В.И. Королькова, Г.Н. Воробьева и др.; Под ред. А.В. Ракова. М.: Мастерство, 2002.
2. Битнер В.И. Качество услуг электросвязи и его оценка: Учеб. пос. М.: Юнити Дана, 2000.
3. Стандартизация и управление качеством продукции: Учебник для вузов / В.А. Швандар, В.П. Панов, Е.М. Купряков и др.; Под ред. проф. В.А. Швандар. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
4. Спиднадель В.Н. Системы качества (в соответствии с международными стандартами ИСО семейства 9000): Учеб. пос. СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2000.

УДК 622.012.2

А.Е. ВОРОБЬЕВ
Т.В. ЧЕКУШИНА
С.Б. АЛИЕВ
Д.С. АЛИЕВА

Структура внешних займов Республики Казахстан

Основной формой государственного кредита являются государственные займы, представляющие собой кредитные отношения, в которых государство главным образом выступает в качестве должника. Государственный займ может быть внутренним и внешним (международным). Займы также различаются по срокам погашения, месту, способам размещения, валюте займа, эмитентам, видам доходности.

Внутренний займ — состоит из государственных займов и долговых обязательств Правительства Республики Казахстан, Национального Банка Республики Казахстан и местных исполнительных органов перед заимодателями-резидентами Республики Казахстан.

Внешний (международный) займ — составная часть государственного долга по внешним государственным займам и другим долговым обязательствам Правительства Республики Казахстан и Национального Банка Республики Казахстан перед заимодателями-нерезидентами Республики Казахстан.

С обретением самостоятельности в Республике Казахстан началось применение собственных внутренних и внешних займов. Основная проблема, которая возникает у государства в процессе осуществления внешних заимствований, — это проблема управления внешней задолженностью как один из основных факторов макроэкономической стабильности в стране. От решения проблемы управления займами зависит дееспособность страны, состояние ее валютных резервов и соответственно стабильность национальный

валюты, уровень процентных ставок, инвестиционный климат.

Управление внешними займами — это деятельность государства в лице уполномоченных органов по обеспечению рационального и эффективного заимствования и оптимизация стоимости обслуживания государственного займа. Управление осуществляется в целях избегания макроэкономических трудностей и проблем платежного баланса в будущем.

Управление внешними займами включает в себя:

- оценку состояния и прогноза государственного долга (Министерство финансов Республики Казахстан совместно с Национальным Банком Республики Казахстан);
- определение Министерством финансов Республики Казахстан объемов и условий заимствования Правительством Казахстана лимитов и объемов погашения и обслуживания правительственного долга и долга местных исполнительных органов;
- регистрацию Министерством финансов Республики Казахстан займов Правительства, Национального Банка и местных исполнительных органов Республики Казахстан;
- контроль и мониторинг получения, погашения и обслуживания займов;
- реализацию мероприятий по оптимизации структуры долга.

Обслуживание внешних займов представляет собой выплату вознаграждения, комиссионных и иных платежей, вытекающих из условий заимствования.

К методам управления внешними займами также относятся: рефинансирование, конверсия, консолидация, унификация, отсрочка погашения займа, отказ от государственного долга.

Наличие внешней задолженности является нормальным для активно развивающегося государства и в условиях стабильной экономики не является определяющим фактором для страны. Развитие национальной экономики невозможно без иностранных кредитов, инвестиций, привлечения передовых технологий. В Республике Казахстан данная сфера государственных отношений четко регламентирована. Валовой внешний долг Республики Казахстан на 01.01.1999 г. составлял 7, 5429 млрд. долларов, из них 3,9606 млрд. долл. были заимствованы либо самим государством, либо под его гарантию, а еще 2, 3089 млрд. долларов были привлечены негосударственными организациями без участия Правительства Казахстана. Остальные 1,2734 млрд. долларов представляли собой задолженность казахстанских предприятий за поставки иностранных товаров и услуг.

Внешние займы Республики Казахстан, в свою очередь, делятся на долг непосредственно Правительства (2,4 млрд. долларов), Национального Банка (637,7 млн. долларов) и предприятий, заручившихся государственной гарантией (891,4 млн. долларов).

В зависимости от типа кредитора, больше всего Республика Казахстан оказалось должна Всемирному Банку (926,8 млн. долларов), МВФ (Международному Валютному Фонду) (651,1 млн. долларов) и организациям, финансирующим казахстанский экспорт (891,4 млн. долларов).

Среди стран-доноров самым крупным кредитором казахстанского правительства выступила Япония, Эксимбанк которой и фонд ОЕСФ в общей сложности предоставили республике более 500 млн. долларов.

В дальнейшем ситуация несколько изменилась: в настоящее время среди стран-доноров крупнейшими кредиторами Казахстана являются Германия — 9,4%, США — 9,2%, Великобритания — 7%, Нидерланды — 6,9%. До 10% (с 2,5% в 1997 году) увеличился приток внешних ресурсов из Швейцарии и до 21% — от международных финансовых организаций. В результате заметно ослабили кредитные позиции Японии, Южной Кореи и России.

Значительный объем казахстанских государственных заимствований приходится на частных кредиторов — иностранных физических и юридических лиц, которые покупают казахстанские ценные бумаги: казначейские обязательства, ноты Национального Банка и еврооблигации. На долю последних приходится 550 млн. долларов государственного долга (притом, что всего иностранные частные инвесторы заняли Казахстану около 800 млн. долларов). Объем обязательств Республики Казахстан перед иностранными коммерческими банками, открывшими кредитные линии для страны, по сравнению с общей массой государственной задолженности, невелик — всего 243,6 млн. долларов. Доля задолженности, по которой государство не несет никаких обязательств,

составляет 30,6% в валовом внешнем долге Республики Казахстан. В результате на конец 1998 года размер просроченных платежей достиг 415 млн. долларов. Казахстан в основном осуществлял заимствования у иностранных нефинансовых организаций, поэтому на долю зарубежных коммерческих банков в начале 1999 года приходилось лишь 23,6% негарантированного внешнего долга Казахстана.

Среди негосударственных учреждений Казахстана осуществляли заимствования на международных рынках в основном не банки, а хозяйствующие субъекты реального сектора экономики. В 1998 году четыре казахстанских банка второго уровня получили кредитные рейтинги и взяли займы суммарно более 500 млн. долларов США, а их доля в общем объеме негосударственных заимствований к началу 1999 г. составила только 13,1%. Соответственно 86,9% долга взяли на себя разные промышленные предприятия.

По определению Всемирного банка, задолженность государства считается низкой, если отношение не превышает следующие показатели (см. табл.):

- а) валового внешнего долга (ВВД) к ВВП — 48 (в Казахстане — 33,8);
- б) ВВД к экспорту — 132 (в Казахстане — 113);
- в) суммы обслуживания задолженности к экспорту — 18 (в Казахстане — 22,8);
- г) платежей вознаграждения (интереса) к экспорту — 12 (в Казахстане — 5,1).

ПОКАЗАТЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВНЕШНЕГО ЗАЙМА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ПО ИНОСТРАННЫМ КРЕДИТАМ (МЛН ДОЛЛ.)

1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.
Обслуживание прямого и гарантированного государством внешнего долга					
348	355	557	886	927	562
Обслуживание внешнего долга, не гарантированного государством					
760	1539	963	1100	965	1120
Всего					
1108	1894	1520	1986	1892	1682

В декабре 2006 г. Президент Республики Казахстан своим Указом «О концепции по управлению государственным и валовым внешним долгом» от 29.12.2006 г. № 234 одобрил Концепцию по управлению государственным и валовым внешним долгом

Основной целью концепции является «формирование единой и эффективно функционирующей системы управления долгом страны, позволяющей удерживать валовой внешний долг страны на оптимальном уровне, качественно управлять государственным долгом, долгом предприятий с преобладающим участием государства, условными обязательствами государства, и способствовать эффективному регулированию вопросов заимствований частным сектором на внешних рынках ссудного капитала».

В задачи концепции входит оптимизация системы управления долгом государственного сектора, в том числе в части введения соответствующего учета по

долговым обязательствам, осуществления системного мониторинга и контроля за состоянием долга, управления рисками, эффективного взаимодействия государственных органов и организаций с преобладающим участием государства; определение методики наиболее точного учета валового внешнего долга страны; определение для Казахстана относительных показателей валового внешнего долга на среднесрочную перспективу, выступающих в качестве «сигнальных» пороговых значений, превышение которых будет основанием для введения косвенных и прямых ограничительных мер по удержанию размера обязательств перед нерезидентами на безопасном для экономики уровне; определение механизмов регулирования вопросов заимствования частным сектором на внешних рынках ссудного капитала.

Государственный заем Казахстана, гарантированный Правительством, в объеме внутреннего валового продукта (ВВП) страны составляет менее 10%. Это очень низкий показатель, который характеризует Казахстан как высокоплатежное государство.

В то же время совокупная задолженность Республики Казахстан имеет тенденцию к росту. Это корпоративные долги, внешние заимствования банков, поэтому на современном этапе Национальный Банк Республики Казахстан и Агентство по финансовому надзору осуществляют программу, связанную с уменьшением заимствований на внешних рынках.

На фоне уменьшения государственной внешней задолженности в Республике значительно растет объем валовой внешней задолженности, которая на конец 2005 года составила 41,5 млрд. долларов и по сравнению с 2004 годом увеличилась на 30% (в 2005 году объем внешней государственной задолженности сократился по сравнению с 2004 годом на 35% или на 1,8 млрд. долларов, а гарантированный государством внешний долг уменьшился на 6,4%).

Данные тенденции были озвучены в отчете председателя Счетного комитета Республики Казахстан Омархана Оксикбаева «Об исполнении республиканского бюджета за 2005 год». В отчете подчеркивается, что внешняя задолженность банковского сектора только на 1 января 2005 года возросла до 13 901 млн. долларов и по сравнению с 2004 годом увеличилась в 2 раза. Так же наблюдается тенденция устойчивого роста межфирменных долгов, которые составили в 2005 году 18,6 млрд. долларов и по сравнению с 2004 годом увеличились на 12%.

При этом основными видами долгового инструмента являются финансовые займы, доля которых в валовом внешнем долге составляет 85%, доля торговых кредитов — 8,9%, долговых ценных бумаг — 5,8%.

В своем отчете Счетный комитет также подчеркивает, что в республике еще не отлажена система управления внешним государственным долгом. Данный вывод был сделан на основе отсутствия в Комитете казначейства Министерства финансов информации о погашении обслуживания обязательств местных исполнительных органов перед банками и другими кредиторами. Правительством

также осуществлялась переуступка прав требования от местных исполнительных органов к Министерству финансов, механизм которого не был рассмотрен в Законе «О бюджетной системе». При этом, по данным Счетного комитета, сумма неурегулированных и непризнанных долгов местных исполнительных органов на 1 января 2005 года составила 12,2 млрд. тенге.

Средства под правительственные гарантии в основном не привлекаются, данный механизм заимствований последний раз использовался в 2005 году, при привлечении кредитных ресурсов для АО «Казпочта». В 2005 году осуществилось привлечение сразу двух кредитов под гарантии Правительства — для строительства объектов энергетической отрасли (на строительство ЛЭП «Север-Юг» и Мойнакской ГЭС).

Строительство Мойнакской ГЭС было начато в 1985 году в 150 км восточнее г. Алматы на реке Чарын и остановлено в 1992 году в связи с прекращением финансирования. В начале 2005 года в рамках реализации Постановления Правительства «О дополнительных мерах по реализации Постановления Правительства «О дополнительных мерах по развитию гидроэнергетики в РК» было принято решение о возобновлении строительства ГРЭС. Предполагаемая мощность гидроэлектростанции — 250 мегаватт.

Гарантированная Республикой Казахстан задолженность составила 74 млрд. тенге, что на 1 млрд. больше, чем в начале 2006 года. Данный показатель за полугодие уменьшился на 5 млрд. тенге из-за изменения курсов валют.

В целом Республика Казахстан является одной из немногих стран мира с низким отношением госдолга к ВВП (не превышает 10%). Данный показатель в среднем в странах ЕС составляет около 50%. Так, гарантированный государством долг составил 80,3 млрд. тенге, данный показатель по сравнению с 1 января 2006 года вырос на 1 млрд. тенге.

По состоянию на 1 января 2006 года государственный и гарантированный государством долг составляет 5 863 311 тыс. долларов (данные к проекту Закона «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Казахстан «О республиканском бюджете на 2006 год»). При этом государственная задолженность составляет 5,2 млрд. долларов, в том числе задолженность Правительства — 4 млрд. долларов, а внутренний долг равен 2,2 млрд. долларов, внешний — 1,7 млрд. долларов [1].

Внешняя задолженность Правительства распределяется следующим образом: Международный банк реконструкции и развития — 442,8 млн. долларов, Азиатский банк развития — 124,1 млн. долларов, Европейский Банк Реконструкции и Развития — 33,2 млн. долларов, Исламский банк развития — 37,8 млн. долларов, Саудовский фонд развития — 8,6 млн. долларов, Кувейтский фонд арабского экономического развития — 10,9 млн. долларов, Фонд развития Абу-Даби — 18 млн. долларов, Японский банк международного сотрудничества — 530,6 млн. долларов, евроноты — 350 млн. долларов.

По предварительным данным, подлежащим уточнению, долг местных исполнительных органов составляет — 619, 4 млн. долларов, в том числе — перед правительством — 555,5 млн. долларов, перед прочими кредиторами — 63,8 млн. долларов.

По итогам 2006 года основная доля в структуре внешней задолженности приходилась на банковский сектор (45,4%), межфирменная задолженность (34,6%), государственный и гарантированный государством внешний долг (4,3%) и на прочие долговые обязательства приходится 15,7%. Следовательно, мы еще раз убедились, что основную долю внешней задолженности составляют средства, привлеченные негосударственными структурами. А

если рассматривать государственную «бумажную» задолженность, представленную выпущенными государственными ценными бумагами, то согласно выкладкам аналитиков биржевого агентства «Ирбис», «бумажная» государственная задолженность сократилась как в тенговом, так и в долларовом эквиваленте. В структуре внешней «бумажной» задолженности Республики Казахстан, после окончательных расчетов с кредиторами по суверенным еврооблигациям, данный показатель стал нулевым. Данное событие положительным образом повлияет на макроэкономическую ситуацию в стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структура внешней задолженности Республики Казахстан // Деловая неделя. 22 июня 2007 года.

Раздел 2

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности

УДК 622.8

П.В. ЕМЕЛИН

Оценка влияния факторов в математической модели расчета температурного поля выработанного пространства добычного участка

Как известно, одной из важных стадий процесса самовозгорания угля является стадия самонагрева. Детальное изучение этой стадии важно тем, что, имея характерные признаки, знание величин критериальных параметров и функций, описывающих процесс тепломассопереноса именно на данном интервале времени этой стадии, позволит своевременно разработать и произвести пожарно-профилактические мероприятия и не допустить дальнейшего ее перехода в последующие стадии самовозгорания и горения угольного скопления.

Самонагревание окисления угля, как всякое тепловое явление, подчинено закону сохранения энергии, который в данном случае имеет вид теплового баланса.

Определение количественных значений статей теплового баланса в шахтных условиях связано с

большими трудностями из-за влияния многочисленных взаимосвязанных факторов на процесс самовозгорания угля.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований [1-4] нами была разработана математическая имитационная модель процесса низкотемпературного окисления угольных скоплений в выработанном пространстве, позволяющая для каждого конкретного объема выработанного пространства добычного участка (элементарная ячейка) с учетом множества общих факторов и влияния горно-геологических, технологических, физико-химических характеристик или иных особенностей произвести расчет температурного поля выработанного пространства добычного участка с учетом влияния концентрационного и фильтрационного полей.

Тепловой баланс моделируемого процесса наиболее целесообразно определять по следующим статьям: количество тепла, генерируемого в результате процесса сорбирования кислорода угольной массой $Q_{\text{выд}}$; тепло, аккумулируемое угольной массой $Q_{\text{нагр } y}$; конвективный вынос тепла газовой смесью $Q_{\text{нагр } в}$; количество тепла, переданного окружающему массиву пород, соприкасающегося с угольной массой $Q_{\text{тепл } n}$; тепло, поглощенное угольным скоплением при десорбции метана Q_M :

$$Q_{\text{дд } \bar{a}} - Q_{\text{дд } \bar{a} - \bar{o}} - Q_{\text{дд } \bar{a} \bar{e} - \bar{i}} - Q_{\text{дд } \bar{a} - \bar{a}} - Q_i = 0, \quad (1)$$

$$Q_{\text{дд } \bar{a}} = Q_i^{\bar{o}} \cdot [U_0 + E \cdot T_i - T_0] \cdot C_{\bar{e} - \bar{i} \bar{n} \bar{o}} \cdot \Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tau_1, \quad (2)$$

где $Q_i^{\bar{o}}$ — удельная теплота реакции поглощения кислорода углем, задается в зависимости от индекса пласта, Дж/м³;
 U_0 — константа скорости сорбции кислорода углем при начальной температуре T_0 , определяемая опытным путем, м³/с·кг;
 E — температурный коэффициент скорости сорбции, м³/с·кг·град;
 $C_{\text{к } \text{пост}}$ — объемная доля кислорода в газовой смеси, соприкасающейся с углем ячейки, доли;
 T_i — искомая температура в рассматриваемой элементарной ячейке, связанной с i узлом, К;
 T_0 — начальная температура угля в рассматриваемой элементарной ячейке (принимается $T_0 = 293$ К), К;
 τ_1 — временной шаг итерации, с;
 $\Delta m_{\text{угля}}$ — величина массы угля, участвующего в процессе самонагрева, кг.

Величина массы угля, участвующего в процессе самонагрева $\Delta m_{\text{угля}}$, определяется как

$$\Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} = V_i \cdot \bar{I} \cdot \rho_{\text{o } y}, \quad (3)$$

где $\bar{I}$ — коэффициент потерь угля, доли;
 $\rho_{\text{o } y}$ — насыпная плотность угля кг/м³;
 V_i — объем элементарной ячейки, м³.
 Объем элементарных ячеек равен:

$$V_i = \Delta X \cdot \Delta Y \cdot ml, \quad (4)$$

где $\Delta X, \Delta Y$ — геометрические размеры элементарной ячейки, м;
 ml — мощность угольного пласта, м.

$$Q_{\text{дд } \bar{a} \bar{o} - \bar{o}} = \Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot C_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot T_i - T_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tau_1, \quad (5)$$

где $C_{\text{угля}}$ — удельная теплоемкость угля, Дж/кг·град;
 $T_{\text{нач}}$ — расчетная температура в рассматриваемой элементарной ячейке на предыдущем шаге счета (для первого ряда ячейки температура принимается равной T_0), К.

$$Q_{\text{дд } \bar{a} \bar{e} - \bar{i}} = T_i - T_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \frac{\lambda_n \cdot \sqrt{\pi} \cdot S \cdot \tau_1}{\sqrt{a \cdot \tau_1}} \cdot 1 - N_{i,j}, \quad (6)$$

где λ_n — коэффициент теплопроводности пород, Дж/м·с·град;
 a — коэффициент температуропроводности пород, м²/с;
 S — площадь элементарной ячейки, определяемая

как произведение длины и ширины элементарной ячейки, м²;

$N_{i,j}$ — пористость угольной массы.

$$Q_{\text{дд } \bar{a} \bar{o} - \bar{a}} = \rho_{\bar{a}} \cdot \sum_{j=1}^n q_j \cdot \tilde{N}_{\bar{a}} \cdot T_i - T_{\text{дд } \bar{a} \bar{o}} \cdot \tau_1, \quad (7)$$

где $C_{\bar{e}}$ — удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг·град;
 $\rho_{\bar{e}}$ — плотность воздуха, кг/м³;
 $T_{\text{пост}}$ — средняя температура газовой смеси, поступающей в элементарную ячейку, К;

$\sum_{j=1}^n q_j$ — приток газовой смеси в ветви входящей в i -й узел сеточной области, м³/с.

$$Q_i = \Delta q_{\text{мет}} \cdot K_{\text{дд } \bar{a} \bar{o}}, \quad (8)$$

где $\Delta q_{\text{мет}}$ — метановыделение из угольного скопления элементарной ячейки за интервал времени τ_1 , м³;
 $K_{\text{мет}}$ — тепловой коэффициент десорбции метана, Дж/м³;
 $K_{\text{мет}} = 1.26 \cdot 10^6$ Дж/м³.

Решая уравнение теплового баланса (1), относительно T_i находим значение температуры в расчетной элементарной ячейке.

$$T_i = \frac{Q_i^{\bar{o}} \cdot U_0 \cdot C_{\bar{e} - \bar{i} \bar{n} \bar{o}} \cdot \Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \left(1 - \frac{E \cdot T_0}{U_0}\right) \cdot \tau_1 +}{-Q_i^{\bar{o}} \cdot C_{\bar{e} - \bar{i} \bar{n} \bar{o}} \cdot \Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tau_1 +} + \frac{T_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \lambda_i \cdot S \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \tau_1}{a}} \cdot 1 - N_{i,j} - \Delta q_{\text{мет}} \cdot \tilde{E}_{\text{дд } \bar{a} \bar{o}} \cdot \tau_1 +}{\lambda_i \cdot S \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \tau_1}{a}} \cdot 1 - N_{i,j} + \Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tilde{N}_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tau_1 +} + \frac{T_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \Delta m_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tilde{N}_{\text{дд } \bar{e} \bar{y}} \cdot \tau_1 + \sum_{j=1}^n q_j \cdot T_{\text{дд } \bar{a} \bar{o}} \cdot \rho_{\bar{a}} \cdot \tilde{N}_{\bar{a}} \cdot \tau_1}{+ \sum_{j=1}^n q_j \cdot \rho_{\bar{a}} \cdot \tilde{N}_{\bar{a}} \cdot \tau_1}, \quad (9)$$

Исследование и анализ функциональной зависимости по расчету температуры (9) производился нами с целью установления степени и построения иерархии влияния факторов, входящих в функцию, на результирующий признак T_i как в отдельности, так и сгруппированных по общим характерным свойствам.

С целью оценки степени влияния выбранных нами факторов ($\Delta X, \Delta Y, ml, U_0, E, Q_i, C_{\text{к } \text{пост}}, \tau_1, \bar{I}$) на результирующий признак T_i , определяемый функциональной зависимостью (9), нами был использован дисперсионный анализ. Для получения экспериментальных данных, значений температуры T_i , были приняты по три значения каждого из восьми рассматриваемых факторов. Максимально возможное число экспериментов в поставленной задаче составляет 3⁸ или 6561.

Для проверки значимости различий между средними групповыми значениями по каждому фактору были вычислены факториальные ($\gamma_{\text{факт}}$) и общая сумма квадратов ($\gamma_{\text{общ}}$) по следующим зависимостям [5, 6]:

$$\gamma_{i\hat{a}\hat{u}} = \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2, \quad (10)$$

$$\gamma_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}} = n \sum_{j=1}^r (\bar{T}_j - \bar{T})^2, \quad (11)$$

где N — количество проведенных экспериментов;
 n — число экспериментов на каждом уровне фактора;

r — число уровней фактора;

$\bar{T}$ — общее среднее;

$\bar{T}_j$ — средние групповые значения,

соответствующие каждому из уровней фактора.

Тогда остаточная сумма квадратов $\gamma_{ост}$ определяется как:

$$\gamma_{i\hat{n}\hat{o}} = \gamma_{i\hat{a}\hat{u}} - \sum_{k=1}^8 \gamma_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^k. \quad (12)$$

Поделив суммы квадратов на соответствующие степени свободы, находим факторные дисперсии $\sigma_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^2$, характеризующие влияние фактора на значения температуры T_i , и остаточную дисперсию $\sigma_{i\hat{n}\hat{o}}^2$, характеризующую влияние случайных ошибок. Далее нами были вычислены экспериментальные значения критерия Фишера для каждого фактора

$$F_{\hat{y}\hat{e}\hat{n}\hat{i}} = \frac{\sigma_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^2}{\sigma_{i\hat{n}\hat{o}}^2}.$$

Сравнение полученных экспериментальных значений F -критерия с соответствующим критическим значением показывает воздействие соответствующего фактора на изучаемую величину температуры.

Результаты дисперсионного анализа и проверка гипотез представлены в таблице.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

Варьируе е	Степень свободы	Сумма квадратов $\gamma_{факт}$	Дисперсия $\sigma_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}^2$	Критерий Фишера $F_{эксп}$
τ_1	3–1=2	0,0004	0,0002	0,00118
U_0	3–1=2	1262,314	613,157	3737,87
E	3–1=2	44,987	22,494	133,21
Π	3–1=2	0,001489	0,000745	0,0044
Q_v	3–1=2	$2,25 \cdot 10^{-9}$	$1,125 \cdot 10^{-9}$	$6,66 \cdot 10^{-8}$
$\Delta X, \Delta Y$	3–1=2	$3,455 \cdot 10^{-10}$	$1,727 \cdot 10^{-10}$	$1,0186 \cdot 10^{-9}$
ml	3–1=2	0,00053	0,00027	0,00158
$C_{к. пост}$	3–1=2	67,483	33,741	199,824
Остаточное	$2^8=256$	43,227	0,16885	

По таблице распределения Фишера критическое значение при 1% уровне значимости составляет $F_{(2;256;0,01)}=4,7$. При данном значении $F_{крит}$ можно принять нуль-гипотезу о том, что на изменение температурного поля не оказывают значительного влияния такие параметры, как временной шаг, коэффициент потерь угля, количество воздуха, проходящего через ячейку, геометрические размеры ячейки, мощность угольного пласта.

Далее нами была проведена оценка степени влияния каждого фактора из сформированного нами множества на температуру по следующей зависимости:

$$d = \frac{\gamma_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}}{\gamma_{i\hat{a}\hat{u}}}, \quad (13)$$

где $\gamma_{общ}$ имеет значение 1418,013. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что 89,02% общей вариации температуры T_i связано с изменением скорости сорбции кислорода углем, 4,76% — с концентрацией кислорода в воздухе, 3,2% — с температурным коэффициентом скорости сорбции. Степень влияния остальных рассмотренных параметров составляет менее одного процента (0,03%).

Основные переменные, входящие в исследуемую нами зависимость, были сгруппированы по общим характерным признакам: горно-геологические параметры (величина потерь угля, локальные потери, мощность пласта), технологические параметры (скорость подвигания очистного забоя, количество воздуха, поступающего в очистной забой), физико-химические характеристики угля (константа скорости сорбции, температурный коэффициент скорости сорбции), геометрические параметры — размеры элементарных ячеек ($\Delta X, \Delta Y$), выбираемые при построении квазимодели выработанного пространства.

Как видно из таблицы, наиболее влияющими являются факторы, характеризующие физико-химические свойства угля (U_0 и E). Особенно выделяется на фоне остальных факторов влияние константы скорости сорбции (89,02%). С физической точки зрения данный факт говорит нам о том, что именно природа и внутренняя структура угля, его активность играют определяющую роль в процессе низкотемпературного окисления. Данный результат подтверждается и практикой, когда у менее активных углей при благоприятных условиях к самовозгоранию (наличию значительных объемов угля, достаточного количества кислорода) не наблюдается роста температурного фона.

В меньшей степени, но тем не менее влияющим фактором на динамику роста температуры является концентрация кислорода в воздухе, участвующем в окислительном процессе угля (4,76%). Этот факт объясняется тем, что именно наличие кислорода и доставка достаточного его количества к области угольного скопления являются необходимым условием зарождения процесса низкотемпературного окисления.

Следуя ранжированию, ниже находится группа горно-геологических параметров (величина потерь угля Π , локальные потери, мощность пласта ml). Как видно из таблицы, степень влияния на результирующий признак данных параметров весьма незначительна.

На последнем уровне по значимости и влиянию на процессы, связанные с самонагреванием угля в выработанном пространстве, следуя анализу таблицы, находятся группы технологических и геометрических параметров (скорость подвигания очистного забоя, количество воздуха, поступающего в очистной забой, и шаги разбиения $\Delta X, \Delta Y$ при построении сеточной области). В представленной математической модели скорость подвигания очистного забоя (v) напрямую

связана с величиной временного шага τ_1 , что позволяет отнести данный фактор к неопределяющим.

Как видно из таблицы, незначительное влияние на рост температуры в рассматриваемой ячейке выработанного пространства оказывают

геометрические размеры ячейки и количество проходящего через нее воздуха, степень влияния которых, из рассмотренного множества факторов, значительно ниже остальных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глузберг Е.И. Теоретические основы прогноза и профилактики шахтных эндогенных пожаров. М.: Недра, 1986. 160 с.
2. Акимбеков А.К. Управление метановыделением в выработке угольных шахт путем снижения газопроницаемости прилегающего горного массива: Дис. ... д-ра техн. наук. Алматы, 1996. 288 с.
3. Чеховских А.М., Давыдов Е.Г., Калякин Г.В., Емелин П.В. Расчет температурного поля в выработанном пространстве // Труды XI Симпозиума по горению и взрыву. Химическая физика процессов горения и взрыва. Черноголовка, 1996. Т. 1. С. 192-195.
4. Математическое моделирование самонагрева угольного пласта = Mathematical modeling of spontaneous heating of accalled / Edvard John. Reht Invest 1990. С. 112-124.
5. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. С. 208.
6. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. М.: Физматгиз, 1963. 625 с.

УДК 622.831

Б.Н. ЦАЙ
Н.Б. БАХТЫБАЕВ

Влияние разгрузочных щелей на образование условной зоны неупругих деформаций пород вокруг выработки

С увеличением глубины разработки угольных месторождений подземным способом все более актуальной становится проблема пучения почвы выработки. К настоящему времени разработано множество способов предотвращения этого явления (скважинная, щелевая разгрузка, разгрузка взрыванием камуфлетных зарядов, применение замкнутых конструкций крепей). В Карагандинском угольном бассейне имеется достаточный опыт предотвращения пучения почвы путем нарезки разгрузочных щелей [1,2]. Предварительная оценка эффективности данного способа может быть осуществлена путем определения напряженно-деформированного состояния и образования зон разрушения в приконтурной части выработки. Проанализируем влияние разгрузочных щелей на пучение почвы выработки и размеры условных зон неупругих деформаций (УЗНД) по всему контуру в зависимости от угла их наклона. При этом для определения УЗНД использовалась программа, полученная на основе синтеза теории упругости и кинетической концепции прочности твердых тел. Согласно ей первоначально определялось напряженное состояние пород вблизи выработки, а затем находились УЗНД с учетом временного фактора. Причем в качестве критерия разрушения была принята долговечность горных пород, определяемая по формуле [3]

$$t = t_0 \exp \frac{U_0 - \gamma \tau_e}{kT}, \quad (1)$$

где t_0 — период колебания атома в кристаллической решетке, с⁻¹;
 U_0 — начальная энергия активации разрушения, Дж/моль;
 γ — коэффициент структуры твердого тела;
 k — константа Больцмана;
 T — абсолютная температура испытываемого материала, К;

τ_k — максимальное касательное напряжение, кг/мм².

Рассмотрим развитие УЗНД во времени на конкретном примере. Откаточный квершлаг пройден на горизонте — 170 шахты «Казахстанская» УД АО «Миттал Стил Темиртау» на глубине 700 м. Ширина выработки составляет 5,94 м, а высота 3,97 м. Выработка имеет арочную форму, так как данной формой проходится более 80 % выработок бассейна. Квершлаг проходится по аргиллиту с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} = 20$ МПа, в почве выработки залегают алевролиты с $\sigma_{сж} = 32$ МПа. При выполнении расчетов коэффициент бокового распора принят $\lambda = 1$, а коэффициент структурного ослабления — $\psi = 0,5$.

На рис. 1 показаны изолинии максимальных касательных напряжений в МПа, возникающих вокруг выработки при различных ситуациях: а) без щелей; б) при вертикальных щелях; в) при углах наклона щелей 15°; г) при углах наклона щелей 30°; д) при углах наклона щелей 45°. При этом углы отсчитываются от вертикальной линии.

Сравнение рис. 1а-1д показывает, что наличие щелей в почве выработки существенно меняет картину распределения максимальных касательных напряжений τ_k . Зоны наибольших значений τ_k удаляются в глубь массива и концентрируются в нижней части разгрузочных щелей. Увеличение угла наклона щелей приводит к возрастанию τ_k на боковых стенках выработки.

Переход от напряжений к долговечности пород производится с помощью формулы (1). На рис. 2 приведены изолинии долговечности в приконтурном массиве, отображающие развитие УЗНД во времени. Шаг времени составляет 1 месяц.

Размеры УЗНД в почве и боках выработки для рассматриваемых вариантов в различные периоды ее существования проиллюстрированы на рис. 3. В таблице приведены величины пучения почвы в

откаточном квершлага при сроке службы 1 мес., 3 мес., 1 год, 3 года, 30 лет.

ВЕЛИЧИНА ПУЧЕНИЯ ПОЧВЫ В ВЫРАБОТКЕ
ПРИ ОТСУТСТВИИ ЩЕЛЕЙ

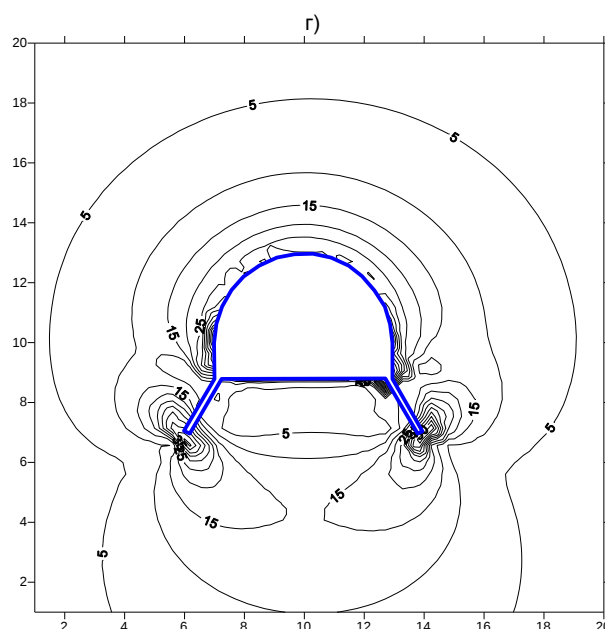
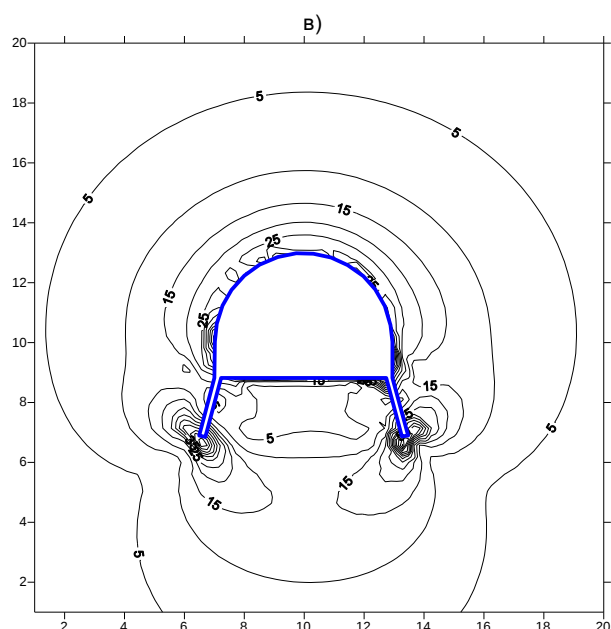
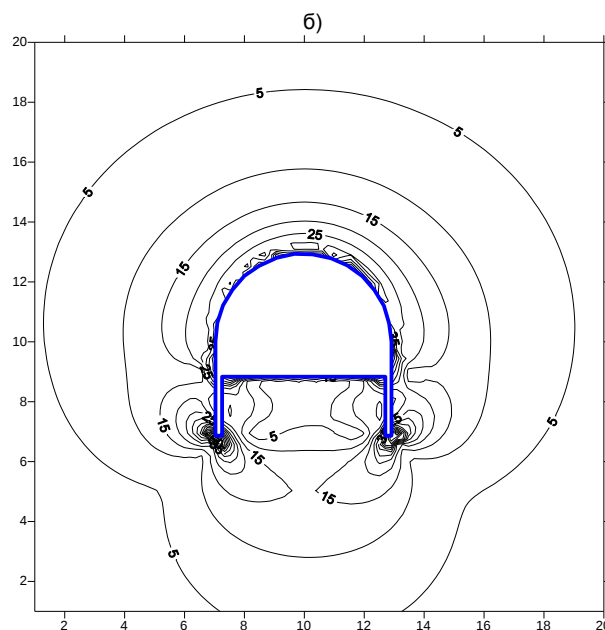
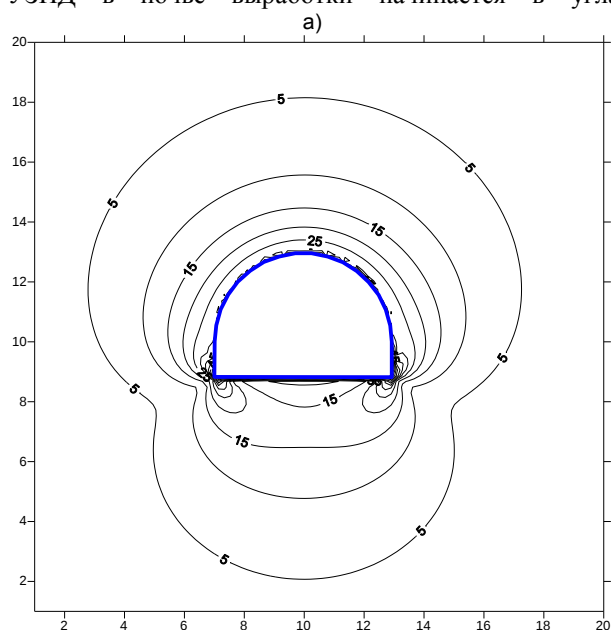
Срок службы	1 мес.	3 мес.	1 год	3 года	30 лет
Величина пучения почвы, м	0,15	0,16	0,18	0,21	0,25

На рис. 2 приведены УЗНД вблизи выработки в различные периоды времени с момента обнажения пород. Анализ изолиний долговечности (в секундах) вокруг откаточного квершлага при отсутствии разгрузочных щелей показывает, что формирование УЗНД в почве выработки начинается в углах

выработки, после 1 месяца охватывает всю ширину выработки и распространяется в глубь массива. Величина пучения почвы по центру выработки при условии, что смещения обусловлены только дилатансией пород, с течением времени достигает значений, указанных в таблице.

При выполнении расчетов коэффициент, учитывающий увеличение объема пород при их разрушении κ_l , был принят равным 1,1.

При наличии вертикальных щелей зоны разрушения перемещаются в глубь массива, тем самым в почве



д)

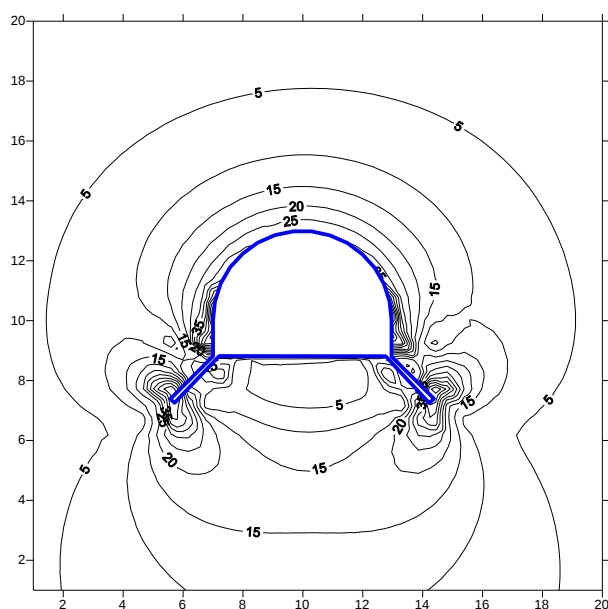
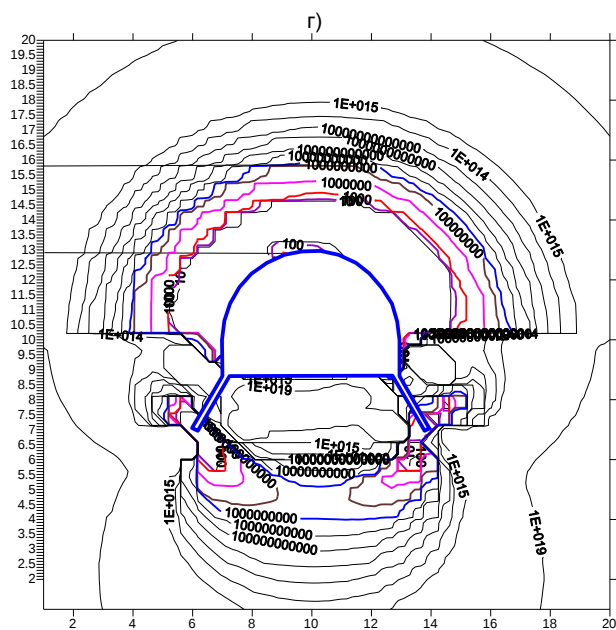
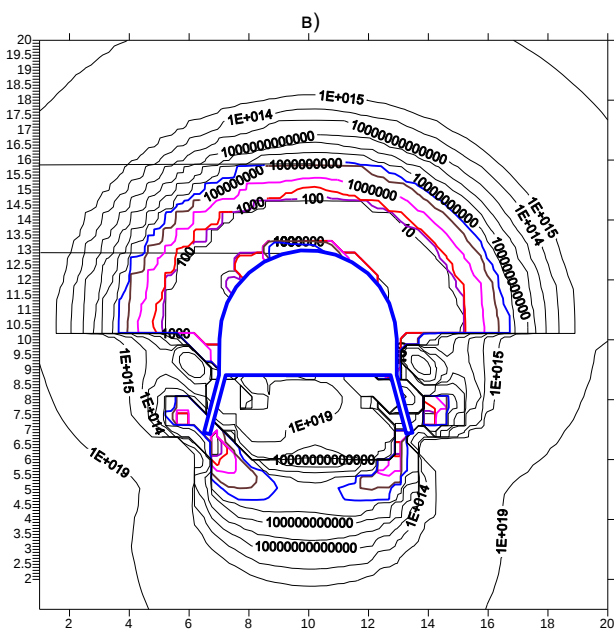
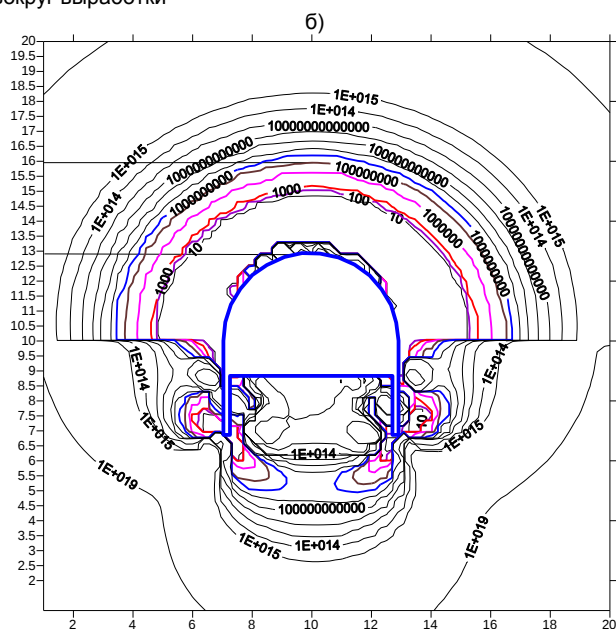
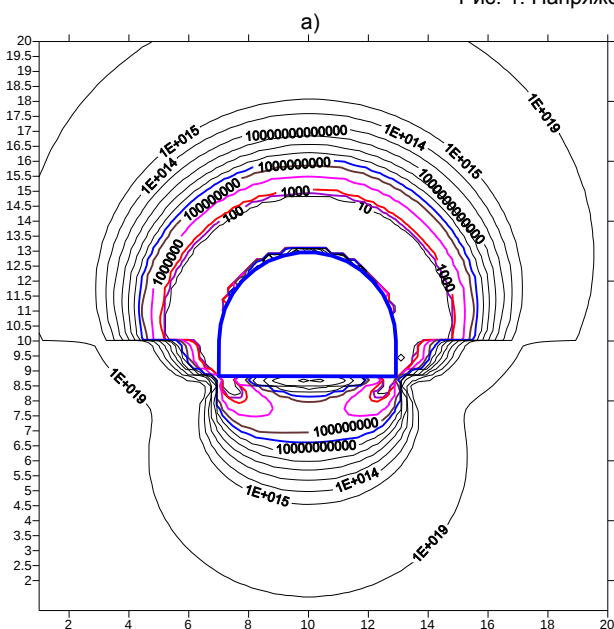


Рис. 1. Напряжения вокруг выработки



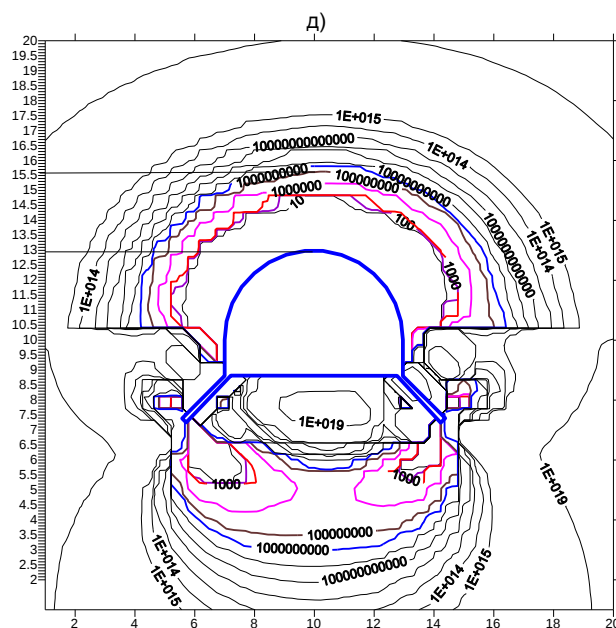


Рис. 2. Развитие УЗНД во времени

выработки образуется породный блок (рис. 2г), который препятствует пучению почвы. Разгрузочные щели влияют не только на размеры УЗНД в почве, но и в кровле, а также в боках выработки. Для сравнения приведены графики изменения УЗНД при различных углах наклона щелей и при их отсутствии (рисунки 3, 4, 5).

Из рис. 3 видно, что наиболее благоприятный угол наклона щелей 45° . В этом случае обеспечиваются минимальные размеры УЗНД. Увеличение угла наклона щелей до 45° приводит к уменьшению УЗНД в боках выработки (рис. 5). При углах наклона $30-45^\circ$ в почве выработки четко видны зоны разрушения, которые выдавливают породный целик в сторону выработки, тем самым вызывая пучение выработки (рис. 3г и 3д). При углах наклона щелей 45° пучение почвы будет проявляться уже в первый месяц и с течением времени прогрессирует. При углах наклона щелей 30° пучение почвы начнет проявляться по истечении 30 лет. Из графиков развития УЗНД (рис. 4, 5) видно, что при вертикальных и при углах наклона щелей 15° увеличиваются вертикальные и боковые нагрузки на крепь выработки. Но при данных углах наклона исключается пучение почвы. Выбор того или иного угла наклона щелей зависит от срока службы выработки. При небольших сроках выработки (3-5 лет) эффективными являются щели, нарезанные под углом 45° . При сроках службы выработки, сопоставимых со сроком службы шахты, эффективность этих щелей снижается. В этом случае необходимо нарезать щели под углом 30° . При таком угле достигается минимальное вертикальное и боковое давление.

Таким образом, исследованиями установлено влияние углов наклона щелей на формирование условных зон неупругих деформаций и на процесс пучения почвы выработки.

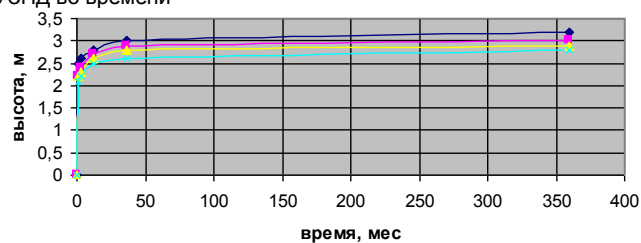


Рис. 3. Развитие УЗНД в кровле выработки во времени в зависимости от угла наклона щелей

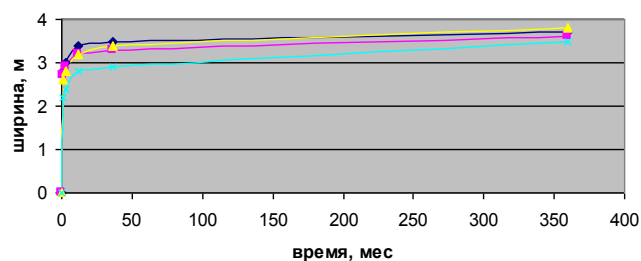


Рис. 4. Развитие УЗНД в боках выработки во времени в зависимости от угла наклона щелей

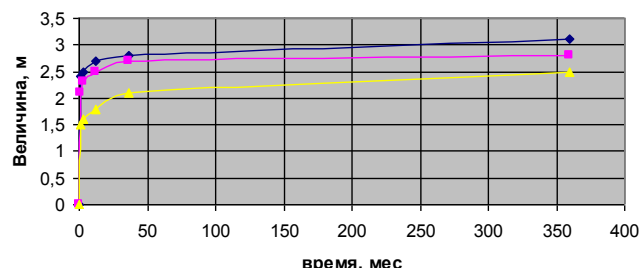


Рис. 5. Развитие УЗНД во времени в глубь массива

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баймухаметов С.К., Вальштейн Г.И., Пак П.П. Опыт-промышленные испытания способа щелевой разгрузки // Уголь. 1988. № 7. С. 13-15.

- Пак П.П., Халяфутдинов М.Р. Предотвращение пучения пород с помощью наклонных разгрузочных щелей // Шахтное строительство. 1988. № 7. С. 22-24.
- Регель В.Р., Слущер А.И., Томашевский Э.К. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 376 с.

УДК 622.274:553.3/9

Б.Т. БЕРКАЛИЕВ
Б.Ж. ХАМИМОЛДА
Ж.Т. ТНИМОВ

Оценка эффективности повторной отработки запасов месторождений

При разработке железорудного месторождения камерной системой с доставкой руды силой взрыва потери руды достигают 95%. Поэтому исследование и совершенствование систем разработки с целью уменьшения потерь и улучшения качественных показателей извлечения руды является задачей актуальной.

Предлагаемая методика позволяет оценить с позиций интересов предприятия экономическую эффективность доизвлечений потерянных запасов руды в камере после массового обрушения поддерживающих целиков. Кроме того, методика позволяет решить задачи, связанные с технико-экономической оценкой вариантов отработки целиков и камер, при изменении показателей извлечения руды.

Методика по хозяйственной экономической оценке эффективности более полной выемки запасов руды допускается в оперативных планово-производственных расчетах на действующих горных предприятиях, когда сроки отработки запасов в сравниваемых вариантах не превышают 2-3 года.

Эффективность более полной выемки запасов руды определяется на основании экономической оценки последствий потерь руды по сравниваемым вариантам с учетом возмещения за потери на снижение себестоимости добычи по методике [1]. В соответствии с методикой экономические последствия потерь в расчете на 1 тонну потерянных запасов ($\mathcal{E}_n$) определяются из выражения:

$$\mathcal{E}_i = \ddot{O}_{nII} - \hat{A}_A \frac{\hat{E}_{nI}}{\hat{E}_{nII}}, \quad (1)$$

где $\ddot{O}_{nII}$ — ценность потерянных запасов, тенге/тонн;
 $\hat{A}_A$ — возмещение за потери на снижение себестоимости добычи 1 тонны балансовой руды, тенге;
 K_{nI}, K_{nII} — коэффициенты извлечения соответственно для существующего и рекомендуемого вариантов, которые равны:
 $K_i = 1 - n$.

Величины, входящие в (1), определяются по формулам:

$$\ddot{O}_{iII} = \ddot{O}_a - C_a^{II}, \quad (2)$$

$$\hat{A}_A = C_a^{II} - C_a^I, \quad (3)$$

$$\ddot{O}_a = \ddot{O}_o + C - C_1 \Delta, \quad (4)$$

$$C_a^I = \frac{C_T^I}{\hat{E}_e^I}, \quad (5)$$

где $\ddot{O}_o$ — валовая ценность балансовой руды, тенге;
 $\hat{A}_a^I, C_a^{II}$ — соответственно себестоимость добычи балансовой руды по сравниваемым

параметрам, тенге/тонн;

$\ddot{O}_o$ — оптовая цена по преискуранту 1 тонны руды при содержании в ней железа, C_1 , тенге;

C_T^I — себестоимость добычи 1 тонны товарной руды по i -му варианту, тенге;

C — среднее содержание железа в балансовых запасах, %;

Δ — приплата (скидка) к оптовой цене за каждый процент железа сверх содержания C_1 , тенге;

$\hat{E}_e^i$ — коэффициент изменения качества для i -го варианта, определяется $\hat{E}_e^i = 1 - R_i$.

Исходные данные для расчета экономической оценки эффективности более полной выемки запасов руды сводятся в таблицу.

Определяются дополнительные затраты по рекомендуемым вариантам на горно-подготовительные и нарезные работы, ВМ, бурение скважин и т.д. по следующей формуле:

$$\Delta Z = C_z V_{II}, \text{ тенге.} \quad (6)$$

Определяется себестоимость добычи 1 тонны товарной руды по шахте для рассматриваемых вариантов с дополнительной выемкой запасов руды по формулам:

$$\tilde{N}_o^{II} = C_T^I + C_C^{II} - C_C^I, \text{ тенге/тонн,} \quad (7)$$

$$C_C^{II} = \frac{C_C^I \frac{\hat{A} - \hat{I}_o}{1 - R_I} + C_{aII} \left[\frac{\hat{A} - \hat{I}_o - \Delta Q}{1 - R_{II}} - \frac{\hat{A} - \hat{I}_o}{1 - R_I} \right] + \Delta C}{\frac{\hat{A} - \hat{I}_o - \Delta Q}{1 - R_{II}}}, \quad (8)$$

где ΔQ — дополнительно вынимаемые запасы руды из блока, тонн.

В соответствии с формулами (1), (2), (3), (4), (5) определяется экономическая эффективность предлагаемых вариантов по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_I = \ddot{O}_a - \frac{\tilde{N}_{II}}{1 - R_{II}} - \left(\frac{C_o^{II}}{1 - R_{II}} - \frac{C_T^I}{1 - R_I} \right) \frac{\hat{A} - \hat{I}_o}{\Delta Q}, \quad (9)$$

или с подстановкой в формулу (7):

$$\mathcal{E}_n = \ddot{O}_a - \frac{\Delta C}{\Delta Q} - \frac{C_T^I + C_C^{II} - C_C^I}{1 - R} \left[\frac{\hat{A} - \hat{I}_o}{\Delta Q} \frac{R_{II} - R_I}{1 - R_I} + 1 \right], \quad (10)$$

Рекомендуемый вариант доизвлечения потерянных запасов будет эффективен, если показатель экономических последствий потерь (10) $\mathcal{E}_n \geq 0$, в противном случае вложение дополнительных затрат нецелесообразно.

Прибыль от дополнительной выемки балансовых запасов руды по предлагаемым вариантам определяется из выражения:

$$\Pi = \Delta \Pi \times \Delta Q, \text{ тенге.} \quad (11)$$

По предложенной методике можно определить минимальные дополнительно извлекаемые запасы, при которых экономически оправдано проведение дополнительных горных выработок. Приравняв выражение (10) к нулю и решая его относительно ΔQ , получим минимальные дополнительно извлеченные запасы:

$$\Delta Q_{\min} = \frac{\Delta C + \frac{C_T^I + C_B^I - C_C^I}{1 - R_{II}} \times \frac{A - \dot{I}_0}{1 - R_I} R_{II} - R_I}{\ddot{O}_d - \frac{C_T^I + C_B^I - C_C^I}{1 - R_{II}}}, \text{ тонн.} \quad (12)$$

Рекомендуемая методика позволяет производить оперативные планово-производственные расчеты и направлена на улучшение показателей использования недр.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОЛЕЕ ПОЛНОЙ ВЫЕМКИ ЗАПАСОВ РУДЫ

Показатель	Вариант		
	I	II	III
1. Оптовая цена при содержании железа в руде, тенге/тонн	C_0	C_0	C_0
2. Среднее содержание железа в балансовых запасах, %	C	C	C
3. Приплата (скидка) к оптовой цене за каждый % железа сверх содержания, тенге	Δ	Δ	Δ
4. Балансовые запасы блока, тонн	B	B	B
5. Потери руды по блоку, тонн	P_{Φ}	-	-
6. Разубоживание руды, доли ед.	R_I	R_{II}	R_{III}
7. Себестоимость добычи 1 тонны товарной руды по шахте, тенге	$\dot{N}_O^I$	-	-
8. Себестоимость добычи 1 тонны товарной руды по системе, тенге	C_C^I	-	-
9. Себестоимость выпуска руды, тенге/тонн	C_B^I	C_B^{II}	C_B^{III}
10. Объем дополнительно проводимых горно-подготовительных и нарезных выработок, м ³	-	V_{II}	V_{III}
11. Стоимость 1 м ³ горно-подготовительных и нарезных работ, тенге	C_e	C_e	C_e

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркалиев Б.Т. и др. Проблемы комплексного освоения недр. Караганда, 1999.

УДК 621.1

А.А. ПИМЕНОВ

Характер полей напряжений пород Карагандинского угольного бассейна

Для формирования представлений о полях напряжений, характерных для пород угленосной толщи Карагандинского бассейна, следует отметить следующие геологические факты [1, 2]. Непосредственно с юга Карагандинский синклиниорий ограничен крупным, сильно разбитым надвигом и взбросами антиклинальным поднятием под названием Спасский антиклиниорий.

В западном направлении, к западу от Завьяловской грабен синклинали и Кулан-Утеской мульды, он постепенно переходит по простиранию в юго-восточную часть Тенизской впадины.

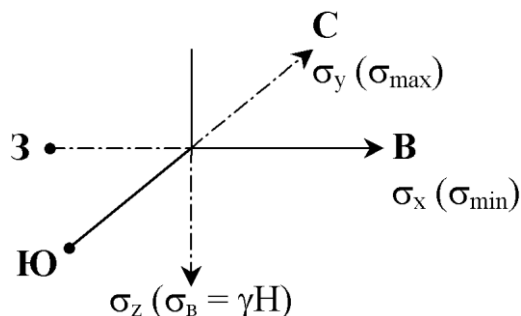
Непосредственно к северу от Карагандинского синклинория — в пределах зоны каледонской стабилизации, занимающей обширную площадь северной части Центрального Казахстана, в период герцинского тектогенеза образовались неглубокие депрессии и прогибы, где накапливались угленосные и пестроцветные осадки. В настоящее время эти участки представляют собой Шидертинский и Олентинский синклинории, разделенные Ерементауским антиклинорием, вытянутым в меридиальном направлении. Южные виграции его погружаются западнее Карагандинского бассейна под Карагандинский синклиниорий.

В это же время, в результате глубокого прогибания южного края описываемой зоны, в пределах Карагандинского синклинория, образовался наложенный Карагандинский бассейн. От Джунгаро-Балхашской геосинклинали, занимающей юго-западную часть Центрального Казахстана, его отделяют два широтно ориентированных антиклинория: Спасский, непосредственно с юга примыкающий к бассейну, и более южный — Тектурманский, которые возникли в начале живетского времени как передовые поднятия герцинского складчатого сооружения. Непосредственно к югу от Карагандинского синклинория по границе герцинских и каледонских структур, как указывалось выше, проходит Спасская зона смятия шириной 15-20 км. По разломам этой зоны формировавшийся Спасский антиклиниорий многократными подвижками надвигался на южное крыло Карагандинского бассейна, чем создавалось длительное, постепенно усиливающееся тангенциальное давление в северном направлении. На западе Карагандинский бассейн ограничен крупным Тентекским разломом, вблизи которого наблюдается крутое падение пород угленосной толщи, но в отличие от юга бассейна залегание их сравнительно спокойное, не

осложненное разрывными нарушениями и вторичной складчатостью, что свидетельствует об отсутствии активного длительного давления с запада. С севера Карагандинский бассейн отделяется от Шидертинского синклиория пологим поднятием.

Таким образом, дизъюнктивные, взбросово-сдвиговые нарушения диагонального направления объясняются повышенными горизонтальными сжимающими напряжениями, действующими в меридиальном направлении.

Пространственная ориентация осей главных напряжений представлена на рисунке.



Данные представления о возникновении дизъюнктивных нарушений перекликаются с выводами акад. Ж.С. Ержанова [3]: «... Образование складчатости в толще, подвергшихся глубокой метаморфизации кристаллических пород щитовых областей, затруднительно: тектонические силы приведут здесь, скорее, к разрывным геологическим нарушениям».

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что для характеристики полей напряжений, действующих в породах Карагандинского угольного бассейна, гипотеза бокового отпора акад. А. Н. Динника не применима. Условиям Карагандинского бассейна соответствует гипотеза активных горизонтальных напряжений σ_y .

Будем считать, что разрушение массива горных пород осуществляется за счет того, что наибольшие касательные напряжения от меридиально направленных тектонических сил достигают предельных значений. Наибольшие касательные напряжения в общем случае напряженного состояния определяются, как известно [4, 5], из выражения

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2}, \quad (1)$$

где $\tau_{\max}$ — максимальные тангенциальные напряжения, направленные под углом 45° к направлению главных нормальных напряжений. Причем данные напряжения следует принимать по наиболее прочным породам — песчаникам.

В момент разрыва горных пород, максимальные касательные напряжения равны временным напряжениям на сдвиг, т.е. $\tau_{\max} = \tau_B$. Таким образом, из (1) следует, что

$$\sigma_x = \sigma_y - 2 \cdot \tau_A. \quad (2)$$

Из условий значительной протяженности и постоянства главных максимальных напряжений, обусловленных надвиганием Спасского антиклинория, задача может быть сведена к плоской, точнее к плоскодеформированной, относительно широтного направления. Тогда в первом уравнении объемно-напряженного состояния

$$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu \sigma_y + \sigma_z], \\ \varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu \sigma_x + \sigma_z], \\ \varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu \sigma_x + \sigma_y] \end{cases} \quad (3)$$

следует принять горизонтальные деформации ε_x равными нулю.

Отсюда

$$\sigma_x = \nu \sigma_y + \sigma_z = \nu \sigma_y + \gamma H. \quad (4)$$

Из (2) и (4) получим

$$\sigma_y = \frac{2 \cdot \tau_A + \nu \gamma H}{1 - \nu}. \quad (5)$$

Корреляционная взаимосвязь между касательными напряжениями и одноосными сжимающими напряжениями равна [6]:

$$\tau \approx 0,171 \cdot \sigma_{\text{нec}}. \quad (6)$$

Как было экспериментально установлено чл.-кор. АН КазССР Ж.М. Канлыбаевой с сотрудниками, предел прочности песчаников с глубиной выражается в следующем виде [7]:

$$\sigma_{\text{нec}} \approx 12,6 \cdot \dot{f}^{0,25}, \text{ МПа } (100 < H < 1000), \quad (7)$$

а временные сжимающие напряжения в массиве (с учетом различных литературных источников):

$$\sigma_A \approx 0,54 \cdot \sigma_{\text{нec}} = 6,8 \cdot \dot{f}^{0,25}. \quad (8)$$

Таким образом, на основании (6) и (8) временные касательные напряжения в зависимости от глубины залегания пород можно выразить в виде:

$$\tau_A \approx 1,16 \cdot \dot{f}^{0,25}, \text{ МПа}. \quad (9)$$

Тогда максимальные (меридиальные) горизонтальные напряжения будут равны:

$$\sigma_{\max} = \sigma_y = \frac{2,3 \cdot H^{0,25} + \nu \gamma H}{1 - \nu}, \quad (10)$$

а минимальные (широтные) напряжения

$$\sigma_{\min} = \sigma_x = \lambda \cdot 2,3 \cdot H^{0,25} + \gamma H, \quad (11)$$

где $\lambda = \nu / (1 - \nu)$ — динников коэффициент бокового распора.

На основании формул (10) и (11) были проведены усредненные расчеты по определению главных горизонтальных напряжений для пород Карагандинского угольного бассейна при следующих исходных данных: $H = 500 \text{ м}$; $\nu = 0,27$; $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$.

В результате расчетов было получено: $\sigma_{\max} = 1,56 \cdot \sigma_z$, $\sigma_{\min} = 0,69 \cdot \sigma_z$.

Для сравнения, измеренные главные напряжения для тектонически активного Донецко-Макеевского района, соответственно, равны: $\sigma_{\max} = 1,3 \cdot \sigma_z$, $\sigma_{\min} = 0,7 \cdot \sigma_z$ [8].

Таким образом, в дальнейшем, при выполнении расчетными методами тех или иных задач

геомеханики, связанных с техногенной деятельностью шахт, необходимо учитывать вышеустановленную неравнозначность главных напряжений, имеющих место в боковых породах угленосной толщи, которые (главные напряжения), как известно, являются краевыми условиями отмеченных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология Карагандинского угольного бассейна / Под ред. И.В. Орлова, Г.Л. Кушева, Л.Ф. Думлера, М.В. Голицына. М.: Недра, 1972. 416 с.
2. Геология СССР. Т. XX. Кн. 2 / Под ред. А.В. Сидоренко, Ш.Е. Есенова, Г.Ф. Ляпичева, Е.Д. Шлыгина. М.: Недра, 1972. 380 с.
3. Ержанов Ж.С. Механизм возникновения тектонической составляющей горного давления в кристаллической породе // Современные проблемы механики горных пород. Л.: Наука, 1972. С. 115-125.
4. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа, 1969. 734 с.
5. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. Киев: Наукова думка, 1972. 508 с.
6. Маркман Л.Д., Гуменюк Г.Н., Половнев Г.П. и др. Корреляция взаимосвязи физических свойств горных пород // Современные проблемы механики горных пород. Л.: Наука, 1972. С. 292-295.
7. Канлыбаева Ж.М., Бакитов К.Б., Джанбуршин К.Ш. Физико-механические свойства горных пород и их влияние на процесс сдвижения массива. Алма-Ата: Наука, 1972. 89 с.
8. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие / Под ред. Е.И. Кит. М.: Недра, 1982. 257 с.

УДК 622.807(574)

А.К. АКИМБЕКОВ
Н.Н. АКИМБЕКОВА
А.В. КИМ

Исследование процесса улавливания пыли в вихревой камере

Для улавливания пыли, образующейся в угольной шахте, предложены новые технические решения, связанные с применением специальной вихревой камеры, где сепарация частиц происходит за счет центробежных сил. Для реализации этой идеи изготовлена и испытана опытно-промышленная установка УПЦ-1. Обоснование параметров этой установки проводилось на основе математической модели движения пылевой частицы во вращающемся потоке воздуха. Вихревая камера, в отличие от циклона, не имеет осевой цилиндрической вставки и спиральной направляющей. Как и в циклоне, частица пыли, за счет воздействия на неё силы вязкого трения (силы Стокса) F_s и силы лобового сопротивления F_c , движется вместе с вихревым потоком воздуха по кольцевой траектории. Улавливание пыли в вихревом криволинейном потоке происходит за счет воздействия на частицу возникающей при этом центробежной силы F_u , которая стремится переместить её к стенке камеры. При сухом пылеулавливании частицы пыли скапливаются у стенки и затем под действием силы тяжести F_m смещаются в пылесборник. Задача моделирования состоит в обосновании геометрических параметров пылеулавливающей камеры и скорости подачи в камеру аэрозоля, обеспечивающих надежное улавливание частиц пыли.

Рассмотрим траекторию движения частицы пыли «М», попадающей в вихревую камеру через точку «А» с координатой: $x = 0$; $y = y_a$ и продолжающей свое движение до полной остановки в точке «В» (см. рис.). Динамика движения такой частицы в криволинейном потоке описывается векторным уравнением

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} + \vec{F}_\theta + \vec{F}_s + \vec{F}_c + \vec{F}_o = 0, \quad (1)$$

где m — масса частицы, кг;

V — величина полной скорости движения частицы, м/с;

t — время перемещения частицы, с.

Вектор полной скорости частицы V складывается из величин касательной V_k и радиальной V_r составляющей скорости частицы, то есть $\vec{V} = \vec{V}_\theta + \vec{V}_r$. Необходимо иметь в виду, что векторы стоковской силы и лобового сопротивления коллинеарны и направлены навстречу вектору радиальной скорости частицы V_r , которая в данном случае определяет величину развиваемой центробежной силы.

Вектор силы тяжести всегда направлен вертикально вниз. Если принять, что частица имеет условно округлую форму, то её масса равна $m = (\pi \rho d^3)/6$, где ρ — плотность частицы, кг/м³; а d — средний размер частицы, м. Тогда центробежная сила, действующая на частицу, выражается через величину касательной скорости $F_\theta = \pi \rho d^3 V_\theta^2 / 6r$, где r — текущий радиус траектории движения частицы, м. Значения сил вязкого трения, лобового сопротивления и сила тяжести частиц находят по формулам [1]: $F_s = 3\mu V_r \pi d$; $F_c = k_\theta \rho \pi d^2 V_r^2 / 8$; $F_m = g \pi d^3 (\rho - \rho_0) / 6$, где k_θ — коэффициент лобового сопротивления; ρ_0 — плотность воздуха, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с². Величины ρ и ρ_0 отличаются примерно в 1500 раз, поэтому плотностью воздуха в дальнейших расчетах пренебрегали, но учитывали вязкость среды,

так как её влияние на динамику частиц проявляется при d от 1,6 до 70 мкм.

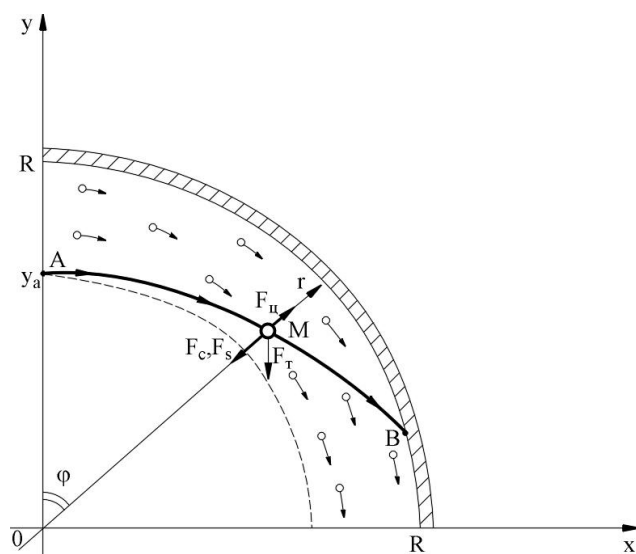


Схема движения частицы пыли в вихревой камере

Улавливание пыли в вихревой камере осуществляется за счет действия центробежной силы $F_{ц}$, тогда как остальные силы являются противодействующими. Для сравнения величин F_m , F_c и F_s необходимо знать предельные значения радиальной скорости перемещения пыли к стенкам камеры V_r и размера частиц d . Анализ литературных источников показал, что скорость радиального перемещения может достигать 30 % от величины касательной скорости V_k , которая обычно составляет 20-40 м/с. Анализ данных по дисперсному составу угольной пыли, показывает, что в пределах от 1 мкм до 180 мкм плотность распределения частиц достаточно равномерная [2]. Учитывая это, численный анализ проводили как для стоксовских частиц, имеющих средний размер до 10 мкм, так и для более крупных частиц. Сравнение величин F_m , F_c и F_s проводили при скорости радиального перемещения частицы $V_r = 1...20$ м/с, среднем диаметре частицы $d = (1...100) \cdot 10^{-6}$ м, плотности угля $\rho = 1500$ кг/м³, вязкости воздуха $\mu = 10^{-3}$ Па·с. Для частицы размером 1 мкм её величина меньше величины силы лобового сопротивления от $7,6 \cdot 10^4$ до $3 \cdot 10^7$ раз. Для сравнительно крупных частиц размером 10 мкм это соотношение составляет $7,6 \cdot 10^2...3 \cdot 10^5$, то есть снижается в 100 раз. Если сравнивать силу тяжести с силой Стокса, то получим, что она, в зависимости от диаметра частицы, также значительно меньше. Так, при $d = 1$ мкм это соотношение составляет примерно $1,2 \cdot 10^6...2,5 \cdot 10^7$, а при $d = 100$ мкм снижается на 4 порядка – до $1,2 \cdot 10^2...2,5 \cdot 10^3$. Следовательно, при расчете траектории движения пылевой частицы в вихревой камере влиянием силы тяжести можно пренебречь, что подтверждается трудами других авторов [3]. Таким образом, преобразование (1) дает формулу для расчета величины радиального перемещения частицы.

$$\frac{dV_r}{dt} = \frac{V_r^2}{r} - \frac{3k_e V_r^2}{4d} - \frac{18\mu V_r}{\rho d^2}. \quad (2)$$

В уравнении (2) учтены и сила лобового сопротивления F_c , и сила вязкого трения F_s , так как они проявляются как реакция на перемещение твердого тела в среде. Величина F_s , в сравнении с силой лобового сопротивления F_c , значительно сильнее проявляется при обтекании жидкостью или газом витающих частиц малого размера. Для крупных частиц, движущихся в среде со сравнительно большой скоростью, действие величины F_c проявляется значительно сильнее вязких сил. Следовательно, в зависимости от степени турбулизации среды и размеров частицы сила сопротивления среды переходит от вязкого трения к лобовому сопротивлению и их соотношение меняется. Для мелких частиц ($d=1$ мкм), при скорости $V_r = 1$ м/с F_s больше F_c в 16, а при $V_r = 10$ м/с, в 1,6 раза. При $V_r = 20$ м/с F_s уже меньше F_c в 1,25 раза. Для частиц среднего размера ($d=10$ мкм) соотношение F_s/F_c обычно ниже 1. При $V_r = 10$ м/с F_s ниже F_c в 6,25 раза, а при $V_r = 20$ м/с F_s ниже F_c в 12,5 раза. Таким образом, при увеличении скорости обтекания частицы величина F_c становится преобладающей для более крупных частиц. В особенности это заметно для крупных частиц размером $d = 100$ мкм. Так, при $V_r = 10$ м/с, F_s ниже F_c в 62,5 раза.

В вихревой камере, при боковой подаче воздуха со скоростью $V_k = \text{const}$, величина V_r в области $r = y_a...R$ будет зависеть от соотношения величин $F_{ц}$, F_c и F_s . Учитывая, что $V_r = dr/dt$ и решая уравнение (2) относительно r , находим уравнение траектории движения частицы пыли $r(\varphi)$, для чего находятся функции $r(t)$ и $\varphi(t)$. Для упрощения расчетов введем величину $n = \omega t$ – число оборотов, которое совершит частица за время t при средней угловой скорости потока ω . Тогда величину $\varphi(t)$ можно найти из уравнения $\varphi = 360n$, где $n = (V_k t)/2\pi r$, а φ – угол перемещения частицы от оси $O - y$, ...°. Так как для мелких частиц, движущихся относительно воздушной среды с небольшими скоростями, $F_c \approx 0$, при заданных пределах изменения переменных: $t \in [0, t]$; $r \in [y_a, R]$, получили:

$$r = a_r \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\sigma_a^2}{a_r^2}} \right), \quad \dot{a}_r = \frac{\pi \rho d^2 V_k n}{9\mu}. \quad (3)$$

Формула (3) позволяет рассчитать траекторию движения стоксовской частицы, а также число оборотов $n(r)$

$$n = \frac{9\mu r^2 - y_a^2}{2\pi r \rho d^2 V_k}. \quad (4)$$

Если в уравнение (4) вместо r подставить R , то можно будет также вычислить максимальное число оборотов, которое сделает частица до момента касания частицы со стенкой камеры $\max(n)$. Формула (3) рекомендуется к использованию для расчета траектории стоксовских частиц, имеющих размер $d \leq 10$ мкм.

Для крупных частиц, которые относительно воздушной среды движутся с большими скоростями,

влиянием stokсовской силы F_s можно пренебречь. В этом случае из уравнения (2) получим новое уравнение вида:

$$r = 3 \sqrt{\left(2\pi r n \sqrt{\frac{3d}{k_\varepsilon}} + y_a^{1,5} \right)^2} \quad (5)$$

Как видно из полученного уравнения, траектория движения крупных частиц не будет зависеть от величины скорости потока, а только от координаты точки «А» и размера частицы d . Исследуем функцию движения stokсовской частицы, попадающей в вихревую камеру. При внутреннем радиусе камеры $R = 0,3$ м и координате $y_a = 0,2$ м, частица, имеющая диаметр $d = 1$ мкм, при скорости $V_k = 20$ м/с за один полный оборот ($n = 1$) пройдет в радиальном направлении путь $\Delta r = r - y_a = 1,05 \cdot 10^{-5}$ м, при $V_k = 60$ м/с, $\Delta r = 3,145 \cdot 10^{-5}$ м, а при $V_k = 100$ м/с, $\Delta r = 5,24 \cdot 10^{-5}$ м. Даже при скорости $V_k = 300$ м/с, близкой к скорости звука, частица размером 10 мкм за один оборот пройдет 1,51 см, то есть только 15% дистанции, а при скорости $V_k = 100$ м/с, чтобы пройти дистанцию $R - y_a = 0,1$ м, этой частице необходимо будет совершить 15,9 оборота. Если размер частицы будет 1 мкм, при скорости $V_k = 100$ м/с эта частица должна будет совершить до касания со стенкой 1592 оборота. В действительности частица не может совершить такое число оборотов в вихревой камере. Таким образом, можно сделать вывод, что частицы размером до 10 мкм сухим способом уловить в вихревой камере практически невозможно.

На улавливание в вихревой камере частиц крупного размера плотность среды и скорость потока не оказывают существенного влияния. Расчеты показали, что крупные частицы пыли в вихревой камере улавливается значительно эффективнее stokсовских частиц. При коэффициенте лобового сопротивления $k_\lambda = 1$ и радиусе камеры $R = 0,3$ м число оборотов, за которое частица достигнет стенки камеры не превышает 6 (табл. 1). На траекторию частицы в одинаково сильной степени влияют как размер частицы, так и координата точки входа в камеру y_a .

Таблица 1

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ЧИСЛА ОБОРОТОВ,
НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ
НЕСТОКСОВСКОЙ ЧАСТИЦЫ ПЫЛИ $\max(n)$

y_a , м	Средний диаметр частицы d , м				
	20	40	60	80	100
0,20	5,14	3,66	2,96	2,57	2,30
0,22	4,18	2,98	2,41	2,09	1,87
0,24	3,15	2,24	1,82	1,58	1,41

0,26	1,92	1,36	1,11	0,96	0,86
0,28	1,09	0,78	0,63	0,55	0,49

Из полученных данных видно, что частицам диаметром 20 мкм (при ширине входного патрубка 0,1 м), наиболее удаленным от стенки камеры и имеющим координату входа $y_a = 0,2$ м, необходимо сделать 5,14 оборота до точки «В», тогда как частицы, имеющие координату $y_a = 0,24$ м, достигают стенки через 3,15 оборота, а частицы с $y_a = 0,28$ м соприкасаются со стенкой через 1,09 оборота. Тем не менее, все эти частицы в камере, имеющей длину 2 м и радиус 0,3 м, будут улавливаться. Кривая траектории движения таких частиц будет иметь вид закручивающейся спирали. Уравнение этой кривой $r(\varphi)$ может быть получена из уравнения (5) путем его преобразования и замены величины n на угол φ . Матрица числовых значений функции $\varphi(r)$ построена при следующих значениях величин: $k_\lambda = 1$, $d = 100, 150, 200$ мкм (табл. 2).

Приведенные результаты расчетов показывают, что чем крупнее частица пыли, тем меньшее число оборотов она совершает, прежде чем коснется стенки камеры, тем короче её траектория. Большое влияние на эффективность улавливания пылевой частицы оказывает координата точки «А». Чем ближе координата y_a к стенке камеры, тем быстрее происходит процесс улавливания пыли. При известном фракционном составе, дисперсности и концентрации пыли в воздухе полученные формулы позволяют рассчитать эффективность пылеулавливающей установки. Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при обосновании геометрических параметров пылеулавливающей камеры, необходимой скорости пылевоздушного потока, подаваемого в вихревую камеру, а также параметров пылеотсасывающей установки, подборе вентиляторов и т.д.

Таблица 2

МАТРИЦА РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ $\varphi(r)$, ...°

r , м	Средний размер частицы d , мкм		
	100	150	200
При $y_a = 0,20$ м			
0,220	206,7	168,8	146,2
0,240	387,8	316,6	274,2
0,260	548,8	448,1	388,1
0,280	693,8	566,5	490,6
0,300	825,6	674,1	583,8
При $y_a = 0,25$ м			
0,260	96,4	78,7	68,2
0,270	187,4	153,0	132,5
0,280	273,6	223,4	193,5
0,290	355,6	290,3	251,4
0,300	433,5	354,0	306,5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аэрология горных предприятий / Под ред. К.З. Ушакова М.: Недра, 1976.
2. Богатых С.А. Циклонно-пенные аппараты. Л.: Машиностроение, 1978. 224 с.
3. Бузников Е.Ф. Циклонные аппараты в паровых котлах. М.: Энергия, 1969. 248 с.

УДК 681.5.08:331.45

Ю.А. ПУШКАРЕВА
Ю.Д. ОБУХОВ**Основные вопросы организации и проведения экспериментальных исследований шума и вибрации барабана для очистки отливок радиаторов**

Барабан для очистки отливок отопительных радиаторов представляет собой цилиндрическую конструкцию диаметром 1,6 м и длиной 13 м, в которую загружаются отливки радиаторов для обрубки литья.

При вращении барабана производится загрузка поступающих на очистку радиаторов, обрубка литья и выгрузка радиаторов на конвейер. Процесс очистки отливок радиаторов от литья сопровождается вибрацией и шумом, превышающими допустимые нормы в производственных помещениях.

Поскольку барабан представляет конструкцию с пространственно распределенными свойствами, исследование шума и вибрации аналитическими методами встречает существенные трудности. Поэтому эти исследования целесообразно выполнять с помощью пассивного эксперимента. Для его проведения необходимо предварительно решить ряд вопросов: определить измеряемые характеристики шума и вибрации, назначить режимы работы барабана, выбрать метод измерения, определить расстояние между точками измерения шума вдоль барабана и продолжительность его регистрации.

Измеряемые характеристики. В качестве характеристик шума принимается уровень звука по шкале «А» (L , дБА) по октавным и третьоктавным уровням, общий уровень шума по шкале «Lin» и уровень шума в положении «импульс» (L , дБА). Для измерения этих характеристик принят комплект приборов датской фирмы «Брюль и Кьер». В качестве измеряемых характеристик вибрации приняты логарифмические уровни виброскорости L_v (дБ) по активным уровням.

Режимы работы при измерении. Измерения характеристик шума и характеристик вибрации производятся в двух режимах:

1) основной режим. Барабан вращается, идет загрузка поступающих на очистку радиаторов, производится обрубка литья и выгрузка радиаторов на ленточный конвейер;

2) вращение барабана, заполненного звездочками.

Методы измерения шумовых и вибрационных характеристик.

Учитывая, что объем производственного помещения, где установлен барабан, превышает 300 м², измерение характеристик шума проводится по методу свободного поля. Микрофон располагается на высоте 1,5 м над уровнем пола. Расстояние от точек измерения до посторонних отражающих звук

предметов и ограждений превышает удвоенный радиус измерительной сферы (рис. 1).

Виброскорость измеряется на опорах с одной стороны барабана (той, на которой расположен привод). Измерение производится по направлению оси OZ и оси OX. Если виброскорость в направлении одной из осей превышает измеренную виброскорость по другой оси более чем на 12 дБ, то измерение виброскорости производится в этом направлении. Кроме того, измерение виброскорости производится на раме приводного редуктора при работе барабана в режимах I и II.

Определение расстояния между шумоизмерительными датчиками вдоль барабана.

Расстояние между датчиками l_0 (рис. 1) определим решением относительно l_0 уравнения, полученного в случае простейшей параболической интерполяции оценки корреляционной функции по двум точкам [1]

$$\sigma_{3l}^2 = 1,5k_{\bar{a}A(J)}^* - 2k_{\bar{a}A(J)}^* \left(\frac{l_0}{2} \right) + 0,5k_{\bar{a}A(J)}^* l_0, \quad (1)$$

где σ_{3l} — допустимая среднеквадратическая погрешность измерения;

$k_{\bar{a}A(J)}^* \Delta l$ — оценка корреляционной функции

уровня шума по шкале «импульс».

В (1) перейдем к допустимой относительной среднеквадратической погрешности

$$\eta_{3l}^2 = 1,5 - 2r_{\bar{a}AJ}^* \left(\frac{l_0}{2} \right) + 0,5r_{\bar{a}AJ}^* l_0, \quad (2)$$

где η_{3l} — допустимая относительная среднеквадратическая погрешность.

$$\eta_{3l}^2 = \frac{\sigma_{3l}}{\sqrt{k_{\bar{a}AJ}^* - 0}},$$

$r_{\bar{a}AJ}^*$ — оценка нормированной корреляционной функции (рис. 2).

Заданная среднеквадратическая ошибка σ_{3l} не должна превышать 0,1 диапазона изменения уровня шума

$$\sigma_{3l} \leq 0,1R_{\bar{a}AJ}.$$

На рис. 3 приведены реализации изменения уровня шума по длине барабана: 1 — измеренного по шкале «импульс»; 2 — измеренного по шкале «Lin»; 3 — измеренного по шкале «А».

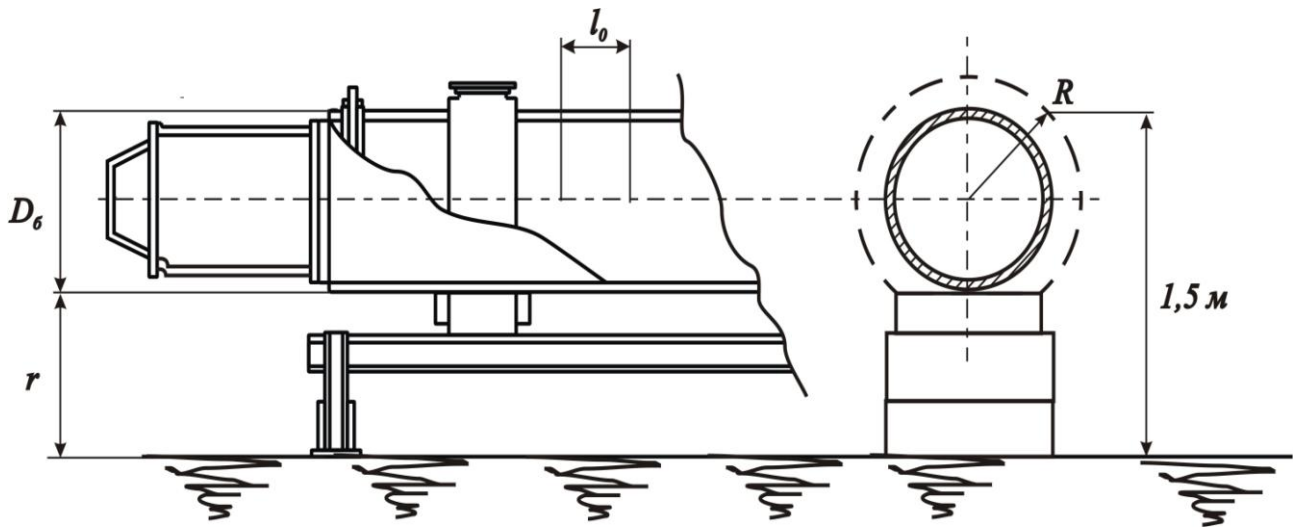


Рис. 1. Схема установки шумоизмерительных приборов

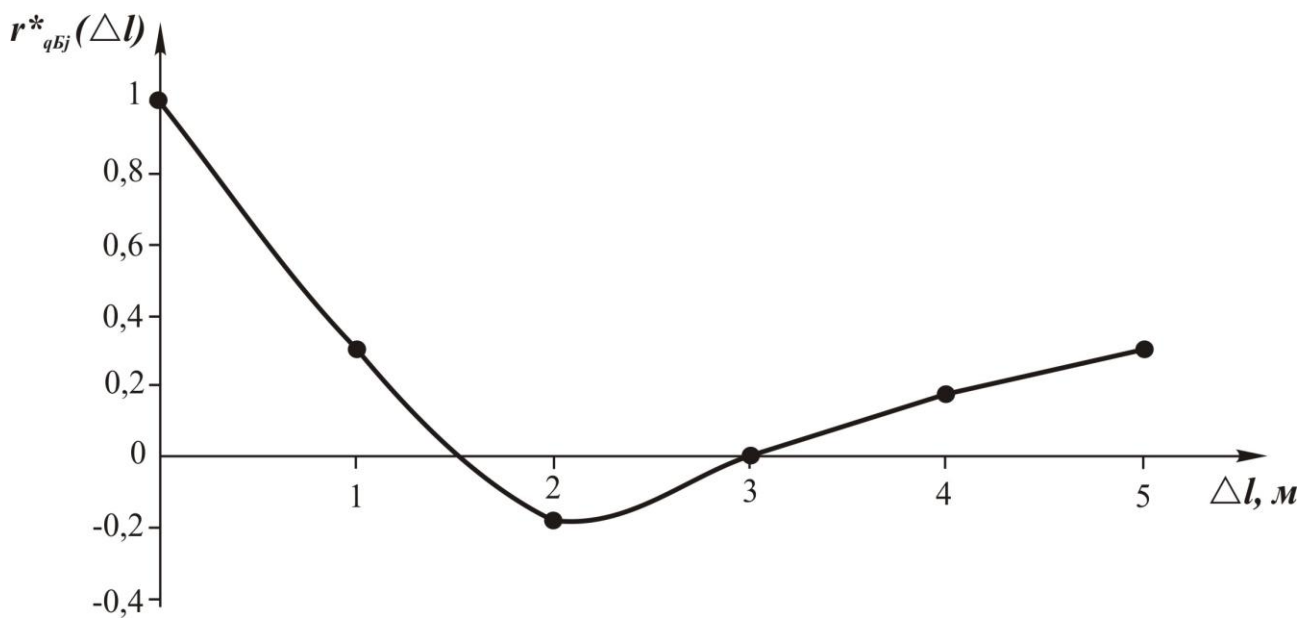


Рис. 2. Оценка нормированной корреляционной функции изменения шума вдоль образующей барабана

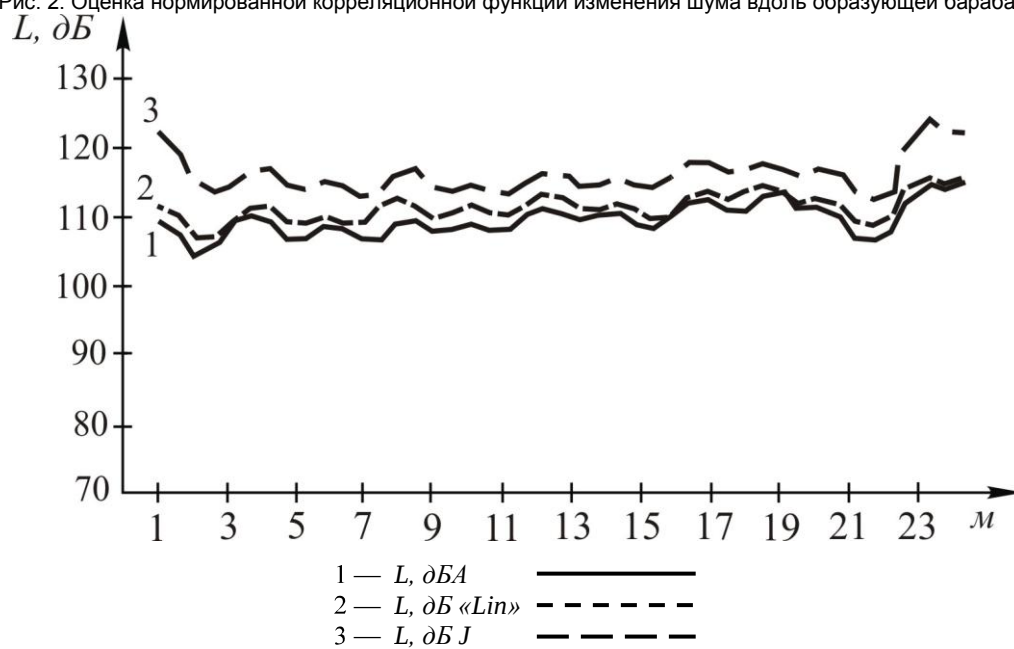


Рис. 3. Реализации изменения шумовых характеристик по длине барабана

По реализации изменения уровня шума, измеренного по шкале «импульс», определяем диапазон изменения уровня шума и допустимую среднеквадратическую погрешность

$$\sigma_{3l} \leq 0,1 * 6,4 \leq 0,64.$$

Тогда

$$\eta_{3l}^2 = \frac{\sigma_{3l}}{\sqrt{k_{\Delta l}^* 0}} = \frac{0,64}{\sqrt{3,41}} = 0,32.$$

Подставив найденное значение η_{3l} в (2), получим

$$0,102 = 1,5 - 2r_{\Delta l}^* \left(\frac{l_0}{2} \right) + 0,5r_{\Delta l}^* l_0.$$

Полученное выражение решаем путем подбора значений l_0 по графику оценки нормированной корреляционной функции $r_{\Delta l}^*$. Были выполнены расчеты для трех значений $l_0 = 0,9$ м; $l_0 = 1,0$ м; $l_0 = 1,1$ м (рис. 4). Наилучшее приближение получено при $l_0 = 0,9$ м. Учитывая ограниченный объем данных и погрешности определения $r_{\Delta l}^*$, а также погрешность определения $r_{\Delta l}^*$ для различных значений l_0 , искомое расстояние расположения шумоизмерительных датчиков принимаем равным $l_0 = 1$ м.

Продолжительность измерения шума. В [2] отмечается, что рекомендации по определению объема выборки, исходящие из критерия непревышения выборочной оценки от истинного значения более чем на заданную величину ошибки, сильно завышают оценку, что невыгодно, так как проведение измерений на промышленном объекте связано с большими материальными затратами и, кроме того, неясно, за какой промежуток времени следует произвести требуемые n опытов. Поэтому продолжительность измерения шума будем производить с помощью приближенных методов. В соответствии с одним из приближенных методов [3]

$$L \approx 10\tau_k,$$

где L — продолжительность измерения, с;

τ_k — интервал корреляции.

Величина τ_k [4]

$$\tau_k = \frac{2}{n_0},$$

где n_0 — среднее число «нулей» в единицу времени.

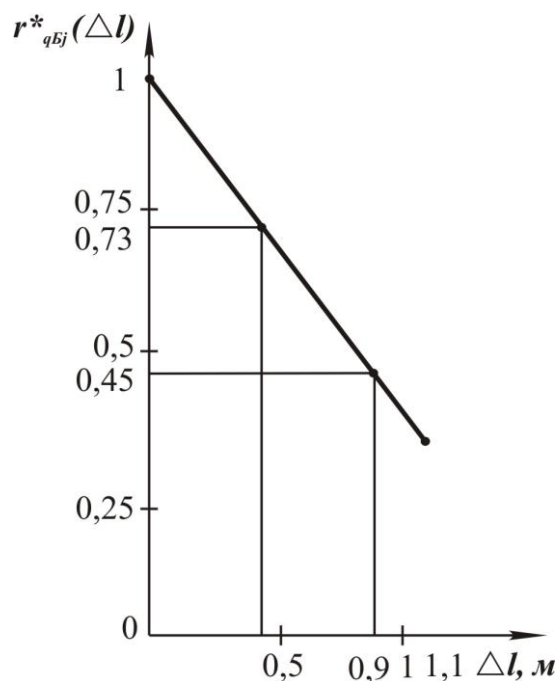


Рис. 4. К вопросу об определении l_0

На рис. 5 приведен отрезок реализации шума на барабане, по которому была определена величина n_0 на длине реализации, равной 1,5 с. При этом величина n_0 равна $n_0 = 0,079$ 1/с.

Интервал корреляции

$$\tau_k = \frac{2}{0,079} 25,35 \text{ с.}$$

Продолжительность измерения шума

$$L \approx 10\tau_k \approx 10 * 25,35 \approx 253,5 \text{ с.}$$

Расстояние по длине барабана между вибродатчиками принимаем также равным 1,0 м и продолжительность виброизмерений $L = 253,5$ с.



Рис. 5. Отрезок реализации изменений шума во времени

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ицкович Э.Л. Статистические методы при автоматизации производства. М.: Изд-во «Энергия», 1964.
2. Проблемы планирования эксперимента: Сб. статей / Под ред. Г.К. Круга. М.: Наука, 1966.
3. Клоков Ю.Л., Масленников И.М. О методике экспериментального определения статистических характеристик случайных процессов в промышленных системах регулирования // Комплексная автоматизация химических производств: Труды МИХМ. Т. 15. М., 1963.

УДК 622.411.332

А.Д. НУРГАЛИЕВА

Влияние активного регулятора эжектирующего типа на управляемый поток воздуха

Влияние вентилятора, работающего без переключки в подземной выработке, на изменение депрессии ветви, в которой он расположен, связано со взаимодействием струй в зоне его работы.

Если разделение воздушного потока или его слияние осуществляется за счет общешахтной депрессии, то задача сводится к определению местных потерь давления. Величина депрессии вентилятора главного проветривания, приходящаяся на долю таких выработок, увеличивается за счет местных потерь давления, что и приводит к уменьшению расхода воздуха в этих ветвях и к увеличению общего сопротивления вентиляционной системы [1].

Несколько иная картина течения наблюдается при работе активного регулятора. Деление и слияние потоков при их работе осуществляется не за счет общешахтной депрессии, а за счет энергии установленного в выработке вентилятора. При этом потоку в целом сообщается дополнительная энергия в виде скоростного разрежения на всасе или скоростного напора на выходе из вентилятора, которая в конечном итоге реализуется в виде дополнительного притока воздуха в управляемую ветвь при спутном взаимодействии, или его уменьшения, когда вытекающая из вентилятора струя направлена навстречу основному потоку.

Для оценки влияния активного регулятора, работающего без переключки, на характер изменения расходов воздуха в вентиляционной сети воспользуемся зависимостью вида [2]:

$$h_a = k \frac{\rho}{2} \left[\pm 2v_a^2 \frac{S_a}{S} - (1,06 - 94\alpha)(v_1^2 - v_2^2) \right], \quad (1)$$

где h_a — депрессия, создаваемая в выработке активным потоком воздуха на входе и выходе из вентилятора, Па. Знак «+» следует брать при спутном взаимодействии потоков воздуха, знак «-» — для встречных потоков;
 k — коэффициент, учитывающий влияние всасывающего отверстия вентилятора. При спутном взаимодействии потоков воздуха $k = 1,2$, при встречном — $k = 1$;
 ρ — плотность воздуха, кг/м³;
 v_a — средняя скорость потока воздуха на выходе из вентилятора, м/с;
 S_a — сечение входного или выходного отверстия вентилятора, м²;
 S — сечение выработки в месте установки вентилятора, м²;
 α — коэффициент аэродинамического сопротивления, Па·с²/м²;
 v_1 — средняя скорость потока воздуха в выработке до вентилятора, м/с;
 v_2 — средняя скорость потока воздуха на участке, где установлен вентилятор, м/с.

Имея в виду, что $v_a = \frac{Q_a}{S_a}$; $v_1 = \frac{Q}{S}$ и $v_2 = \frac{Q - Q_a}{S}$,

преобразуем выражение (1) к виду, удобному для анализа. Получим:

$$h_a = k \frac{\rho}{2S^2} \left[\pm 2Q_a^2 \frac{S}{S_a} - 1,06 - 94\alpha \frac{2QQ_a - Q_a^2}{S} \right], \quad (2)$$

где Q_a — производительность вентилятора, м³/с;
 Q — количество воздуха, протекающего по выработке, м³/с.

Поскольку эжекционный эффект свободной струи, вытекающей из вентилятора, проявляется только в ограниченном пространстве, то при безграничном увеличении сечения воздухопроводящего канала выражение (2) в пределе стремится к нулю. С уменьшением сечения воздухопровода S при прочих равных условиях эффективность работы активного регулятора будет возрастать, что и подтверждается зависимостью, представленной на графике (рис. 1).

С ростом отношения S/S_0 растет эффективность влияния активного регулятора на величину изменения депрессии выработки. Подобная закономерность уже интересна тем, что появляется возможность регулировать влияние активного регулятора на величину изменения давления, используя в этих целях конфузторы или диффузоры. Наибольший эффект на величину изменения h_0 оказывают параметры Q , Q_0 и S_0 .

На графике (рис. 2) представлена функциональная зависимость между h_0 , Q_0 и Q , из которой видно, что давление h_0 , развиваемое активным регулятором при фиксированных значениях сечений, возрастает с увеличением производительности вентилятора и уменьшается с ростом расхода воздуха в выработке.

Таким образом, управляя параметрами S , S_0 и Q_0 , можно достигать желаемых результатов при решении задач управления воздушными потоками в сложных

вентиляционных системах.

Однако для введения в систему расчета вентиляционных сетей с использованием современных программ необходимо аэродинамическую характеристику активного регулятора представить аппроксимирующей зависимостью вида [2]:

$$h_a = A + BQ^2, \quad (3)$$

где A и B — неизвестные коэффициенты, которые следует определить, используя выражение (2) для конкретно заданных условий. Для этого задаемся двумя произвольными значениями Q_1 и Q_2 , для которых по формуле (2) находим соответствующие значения $h_{a,1}$ и $h_{a,2}$.

По результатам полученных значений формируется система уравнений вида:

$$\begin{cases} h_{a,1} = A + BQ_1^2, \\ h_{a,2} = A + BQ_2^2, \end{cases} \quad (4)$$

решая которую, находим искомые коэффициенты A и B .

После построения аппроксимирующей характеристики (3) она может использоваться для решения задач управления потоками воздуха в сложных вентиляционных системах.

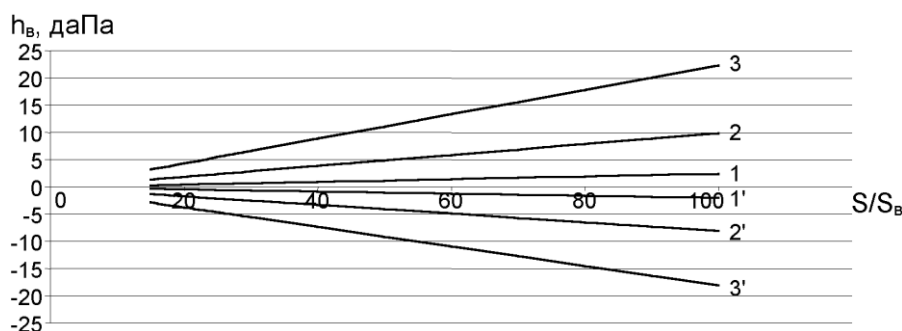


Рис. 1. Зависимость величины h_0 от изменения соотношения S/S_0 : 1, 2, 3 — соответственно при $Q_0 = 5, 10, 15$ м³/сек для спутных потоков воздуха; 1', 2', 3' — соответственно при $Q_0 = 5, 10, 15$ м³/сек для встречных потоков воздуха

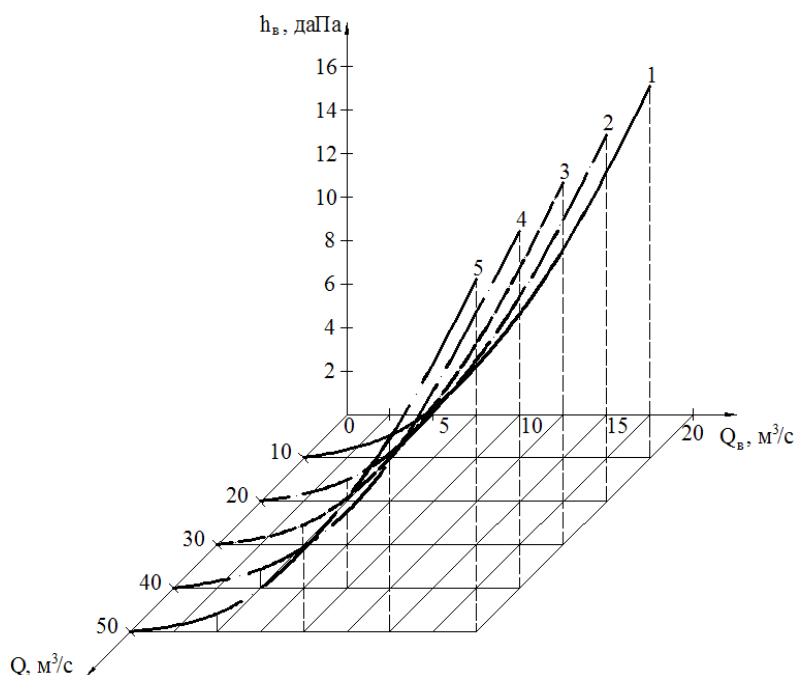


Рис. 2. Зависимость изменения депрессии выработки при изменении $Q_в$ и Q :
1, 2, 3, 4, 5 — соответственно при $Q = 10, 20, 30, 40, 50 \text{ м}^3/\text{с}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цой С. Автоматическое управление вентиляционными системами шахт. Алматы: Наука, 1975. 336 с.
2. Левицкий Ж.Г. Аэромеханика вентиляционных потоков. Караганда: КарГТУ, 2003. 228 с.

УДК 553.08(574)

Ш. БАЙЫСБЕКОВ

Закон Ципфа и промышленное тонкодисперсное золото кор выветривания Шу-Или и Прибалхашья

Для изучения золотополиметаллического оруденения в Шу-Илийском рудном поясе следует обратить внимание к публикациям и зарубежным геологам [1], раскрывающих геодинамическое развитие Центральной Азии.

Так, выделенная Кипчакская вулканоплутоническая дуга (см. рис.) напоминает современный Южно-Азиатский вулканоплутонический пояс вдоль южной границы Евразийского континента с Индийской и Тихоокеанской океаническими плитами. В отличие от последнего Кипчакская дуга в течение очень длительного геодинамического периода разделена на ряд Казахстан-Тянь-Шаньских тектонических структурных элементов [2], которые изображены в верхней части рисунка.

По нашему мнению, такая интерпретация фанерозойских событий в Центральной Азии детализирует современное строение «девонского вулканического пояса» Казахстана и определяет в целом покровную тектонику Казахстанского сектора Центральной Азии, проявлением шарияжно-надвиговой тектоники на рудных месторождениях на территории Казахстана.

Анализ геолого-старательских работ в Шу-Или и Прибалхашье показывает на детальную изученность месторождения Таскора.

Таскоринское рудное поле (поз. 9, рисунок) расположено в непосредственной близости от рассматриваемой территории Жартас (поз. 7, рисунок), состоит из нескольких различных по морфологии рудных залежей (тел) [3], и выбрано нами за эталон при глубинных поисках рудных объектов тонкодисперсного золота в древних корах выветривания вулканитов. В результате комплексных геологоразведочных работ в 2006 г. мы отнесли отложения Кугалинской свиты, занимающую всю юго-восточную часть, к единому Жартасскому покрову, мощность которого изменяется от 0 до нескольких десятков метров. Этот же покров перекрывает продуктивные горизонты дегерезской свиты, в кислых образованиях которой локализуются гидротермально-измененные породы с палеокорами выветривания. Основные разности пород дегерезской свиты гидротермальными изменениями либо не захвачены, либо проявлены они в меньшей степени, чем в кислых разностях. В отличие от перекрывающего Жартасского покрова отложения дегерезской свиты имеют снизу и сверху тектонические контакты и сами смяты в субширотные складки волочения с широким развитием зон трещиноватости и брекчирования

В целом рудоносная зона представлена 3 участками: Юго-Западный, Центральный и Северо-Восточный, из которых наиболее детально изучен и отработан на золото Центральный. Он сложен в основном туфами андезитового и смешанного состава, мелкообломочными, крупнообломочными и агломератовыми игнимбритами, а также эруптивной брекчией фельзито. Пирокластические породы прорваны несколькими дайками фельзитового состава.

жерла гидротермально-измененные породы приобрели зеленовато-серый цвет. Полевые шпаты в них серицитизированы.

Многие зарубежные исследователи при оценке минерально-сырьевого потенциала различных регионов государств используют нетрадиционные методы, в том числе и закон Ципфа (Zipf G.P., 1949), который гласит, что крупнейшее месторождение в 2 раза больше, чем следующее за ним, и в три раза больше последующих, т.е. наблюдается прямолинейное убывание по запасам. Если закономерность закона Ципфа соблюдается, то становится возможным прогнозировать размеры неоткрытых еще месторождений вокруг изученных, что является новым подходом для обоснования разведочных работ на территории.

КАЗАХСТАН-ТЯНЬ-ШАНЬСКИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Šengor, A.M. and Natal'in B.A.; 2001, Rifts of the world, Colorado, Geological Society of America Special Paper 352, p. 389-482.
2. Жилинский Р.Г. Схема разрывных и покровных структур Мира и направление поисков месторождений полезных ископаемых в Казахстане // Экспр. инфор. Алма-Ата, КазНИИНТИ, 1980. 5 с.
3. Байысбеков Ш.Б., Байысбеков Ж.Ш. Результаты разведки и добычи золота на мелких рудных объектах юго-восточной части Шу-Илийских гор: 2 Междун. НПК «Горное дело и металлургия в Казахстане (сост. и перспек.)». Т. III. Алматы: 2006. С. 61-66.

УДК 550.835

Ю.Н. ПАК
М.В. ПОНОМАРЕВА
Д.Ю. ПАК**Комплексирование альbedo гамма-излучения
и рентгеновской флуоресценции для оперативного
контроля качества твердого топлива**

В настоящее время один из основных качественных параметров углей — зольность — определяется трудоемким стандартным способом, который заключается в сжигании аналитической навески угля в муфельной печи. Данный способ не удовлетворяет возрастающим требованиям современного производства из-за низких производительности, представительности и экспрессности.

Инструментальные ядерно-физические методы, основанные на эффекте взаимодействия гамма-излучения с веществом, превосходят стандартный термовесовой способ по производительности, представительности и оперативности [1]. Наибольшее применение при анализе углей получил гамма-альбедный метод, основанный на регистрации рассеянных гамма-квантов. Интерес к гамма-альбедному методу применительно к анализу углей обусловлен их относительно высокой чувствительностью к зольности, простотой в аппаратной реализации и оперативностью. Методические возможности гамма-альбедного метода определены взаимосвязью эффективного атомного номера углей с зольностью твердого топлива.

Наиболее интегральной характеристикой угля, связанной с вещественным составом, является эффективный атомный номер угля $\bar{Z}$.

На рис. 1 представлены зависимости $\bar{Z}$ углей от зольности A на примере шубаркольских (три горизонта) и карагандинских углей (пласт 12, 14, ш. Тентекская). Видны четкие закономерности. Коэффициенты корреляции $\bar{Z}(A)$ меняются в диапазоне 0,84-0,99.

Значимых взаимосвязей между эффективным атомным номером зольного остатка и зольностью не обнаружено (рис. 2). Дисперсия $\bar{Z}$ золы по сути является причиной неоднозначности зависимости $\bar{Z}$ углей от зольности.

В таблице представлены основные параметры корреляционных связей $\bar{Z}(A)$, которые подтвердили возможность определения зольности углей по его $\bar{Z}$.

Минеральная часть угля имеет сложный элементный состав, представленный как легкими (Na , Mg , Al , Si), так и тяжелыми (Ca , Fe) элементами. Причем более 95% золообразующей части углей большинства месторождений приходится на соединения алюминия, кремния, кальция и железа. Учитывая различие в атомных номерах составных компонентов золы, а следовательно, и в значениях массовых коэффициентов ослабления, можно сделать вывод о значимом влиянии вариации тяжелых элементов, в частности Ca и Fe , на точность определения зольности углей гамма-альбедным методом.

При использовании низкоэнергетического излучения ($E_0 < 7,11$ кэВ) железо по гамма-ослабляющим свойствам сопоставимо с алюминием. При этом кальций становится наиболее тяжелым золообразующим элементом, у которого коэффициент фотопоглощения почти в 3,5 раза выше, чем у алюмосиликатов ($Al_2O_3 + SiO_2$). Отсюда уголь как объект геофизического контроля может быть представлен трёхкомпонентным соединением в составе углерода и золообразующей массы в виде алюмосиликатов и оксида кальция CaO .

В рамках принятой модели угля были приготовлены искусственные пробы углей с различной зольностью и различными содержаниями оксида кальция. Подготовленные тщательным образом искусственные модели углей близки к гомогенной среде.

Экспериментальными исследованиями на указанных моделях углей изучены метрологические характеристики гамма-альбедного метода и влияние непостоянства состава золы, в частности CaO , на результаты анализа.

На рис. 3 представлены зависимости изменения интенсивности рассеянных гамма-квантов от зольности углей с различным содержанием оксида кальция в золе (m_s). Видна четкая закономерность изменения величины альbedo гамма-излучения от содержания CaO в углях различной зольности.

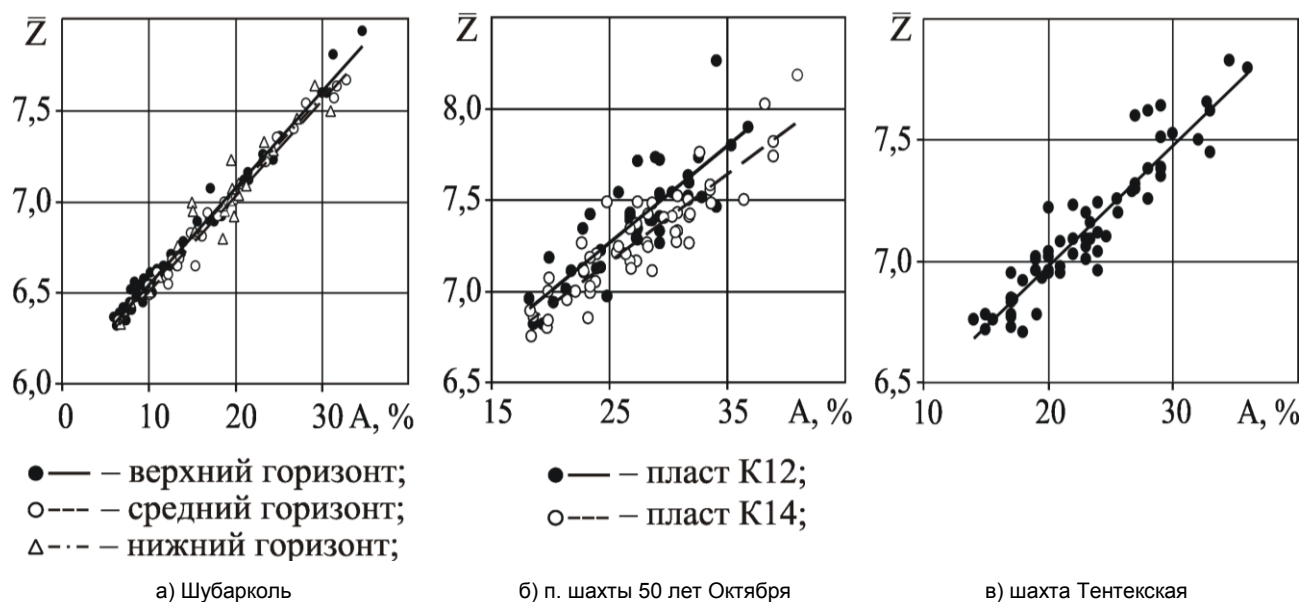


Рис. 1. Зависимость $\bar{Z}$ углей от зольности

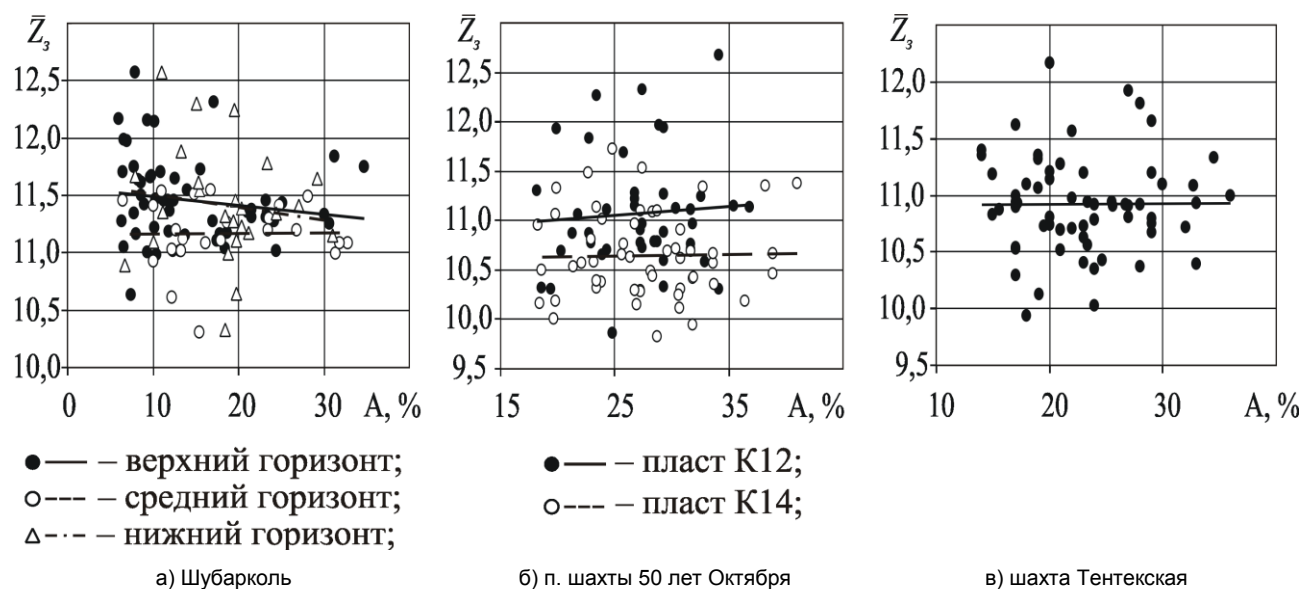


Рис. 2. Зависимость $\bar{Z}_z$ зольного остатка от зольности углей

Параметры корреляционных связей между эффективным атомным номером углей $\bar{Z}$ и зольностью а

Месторождение	Коэффициент корреляции	Число проб	Средне-квадратическое отклонение, $\bar{Z}$	Уравнение регрессии
		Диапазон зольности, %		
Шубарколь (нижний горизонт)	0,96	$\frac{24}{7-31}$	0,089	$\bar{Z} = 6,048 + 0,051 A$
Шубарколь (средний горизонт)	0,99	$\frac{22}{7-35}$	0,053	$\bar{Z} = 6,027 + 0,052 A$
Шубарколь (верхний горизонт)	0,99	$\frac{53}{7-35}$	0,052	$\bar{Z} = 6,019 + 0,054 A$
Карагандинское (п.ш. 50 лет Октября пласт 12)	0,84	$\frac{43}{18-37}$	0,159	$\bar{Z} = 6,015 + 0,053 A$
Карагандинское (п.ш. 50 лет Октября пласт 14)	0,90	$\frac{51}{18-41}$	0,128	$\bar{Z} = 6,040 + 0,048 A$
Карагандинское (ш. Тентекская)	0,94	$\frac{73}{14-36}$	0,098	$\bar{Z} = 6,031 + 0,050 A$

Для подтверждения правильности теоретических моделей и исследований были отобраны 48 проб углей с различных шахт Карагандинского бассейна (ш. Тентекская, Кировская, Саранская, Кузембаева), в которых зольность колебалась в интервале 16-36%. Содержание оксида кальция в золе менялось в диапазоне 3-16%. Сопоставление результатов гамма-альбедного метода с данными термовесового способа определения зольности показало, что расхождение составило 3,28% абс., что значительно превышает воспроизводимость термовесового способа.

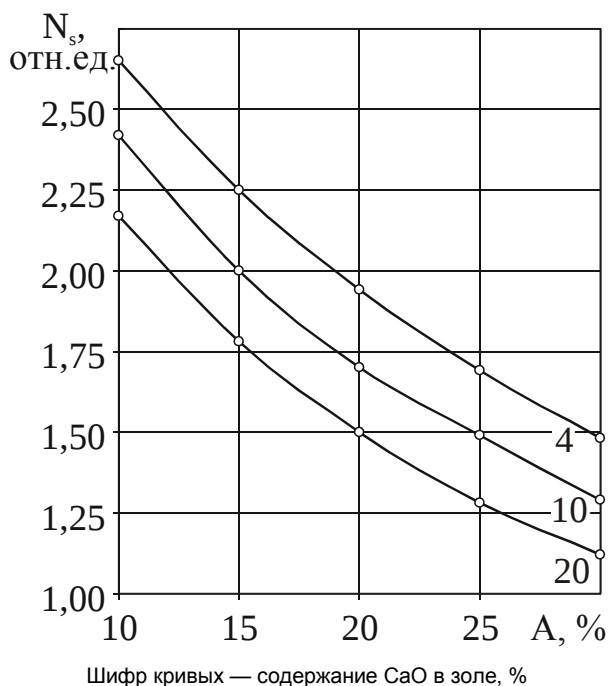


Рис. 3. Зависимости интенсивности рассеянного γ -излучения от зольности

Таким образом, гамма-альбедная методика с регистрацией рассеянного гамма-излучения радионуклида $Fe-55$ ($E_0=5,9$ кэВ) даёт удовлетворительные по точности результаты только в случае стабильного вещественного состава (постоянства оксида кальция).

Возможность повышения точности контроля зольности углей переменного состава базируется на регистрации рентгеновской флуоресценции кальция как дополнительной функции отклика [2]. Выбранный в качестве излучателя первичного гамма-излучения радионуклид $Fe-55$ является наиболее оптимальным с точки зрения эффективности возбуждения рентгеновской флуоресценции кальция в угле.

Расчётами и экспериментальными исследованиями на моделях углей различной зольности и состава золы (концентрации CaO) установлены качественно обратные закономерности изменения интенсивности рассеянного N_s и флуоресцентного N_i излучений от содержания CaO . Это позволяет снизить дестабилизирующее действие оксида кальция путём измерения суммарной

интенсивности вторичного излучения, включающего рентгеновское флуоресцентное и рассеянное излучение.

Получить инвариантность интегральной интенсивности вторичного излучения при колебании содержания оксида кальция в золе можно путем искусственного ослабления вторичного излучения фильтром из легкого материала. Целесообразность дополнительного ослабления регистрируемой интенсивности объясняется тем, что при изменении концентрации оксида кальция в золе приращение интенсивности рентгеновской флуоресценции (3,7 кэВ) выше приращения рассеянного гамма-излучения (5,9 кэВ).

Фильтрующим элементом выбран полиэтилен, у которого коэффициент ослабления флуоресцентного излучения кальция почти в 4 раза выше коэффициента ослабления рассеянного гамма-излучения.

Экспериментальными исследованиями на моделях углей различного состава установлены сложные закономерности изменения интегральной интенсивности (N_s+N_i) вторичного излучения от зольности угля, концентрации оксида кальция и толщины ослабляющего фильтра (рис. 4). При определенной толщине фильтра наблюдается область инверсии, свидетельствующая о независимости интегральной интенсивности вторичного излучения от изменения содержания кальция. Точка пересечения кривых, соответствующих углям одной зольности, но с различным содержанием оксида кальция, закономерно смещается в зависимости от зольности углей. Это означает, что для компенсации дестабилизирующего влияния непостоянства оксида кальция необходима определённая степень фильтрации вторичного излучения.

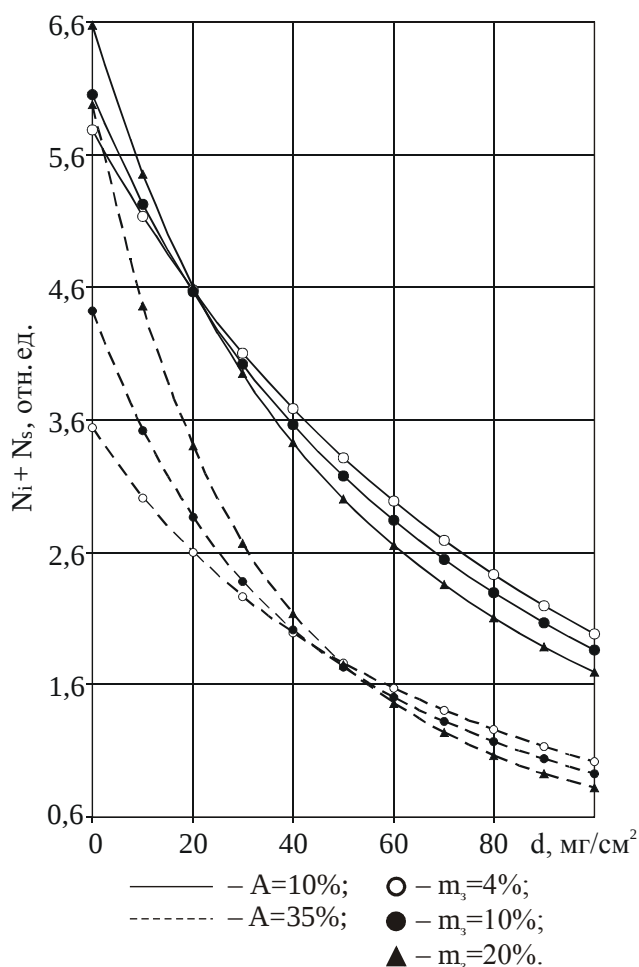


Рис. 4. Зависимости интегральной интенсивности вторичного излучения от толщины фильтра

Левее точек пересечения кривых преобладающую роль в суммарной интенсивности играет флуоресцентное излучение кальция. Обратная картина наблюдается в заинверсионной области (правее точек пересечения), где преобладающую роль во вторичном излучении играет рассеянное излучение.

Расчетами и экспериментально на моделях углей различной зольности и состава установлены тесные взаимосвязи между суммарной интенсивностью рассеянного N_s и флуоресцентного N_i излучений от зольности и оксида кальция (рис.5). Статистической обработкой результатов найдено эмпирическое уравнение, связывающее суммарную функцию отклика от A и m :

$$N_{is} = \alpha_0 - \alpha_1 \cdot A + \alpha_2 \cdot m - \alpha_3 \cdot A \cdot m, \quad (1)$$

где $\alpha_0, \alpha_1 - \alpha_3$ — константы, определяемые на модельных смесях углей известного состава.

Задача определения зольности углей переменного состава сводится к разработке экспрессной методики, позволяющей в едином приборном измерении (гамма-альбедная геометрия с источником $Fe-55$) оперативно определять содержание CaO .

Инверсионный характер интегральной функции отклика N_{is} от m и закономерное изменение инверсионной толщины в зависимости от зольности предопределили выбор оптимальных аппаратурно-

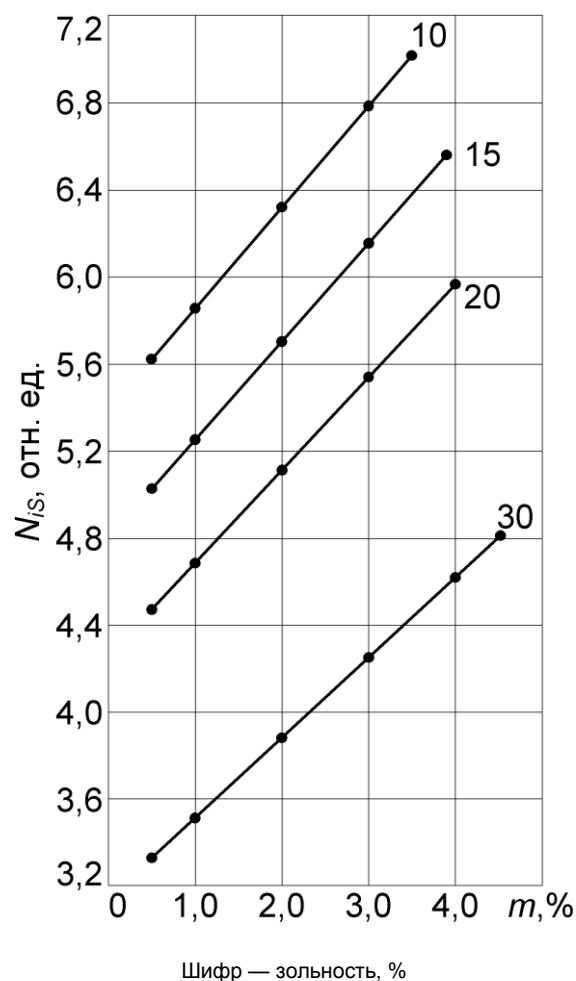
методических параметров для экспрессного определения концентрации оксида кальция.

Информативными параметрами установлены интегральные интенсивности флуоресцентного и рассеянного излучений N_{is} , измеренные при двух различных толщинах ослабляющего фильтра: d_1 , менее инверсионной толщины, соответствующей доинверсионной области для угля с минимальной зольностью, и d_2 , более инверсионной толщины, соответствующей заинверсионной области для угля с максимальной зольностью.

Аналитическим параметром служит величина отношения измеренных при выбранных толщинах фильтра интенсивностей вторичного излучения ($\psi = N_{is}^{d_1} / N_{is}^{d_2}$). Подобное нормирование аппаратурных сигналов позволяет устранить влияние матричного эффекта, связанное с изменчивостью зольности в указанных пределах.

Толщина d_1 , равная 0, выбрана как предельное значение для минимально возможных значений угля. Кроме того, выбор $d_1=0$ обусловлен необходимостью упрощения технологии измерений и увеличения экспрессности.

Выбор толщины ослабляющего фильтра $d_2=60 \text{ мг/см}^2$ обусловлен необходимостью добиться достаточно высокой чувствительности к оксиду кальция для углей с максимальной зольностью. Максимально возможная зольность принята равной 40%.



Шифр — зольность, %

Рис. 5. Зависимости интегральной интенсивности вторичного излучения от содержания оксида кальция в угле

Предлагаемая методика экспрессного определения оксида кальция по сути близка к модифицированному варианту стандарта-фона. Методика проста в аппаратном исполнении и обладает достаточно высокой чувствительностью к оксиду кальция (16 проц. /%).

Для построения градуированных зависимостей и уточнения констант выражения (1) использованы данные 96 проб карагандинских углей, в которых зольность менялась в диапазоне 7-36 %, а содержание оксида кальция в золе — от 3 до 16 %.

Алгоритм инструментального контроля зольности с учетом измеренной концентрации CaO по величине отношения Ψ имеет вид:

$$\dot{A} = \frac{35,994 - N_{IS} + 16,084\Psi}{0,889 + 0,134\Psi}.$$

Испытаниями установлено, что расхождение между данными геофизического и термовесового способов составило 1.18% абс. при колебании зольности в интервале 16-36%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. М.: Недра, 1985. 224 с.
2. Пак Д.Ю. Исследование метрологических характеристик рентгенорадиометрического метода контроля качества угля / КарГТУ // Труды университета. Караганда, 2007. №1. С. 34-37.

Раздел 3

Металлургия. Машиностроение

УДК 622.272

Б.Е. АЙТУГАНОВ

Технология доизвлечения металлов из недр

Известен способ формирования и отработки подземного техногенного месторождения, включающий подготовку подземных пустот, подачу по трубопроводу в подземные пустоты хвостов обогащения совместно с выщелачивающим раствором, активацию хвостов обогащения в трубопроводе последовательно в бесприводном инфразвуковом активаторе и пневматическом кавитационном активаторе, подачу экстракта на поверхность для извлечения из него металла.

Недостатком известного решения является низкая эффективность за счет больших затрат на активацию хвостов обогащения, а также за счет большого расхода выщелачивающего раствора.

Добыча полезных ископаемых с применением выщелачивания включает выемку руды камерами, транспортировку ее на поверхность, сортировку, обогащение, транспортировку отсортированной некондиционной руды и хвостов обогащения в

отработанные камеры в выщелачивающем растворе и последующую обработку заложенных камер выщелачивающим раствором, подачу экстракта на поверхность для извлечения из него металла. Однако недостатком технического решения является низкая эффективность за счет большого расхода выщелачивающего раствора и низкого содержания металла в хвостах обогащения.

Разработанная технология позволит повысить эффективность за счет снижения затрат и интенсификации выщелачивания.

Технология включает выемку руды камерами, транспортировку ее на поверхность и обогащение, закладку отработанных камер хвостами обогащения и выщелачивание, из хвостов обогащения удаляют глинистую составляющую. Закладывают отработанные камеры на 85-95% и после дренажа воды из закладочного массива подают на его поверхность через закладочную скважину

выщелачивающий раствор в объеме, необходимом для выщелачивания металла из закладочного массива и оставленных запасов в целиках, а затем подают воздух за счет общешахтной депрессии.

За счет того, что из хвостов обогащения удаляют глинистую составляющую, закладывают отработанные камеры на 85-95% и после дренажа воды из закладочного массива подают на его поверхность через закладочную скважину. Выщелачивающий раствор в объеме, необходимом для выщелачивания металла из закладочного массива и оставленных запасов в целиках, повышается содержание металла в хвостах обогащения и уменьшается расход выщелачивающего раствора. Благодаря тому, что после подачи выщелачивающего раствора через закладочную скважину подают воздух за счет общешахтной депрессии, ускоряется процесс выщелачивания. Таким образом, повышается эффективность способа за счет уменьшения затрат на выщелачивание металла из закладочного массива и оставленных запасов в целиках и интенсификации процесса выщелачивания.

Сущность технологии поясняется чертежом, где изображена схема осуществления способа добычи полезных ископаемых с применением выщелачивания.

Технология функционирует следующим образом (см. рис.).

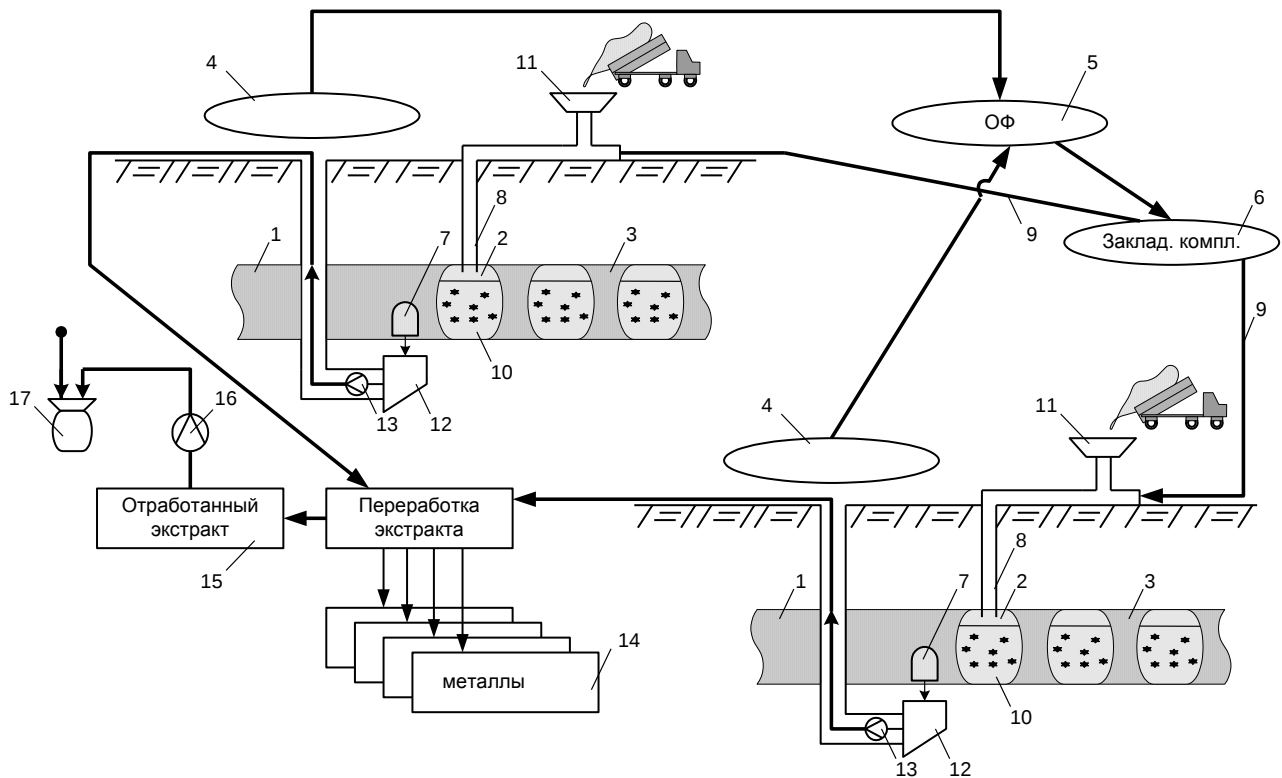
Рудные тела 1 отрабатывают камерами 2 с оставлением столбчатых целиков 3. Отбитую руду 4 транспортируют на поверхность и перерабатывают на обогатительной фабрике 5. Хвосты обогащения направляют на закладочный комплекс 6, удаляют из них глинистую составляющую, не содержащую металлы, путем гидроциклонирования и сгущают до плотности 40-60% твердого. Выработанное пространство камер изолируют бетонными перемычками, проходят выпускные выработки 7, бурят с поверхности закладочную скважину 8.

Хвосты обогащения транспортируют с закладочного комплекса по трубопроводу 9 и подают

через закладочную скважину в выработанное пространство камер. После заполнения выработанного пространства на 85-95% производят дренаж воды из закладочного массива 10 и подают через закладочную скважину выщелачивающий раствор 11, образуя на поверхности закладочного массива прудок, объем которого пополняют по мере проникновения выщелачивающего раствора в закладочный массив. Выщелачивающий раствор постепенно пропитывает закладочный массив и оставленные в выработанном пространстве столбчатые целики, выщелачивая содержащиеся в них металлы. Полученный экстракт 12 выпускают через выпускные выработки и подают насосом 13 на поверхность для извлечения из него металлов. После извлечения металлов 14 отработанный экстракт 15 перекачивают насосом 16 в емкость 17, корректируют его концентрацию и снова используют в процессе выщелачивания.

Для обеспечения процесса выщелачивания воздухом используют принудительную вентиляцию горных выработок с центральных вентиляционных установок, которые работают на всас. После подачи в выработанное пространство необходимого объема хвостов обогащения открывают специальную заглушку на трубопроводе, через которую поступает воздух. В закладочном массиве могут быть установлены специальные перфорированные устройства, через которые при необходимости воздух может подаваться под давлением. Интенсификация процесса производится путем использования штаммов бактерий и электрического напряжения.

Использование предлагаемой технологии позволит повысить эффективность за счет уменьшения затрат на выщелачивание металлов из закладочного массива и оставленных запасов в целиках и интенсификации процесса выщелачивания. Кроме того, исключается воздействие агрессивного выщелачивающего раствора на насосы и другие механизмы трубопровода при транспортировке хвостов обогащения.



Способ добычи полезных ископаемых с применением выщелачивания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев Е.И., Токтамысов М.Т., Сатыбалдин О.Б., Музгина В.С. Современные закладочные комплексы подземных рудников. Алма-Ата: Гылым, 1992. 124 с.
2. Николаев Е.И., Барелюк А.И. Разработка математической модели твердеющих смесей на основе текущих хвостов обогатительных фабрик для закладки выработанного пространства на подземных рудниках / КазгосИНТИ. Алматы, 2000. С.10.
3. Николаев Е.И., Барелюк А.И. Технология утилизации текущих хвостов обогатительных фабрик в закладку выработанного пространства на подземных рудниках / КазгосИНТИ. Алматы, 2000. С. 8.
4. Патент № 2004/0367.1 Способ добычи полезных ископаемых с применением выщелачивания / Николаев Е.И., Айтуганов Б.Е., Айтуганов Б.Е., Николаева О.Е.

УДК 621.771.014

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ
Ж.А. АШКЕЕВ
А.Р. ТОЛЕУОВА
Н.Н. ВОРОБЬЕВА

Формирование структуры в равноканальной ступенчатой матрице

Использование методов интенсивной сдвиговой деформации для получения ультрамелкозернистой структуры в материале становится одной из наиболее актуальных направлений обработки металлов давлением. Пластическая деформация существенно влияет на микроструктуру и свойства материалов.

В настоящее время большое количество работ посвящено изучению процесса получения наноструктуры методами интенсивной сдвиговой деформации. Одним из таких методов является прессование в равноканальной ступенчатой матрице (РКСМ) (рис. 1) [1].

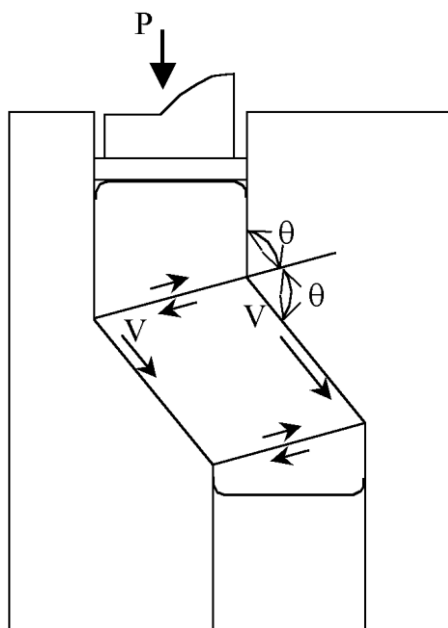


Рис. 1. Схема прессования в равноканальной ступенчатой матрице

Целью данной работы является исследование зависимостей величины зерна и механических свойств от угла стыка.

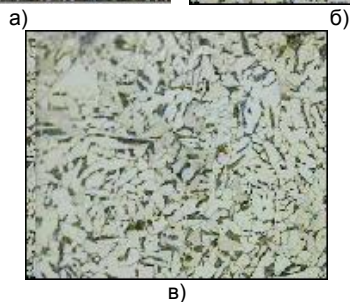
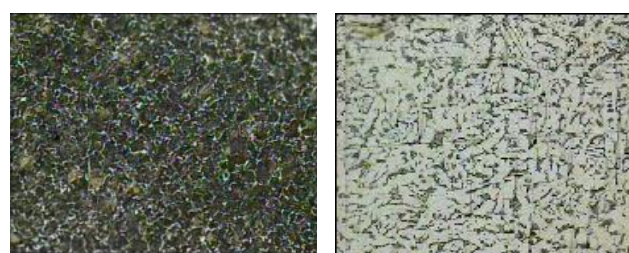
Для исследования были изготовлены заготовки сталей 45 и 40Х, размерами 10х18х105 мм. Прессование проводили в ступенчатых матрицах с углами стыков $2\theta = 110^\circ$, 126° , 150° . Заготовки нагревали до ковочной температуры 1100°C . Изменение микроструктуры наблюдали на микроскопе «Leica». Размер зерна определяли в соответствии с ГОСТ 5639-82. Исходный размер зерна стали 45 составил 3,6 мкм (рис. 2), 40Х — 3,4 мкм.



Рис. 2. Исходная микроструктура стали 45, х 500

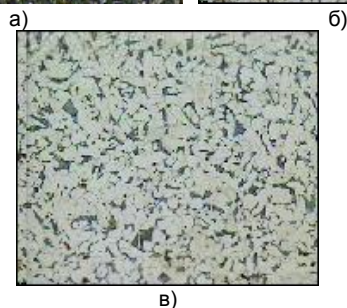
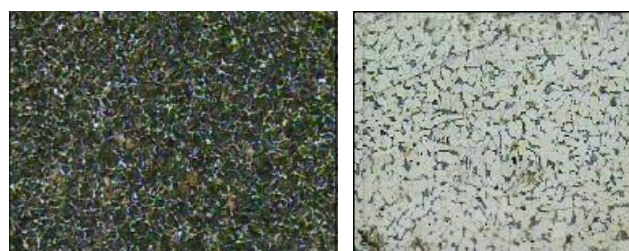
Анализ формирования микроструктуры заготовок, продеформированных в ступенчатых матрицах с разными углами стыка показал, что при прессовании в матрице с углом наклона 110° с увеличением циклов деформирования происходит интенсивное измельчение зерна, однако возникающее усилие прессования в данной матрице больше, чем в матрицах с углами наклона 126° и 150° , что может привести к поломке инструмента (матрицы), а также к увеличению энергетических затрат. При деформировании в

матрице с углом наклона 150° усилие деформирования меньше, чем в матрицах с углами стыка 110° и 126° , но для получения ультрамелкозернистой структуры дополнительно потребуется сделать несколько большее количество проходов, а следовательно, возникают большие потребности в расходе трудо- и энергозатрат и снижается производительность процесса. Обеспечение лучшей проработки структуры, а также оптимальное значение усилия прессования достигается в матрице с углом пересечения каналов 126° . Средний диаметр зерен стали 45 в матрице с $2\theta = 110^\circ$ после восьмого цикла составил 223 нм, с углом стыка 126° после восьмого цикла — 415 нм, с углом наклона 150° — 634 нм (рис. 3.). Размер зерен стали 40Х: $2\theta = 110^\circ$ после восьмого цикла — 218 нм, $2\theta = 126^\circ$ — 314 нм, $2\theta = 150^\circ$ — 528 нм (рис. 4).



а) после восьмого цикла, $2\theta = 110^\circ$; б) после восьмого цикла, $2\theta = 126^\circ$; в) после восьмого цикла, $2\theta = 150^\circ$.

Рис. 3. Микроструктура стали 45 после прессования в РКММ, х 500



а) после восьмого цикла, $2\theta = 110^\circ$; б) после восьмого цикла, $2\theta = 126^\circ$; в) после восьмого цикла, $2\theta = 150^\circ$.

Рис. 4. Микроструктура стали 40X после прессования в РКМ, х 500

Средний диаметр зерен стали 45 в матрице с $2\theta = 126^\circ$ после двенадцатого цикла составил 219 нм, с углом стыка 150° — 443 нм (рис. 5). Размер зерен стали 40X: $2\theta = 126^\circ$ — 314 нм, $2\theta = 150^\circ$ — 528 нм (рис. 6).

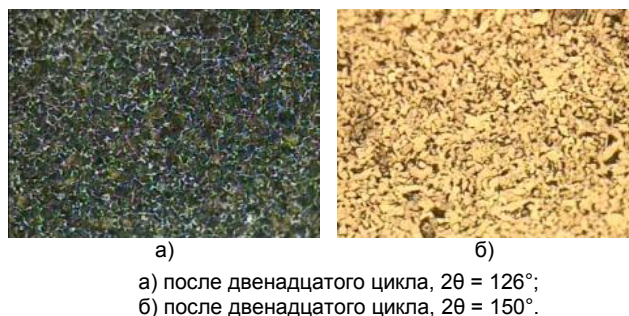


Рис. 5. Микроструктура стали 45 после прессования в РКМ, х 500

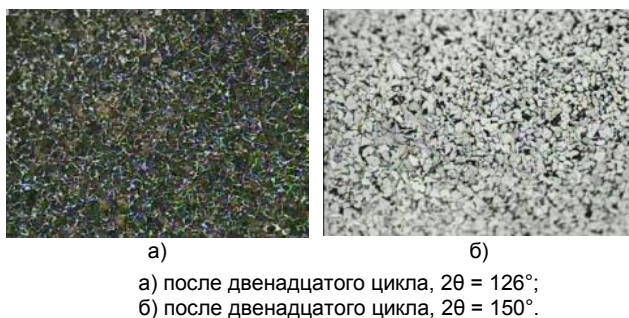


Рис. 6. Микроструктура стали 40X после прессования в РКМ, х 500

Из всех деформированных образцов были изготовлены стандартные образцы на растяжение и сжатие, форма и размеры которых определены в соответствии с ГОСТ 1497-84 (рис. 7 а, б). Все образцы были промаркированы. Стандартные образцы на растяжение и сжатие подвергались механическим испытаниям на разрывной машине.

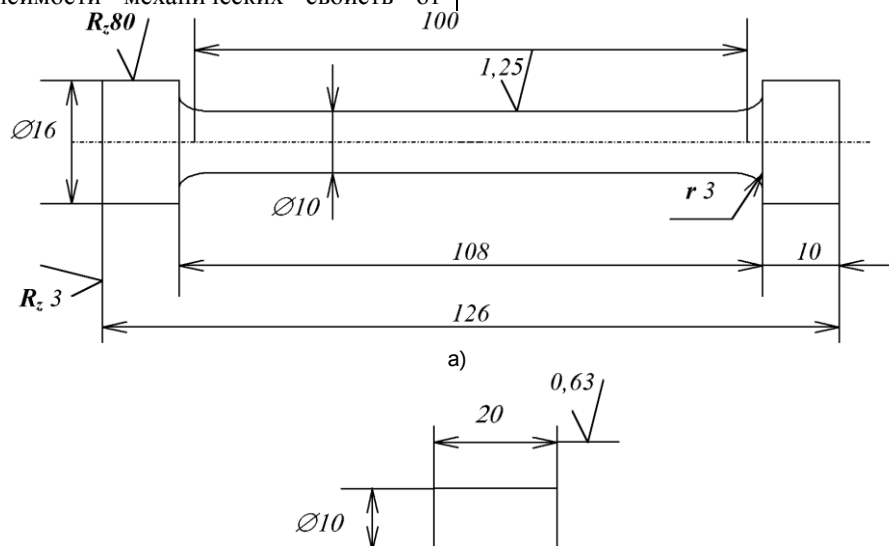
По результатам механических испытаний были построены зависимости механических свойств от

количества проходов (циклов), которые представлены на рис. 8 а, б, в, г.

Прессование стальных заготовок с числом проходов до двенадцати одновременно увеличивает как прочность, так и пластичность. Улучшение свойств связано с уплотнением металла, измельчением структурных единиц (зерен), уменьшением степени химической неоднородности. Размер зерна оказывает большое влияние на механические свойства металла. Уменьшение величины зерна приводит к повышению характеристик пластичности с одновременным ростом прочностных характеристик. Упрочнение металла вызывается главным образом увеличением плотности дислокаций. Это связано с перераспределением дислокаций на границах зерен. Как известно, перемещение дислокаций и двойникование являются основными механизмами пластической деформации [2,3].

В то же время наличие мелкозернистой структуры может способствовать другим механизмам пластической деформации, например таким, как зернограницное проскальзывание, которое является диффузионным процессом и обычно развивается при повышенных температурах, и вращение зерен, и, следовательно, повышать пластичность [4].

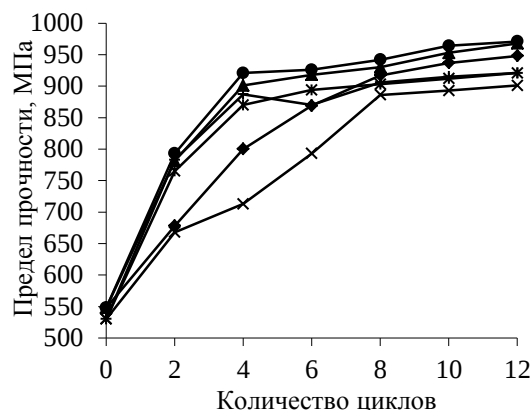
Анализ полученных данных свидетельствует о преимуществах ступенчатой матрицы перед угловой в плане получения изотропной мелкозернистой структуры деформированного металла. С увеличением количества циклов прессования в равноканальной ступенчатой матрице наблюдается измельчение зерна в среднем до 200 нм. Перспективы применения равноканального ступенчатого прессования позволяют реализовывать значительные пластические деформации при небольшом изменении исходных размеров заготовок. Прессование стальных заготовок с числом проходов до двенадцати одновременно увеличивает как прочность, так и пластичность. Увеличение пластических характеристик более значительно, чем увеличение прочностных. Это связано с перераспределением дислокаций на границах зерен. Экспериментально доказано преимущество деформирования в матрице с углом стыка 126° .



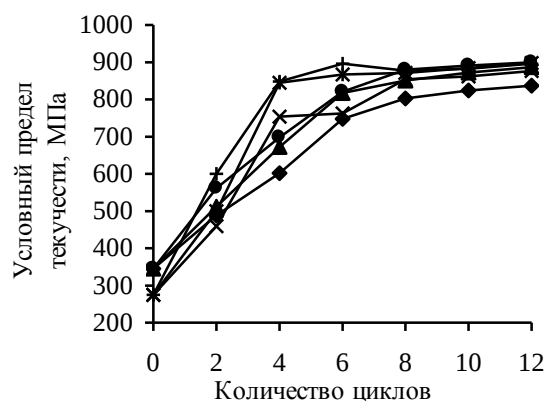
б)

а) образец на растяжение; б) образец на сжатие.

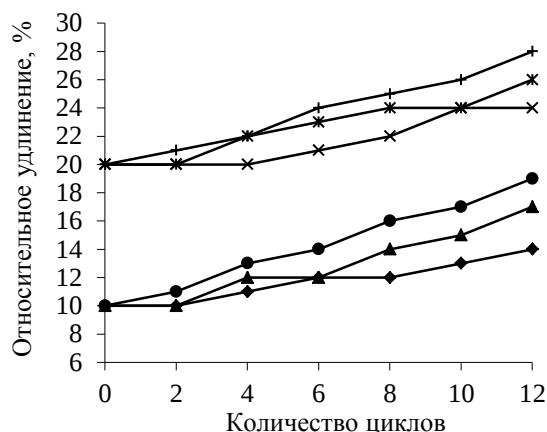
Рис. 7. Образцы для механических испытаний на растяжение и сжатие



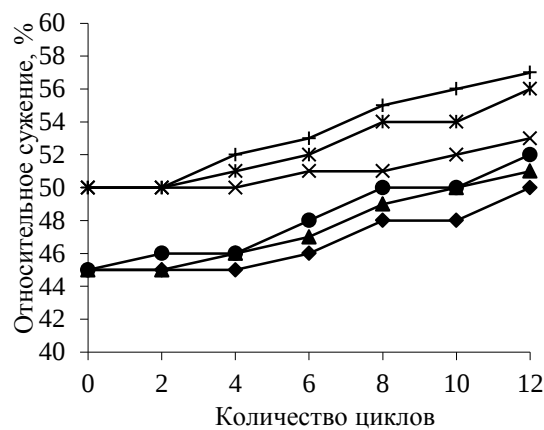
а)



б)



в)



г)

—+— Угол стыка 110,
сталь 45

- а) график зависимости предела прочности от количества циклов;
б) график зависимости условного предела текучести от количества циклов;
в) график зависимости относительного удлинения от количества циклов;
г) график зависимости относительного сужения от количества циклов.

Рис. 8. Графики зависимостей прочностных и пластических характеристик от количества циклов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найзабеков А.Б., Ашкеев Ж.А., Толеуова А.Р. Исследование структуры при деформировании в равноканальной ступенчатой матрице //Труды международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии». Караганда, 2003. С. 367-373.
2. Бернштейн М.Л., Займовский В.А. Механические свойства металлов. М.: Металлургия. 1978. 496 с.
3. Металлография: Учебник для вузов / Б.Г. Лившиц М.: Металлургия. 1990. 236 с.
4. Границы зерен и свойства металлов О.А. Кайбышев, Р.З. Валиев М.: Металлургия. 1987. 214 с.

УДК 621.742÷666.7

А.З. ИСАГУЛОВ
В.Ю. КУЛИКОВ
И.Е. МЕДВЕДЕВА

Исследование антипригарных покрытий при литье в жидкостекольные формы

Известно, что антипригарные покрытия должны обеспечивать гладкую поверхность отливки, образование равномерного слоя на поверхности литейной формы и хорошее его сцепление с ней,

прочность слоя в высушенном состоянии, отсутствие трещин и отслаивания [1].

Использование форм из жидкостекольных смесей позволяет сократить трудоемкость изготовления, повысить производительность, увеличить точность отливки, но вместе с тем на отливках наблюдается более высокий пригар, чем при использовании песчано-глинистых смесей.

С целью исследования пригара на отливках, полученных литьем в жидкостекольные формы, проведены экспериментальные исследования. В работе проводилась сравнительная оценка антипригарных покрытий (табл.) по степени пригара чугуновых отливок.

После охлаждения отливок из них дисковой фрезой вырезали образцы размером 30×30×15 мм. Плоскость полученных образцов зачищалась от легкоотделяемого пригара формовочной смеси. Оставшийся пригар (трудноотделяемый) удалялся в расплаве едкого натра при температуре 500°C в течение 4-6 часов (по достижении постоянного веса образца). За количественную характеристику пригара принималось отношение веса пригара к площади поверхности образца (г/см²).

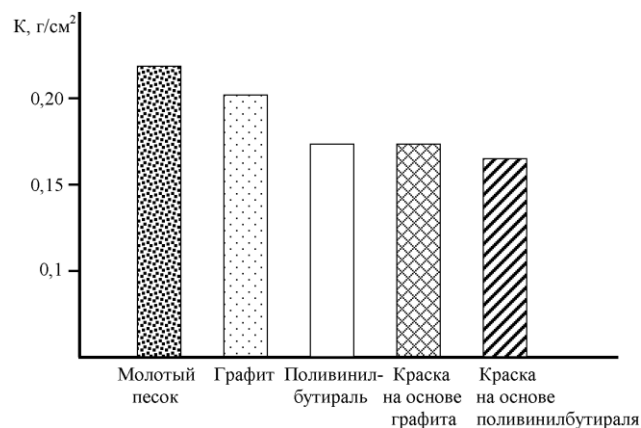
АНТИПРИГАРНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Антипригарный материал	Пригар К, г/см ²
Молотый кварцевый песок	0,22
Графит (порошок)	0,20
Быстросохнущая краска на основе графита	0,18
Поливинилбутираль (порошок)	0,18
Быстросохнущая краска на основе поливинилбутирала	0,17

Основными компонентами жидкостекольной смеси явились: песок кварцевый — 90 %; раствор едкого натра — 1,5 %; жидкое стекло — 8,5 %.

Состав быстросохнущей краски, использованной в экспериментах: поливинилбутираль — 0,065 кг; спирт — 0,8 л; растворитель 714 — 0,8 л; молотый песок — 1,6 кг.

Анализ экспериментальных данных показывает, что количество пригара зависит от используемого антипригарного покрытия, а из использованных в экспериментах лучшим антипригарным действием обладает поливинилбутираль (рис.). В то же время быстросохнущая краска, наносимая на внутреннюю поверхность формы, также в значительной мере снижает пригар.



Сравнительная оценка антипригарных покрытий при получении отливок в жидкостекольных формах

Таким образом, проведенные исследования показали, что удовлетворительным антипригарным действием при литье в жидкостекольные формы обладает быстросохнущая краска на основе поливинилбутирала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев Б.Б., Корнюшкин О.А., Кузин А.В. Формовочные процессы. Л.: Машиностроение, 1987. 264 с.

УДК 662.74.074.82:669.168(574)

А.Г. КАЛИАКПАРОВ

Особенности способа термоокислительного коксования углей на Аксуском заводе ферросплавов

В связи со значительным ростом производства металлов и сплавов в последние годы проблема широкого вовлечения в производство альтернативных углеродсодержащих материалов и способов их производства приобретает еще большее значение. В Республике Казахстан единственным производителем традиционного металлургического кокса в промышленном масштабе является АО «Испат-Кармет». Однако по некоторым физико-химическим характеристикам они не всегда отвечают требованиям технологии электротермических процессов. Главным критерием остаются качественные и физико-химические характеристики углеродистых материалов.

В 2003 году на Аксуском заводе ферросплавов АО «ТНК «Казхром» пущена в промышленную эксплуатацию установка по производству твердых восстановителей (спецкокс) для производства ферросплавов. Технология разработана коллективом специалистов Кузнецкого центра ВУХИН и Аксуского завода ферросплавов [1]. В основу способа производства положен метод термоокислительного коксования углей [2-5]. Способ характеризуется комплексностью и непрерывностью производства в условиях основного теплоэнергетического оборудования. Кроме основной продукции кокса попутно извлекается тепловая энергия в виде горячей сетевой воды коммунально-бытового назначения.

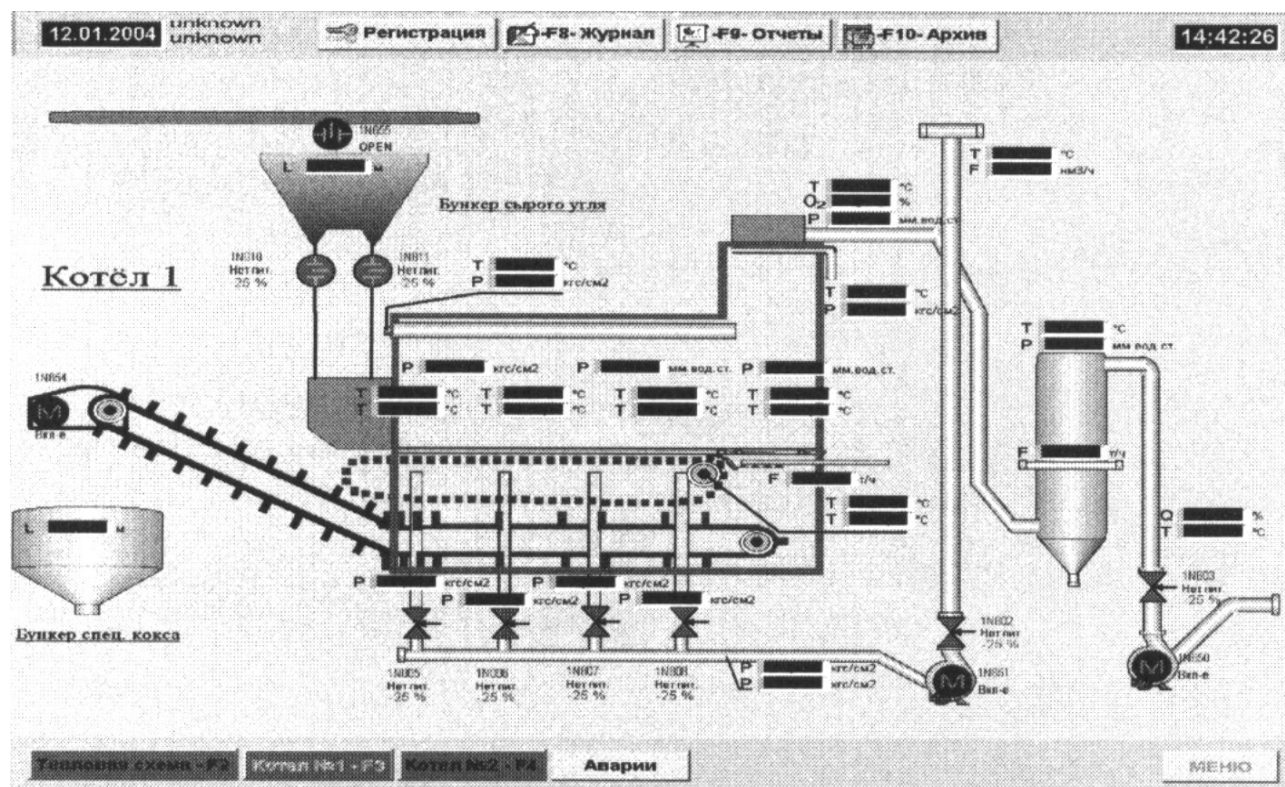
Способ получения кокса включает подачу фракционированных углей крупностью 25-50 мм в бункер сырого угля, с последующим свободным сходом угля через водоохлаждаемую регулируемую планку равномерно и непосредственно на цепную колосниковую решетку прямого хода, высотой слоя 150-250 мм. В пространстве радиантной части котла происходят сушка, подогрев и возгорание слоя угольной загрузки, с нахождением в зоне температур 850-1100°C, достаточной для полного или частичного удаления летучих компонентов угля. Тушение кокса осуществляется непосредственно на линии транспортировки кокса, а именно на качающемся питателе с орошаемой водой поверхностью лотка и ленточном конвейере ЛК-800 со смачиваемой поверхностью транспортерной ленты.

В качестве основного оборудования используются типовые водогрейные котлы КВ-ТС-20-150, номинальной теплопроизводительностью 20 Гкал/ч. Сырьем для производства твердых восстановителей приняты длиннопламенные угли Шубаркольского разреза (табл. 1). Установка оснащена приборами регулирования уровня угольной загрузки, системой автономного регулирования подачи воздуха в четыре независимые зоны горения механической топки (рис.).

Таблица 1

СРЕДНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИСХОДНОГО УГЛЯ, %

Ситовый состав					Технический состав		
+40	40-20	20-10	10-5	5-0	W^r	A^d	V^{daf}
26,4	52,4	12,4	5,3	3,5	8,5	3,1	42,1



Мнемосхема установки по производству кокса Аксуского завода ферросплавов

Имея достаточно давнюю историю своего изобретения [6, 7], способ не получил широкого промышленного освоения, тем более в условиях единого технологического цикла промышленных предприятий. Пуск в эксплуатацию промышленной установки позволил выявить ряд существенных как положительных, так и отрицательных сторон разработанной технологии.

Начальный период эксплуатации характеризовался нестабильностью работы основного и вспомогательного технологического оборудования и, как следствие, нестабильностью технологического процесса. Основными проблемами являлись: несвоевременное возгорание угольного слоя, уход активного поля горения в последние зоны топочного устройства, большая разность температур в пространстве радиантной части котла и, как следствие, низкое качество кокса и теплосъем.

Немаловажным является наличие гарантированного теплоснабжения в условиях неотапливаемого сезона или обязательное устройство охладительных установок. Наиболее слабым звеном в технологическом процессе в начальный период эксплуатации явилось несоответствие установки скребковой шлакозолоудаления (коксоудаления) требованиям технологии. Учитывая низкую 45,0-55,0 % прочность кокса, использование скребкового транспортера, видимо, недопустимо, поскольку происходит дополнительное измельчение и увеличение доли мелочи в коксе. Большая абразивность транспортируемого материала являлась причинами износа деталей и частых поломок транспортера.

На сегодняшний день достигнутые объемы производства по коксу составили 2000 т/месяц, и по теплу 22-28 Гкал/ч. Принятый технологический регламент представлен в табл. 2.

После проведенных технических мероприятий удалось стабилизировать технологический процесс и качественные характеристики конечной продукции. Однако актуальной по-прежнему остаются проблемы высокого содержания мелочи -25 мм в исходном угле и коксе, а также летучих составляющих (табл. 3).

Анализ качества кокса по классам крупности показал следующие закономерности. Основное количество мелочи вносится исходным углем при транспортировке и пересыпках. Учитывая природу исходного угля, получаемый кокс имеет низкую прочность. Процессы пиролиза и деструкции угля характеризуются образованием множества мелких «лепестков» на поверхности обрабатываемого угля, которые при незначительных механических нагрузках отходят от нетермообработанной угольной цердцевины и переходят в мелочь. Размеры и количество «лепестков» зависят от температурного режима слоя угольной загрузки. Влага кокса является гигроскопической и вносится, главным образом, при тушении кокса.

Зольность увеличивается от крупной фракции к мелкой. Принимая во внимание закономерности процесса горения в условиях слоевого сжигания, возгорание начинается у поверхности угольных частиц и движется по направлению к центру. Присутствие на поверхности мелких классов («лепестков») и высокая их пористость обеспечивают благоприятные условия для развития окислительных процессов твердого углерода и, как следствие, зольности коксового остатка.

Таблица 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА

Показатель	Величина
1. Высота слоя, мм	200-230
2. Температура по зонам, °С	
1 зона	500-700
2 зона	900-1000
3 зона	950-1050
4 зона	900-950
3. Скорость движения ЦКР, м/ч	9,0
4. Качество угля марки Д, %	
W^f	до 10,0
A^d	до 5,0
V^{daf}	до 45,0
S^d	до 0,3
P^d	до 0,015
5. Крупность исходного угля, мм	25-50
6. Содержание класса, %	
25-0 мм	до 15,0
+50,0 мм	до 10,0
7. Расход воздуха по зонам, м ³ /час	
общий	25-30
1 зона	10-15
2 зона	10-15
3 зона	0
4 зона	0
8. Качество кокса, %	
W^f	15-20

A^d	12-15
V^{daf}	20-25
9. Крупность, мм	5-25

Таблица 3

СРЕДНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УГЛЯ И КОКСА, %

Ситовый состав		Технический состав		
-25	+25	W^f	A^d	V^{daf}
Уголь				
45,5	54,5	9,0	3,7	43,0
Кокс				
23,7	76,3	14,5	9,3	27,3

В отличие от золы содержание летучих веществ снижается от крупных классов к мелким. К примеру, содержание остаточных летучих компонентов в мелких классах кокса («лепестках») колеблется в пределах от 3 до 8 %. Необходимым условием полного удаления летучих компонентов является полный прогрев угольных частиц, что достигается достаточным временем пребывания их в зоне высоких температур. Однако для поддержания зольности на уровне 8-13 % это недопустимо.

Таким образом, работа установки показала принципиальную возможность функционирования производства, интегрированного в энергетическую систему Аксуского завода ферросплавов. Качественные характеристики получаемых восстановителей удовлетворяют требованиям выплавки ферросплавов, дальнейшее улучшение которых, применительно к данному типу углей, должно идти в следующих направлениях:

- перевод работы котлоагрегатов от режима интенсивного сжигания в режим тлеющего затяжного горения;
- подготовка угольной шихты непосредственно на участке производства кокса;
- оптимизация системы тушения и транспортировки кокса;
- расширение угольной сырьевой базы термоокислительного коксования;
- совмещение процесса коксования с иными термическими процессами.

Отход от традиционных взглядов к проблемам обеспечения сырьевыми материалами, и в том числе коксами, позволит массовым потребителям, и прежде всего ферросплавным предприятиям, более чутко реагировать на конъюнктуру рынка. Экономически целесообразным выглядит организация производства твердых восстановителей из относительно недефицитных и некоксуемых углей в условиях мини-производства. Это позволит расширить сырьевую базу коксования на основе местных угольных месторождений и сортамент выплавки ферросплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка технологии производства специального кокса на Аксуском заводе ферросплавов. Аннотация по НИР. Новокузнецк, 2004. 33 с.

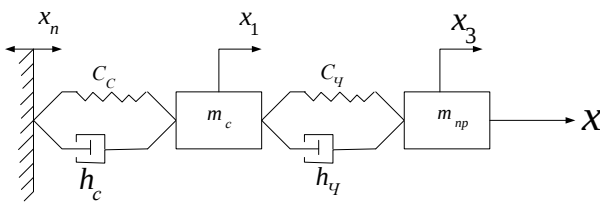
2. Цикарев Д.А. Состояние процесса коксования на колосниковых решетках // Кокс и химия. 1967. № 8. С. 53-55.
3. Сысков К.И., Виноградов С.В. Производство специальных видов кокса на цепных колосниковых решетках // Там же. 1975. № 1. С. 54-58.
4. Макаров Г.Н., Филоненко Ю.Я. Специальные виды кокса. М.: Metallurgy, 1977. 168 с.
5. Калинин М.Ф., Виноградов С.В., Суворов А.А., Сысков К.И. Опыт промышленного коксования углей на цепных колосниковых решетках // Кокс и химия. 1974. № 4. С. 14-16.
6. Патент США №1814460, Кл. 202-19, 1931 г.
7. Патент США №2209255, Кл.201-27, 1940 г.

УДК 621-752(031)

Ж.Б. БАКИРОВ
Г.Г. ТАТКЕЕВА

Анализ колебаний в системе виброзащиты оператора

Динамическая модель системы виброзащиты оператора транспортных средств от вертикальных и горизонтальных колебаний часто можно представить в виде, показанном на рисунке [1, 2].



Динамическая модель средств виброзащиты оператора

В этой модели x_n , x_1 , x_3 — абсолютные перемещения кабины, сиденья и центра масс оператора; C_c , h_c , m_c , C_q , h_q , m_{op} — коэффициенты жесткости, демпфирования и масса сиденья и оператора, соответственно.

За массу оператора берется приведенная масса, которая равна 5/7 массы человека при вертикальных колебаниях, а при горизонтальных колебаниях эта величина умножается на 1,75 [2].

Уравнения колебаний системы имеют вид:

$$\begin{cases} m_c \ddot{x}_1 = -C_c x_1 - x_n - h_N \dot{x}_1 - \dot{x}_n + \tilde{N}_x x_3 - x_1 + h_x \dot{x}_3 - \dot{x}_1, \\ m_{i\delta} \ddot{x}_3 = -C_x x_3 - x_1 - h_x \dot{x}_3 - \dot{x}_1. \end{cases}$$

Введем обозначения: $\bar{m} = m_{i\delta} / m_N$;

$\omega_4^2 = \tilde{N}_x / m_{i\delta}$, $\omega_c^2 = \tilde{N}_N / m_N$ — квадраты частот собственных колебаний;

$\varepsilon_x = h_x / 2m_x$, $\varepsilon_N = h_N / 2m_N$ — коэффициенты демпфирования колебаний

и перепишем уравнение движения в виде:

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 + 2\varepsilon_c \dot{x}_1 + \bar{m}\varepsilon_4 \dot{x}_1 + \omega_c^2 + \bar{m}\omega_4^2 x_1 - \\ - 2\varepsilon_4 \bar{m}\dot{x}_3 - \bar{m}\omega_4^2 x_3 = 2\varepsilon_c \dot{x}_n + \omega_c^2 x_n, \\ \ddot{x}_3 - 2\varepsilon_4 \dot{x}_1 + 2\varepsilon_4 \dot{x}_3 - \omega_4^2 x_1 + \omega_4^2 x_3 = 0. \end{cases} \quad (1)$$

При произвольных воздействиях для решения системы (1) можно применить операторный метод решения дифференциальных уравнений. Применим к системе (1) преобразование Лапласа и перепишем ее так:

$$\begin{cases} x_{1p} [p^2 + 2p\varepsilon_c + \bar{m}\varepsilon_4 + \omega_c^2 + \bar{m}\omega_4^2] = \\ = \bar{m} 2\varepsilon_4 p + \omega_4^2 x_{3p} + 2\varepsilon_c p + \omega_c^2 x_{ip}, \\ x_{3p} p^2 + 2\varepsilon_4 p + \omega_4^2 = 2\varepsilon_4 p + \omega_4^2 x_{1p}, \end{cases} \quad (2)$$

где p — оператор дифференцирования.

Из второго уравнения следует:

$$x_{3p} = W_{13p} x_{1p}, \quad (a)$$

где передаточная функция

$$W_{13p} = \frac{\omega_4^2 + 2\varepsilon_4 \delta}{\delta^2 + 2\varepsilon_4 \delta + \omega_4^2}. \quad (б)$$

Первое уравнение системы (2) запишем в виде:

$$x_{1p} = W_{31p} x_{3p} + W_{i1p} x_{ip}, \quad (в)$$

где передаточные функции имеют вид:

$$W_{i1p} = \frac{\omega_c^2 + 2\varepsilon_c p}{p^2 + 2p(\varepsilon_c + \bar{m}\varepsilon_4) + \omega_c^2 + \bar{m}\omega_4^2}, \quad (г)$$

$$W_{31p} = \bar{m} \frac{\omega_4^2 + 2\varepsilon_4 p}{p^2 + 2p(\varepsilon_c + \bar{m}\varepsilon_4) + \omega_c^2 + \bar{m}\omega_4^2}.$$

Подставим (а) в (в) и найдем:

$$x_{1p} = W_{1p} x_{ip}, \quad (3)$$

где

$$W_{1p} = \frac{W_{i1\delta}}{1 - W_{13p} W_{31p}}. \quad (4)$$

Подставив сюда (б) и (г), имеем:

$$W_{1p} = \frac{\omega_c^2 + 2\varepsilon_c p}{p^2 + 2\varepsilon_4 p + \omega_4^2} \frac{p^2 + 2\varepsilon_4 p + \omega_4^2}{[p^2 + 2p\varepsilon_c + \bar{m}\varepsilon_4 + \omega_c^2 + \bar{m}\omega_4^2] - \bar{m} \omega_4^2 + 2\varepsilon_4 p^2}. \quad (5)$$

Подставим теперь (в) в (а) и найдем:

$$x_{3p} = W_{3p} x_{ip},$$

где

$$W_{3p} = \frac{W_{13p} W_{i1(p)}}{1 - W_{13p} W_{31p}}.$$

Подставляя сюда выражения для частных передаточных функций, получим:

$$W_{3p} = \frac{\omega_4^2 + 2\varepsilon_4 p \quad \omega_c^2 + 2\varepsilon_c p}{p^2 + 2\varepsilon_4 p + \omega_4^2 \left[p^2 + 2p \quad \varepsilon_c + \bar{m}\varepsilon_4 + \right.} \quad (6)$$

$$\left. + \omega_c^2 + \bar{m}\omega_4^2 \right] - \bar{m} \quad \omega_4^2 + 2\varepsilon_4 p^2}$$

При произвольном кинематическом возбуждении характеристики выходных процессов $x_{1(t)}$ и $x_{3(t)}$ далее определяются обратным преобразованием Лапласа. Представим передаточные функции (5) и (6) в виде рациональной дроби:

$$W_{1p} = \frac{G_p}{Q_p} = \frac{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{p^4 + q_3 p^3 + q_2 p^2 + q_1 p + q_0}, \quad (7)$$

где a_i, q_i определяются выражениями:

$$\begin{aligned} \dot{a}_0 &= q_0 = \omega_c^2 \omega_4^2, \quad \dot{a}_1 = q_1 = 2 \quad \varepsilon_4 \omega_c^2 + \varepsilon_c \omega_4^2, \\ a_3 &= 2\varepsilon_c, \quad a_2 = \omega_c^2 + 4\varepsilon_c \varepsilon_4, \quad q_2 = \omega_c^2 + \bar{m}_1 \omega_1^2 + 4\varepsilon_4 \varepsilon_c, \quad (8) \\ q_3 &= 2 \quad \varepsilon_c + \bar{m}_1 \varepsilon_4, \quad \bar{m}_1 = 1 + \bar{m}. \end{aligned}$$

Для функции W_3

$$a_3 = 0, a_2 = 4\varepsilon_c \varepsilon_4.$$

Оригинал этой функции имеет вид [3]

$$F_{1t} = \sum_{k=1}^4 \frac{G_{\alpha_k}}{Q'_{\alpha_k}} e^{\alpha_k t}, \quad (9)$$

где α_k — корни полинома $Q(p)$,

a Q' — его производная по параметру p .

Тогда оригинал выходного процесса находится по формуле свертки:

$$x_{1t} = \int_0^t F_{1\tau} x_{i \quad t-\tau} d\tau = \sum_{k=1}^n \frac{G_{\alpha_k}}{Q'_{\alpha_k}} \int_0^t e^{\alpha_k \tau} x_{i \quad t-\tau} d\tau. \quad (10)$$

Например, если расчет вести без учета затухания колебаний ($\varepsilon_c = \varepsilon_4 = 0$), то

$$G_p = \omega_c^2 p^2 + q_0, \quad Q_p = p^4 + q_2 p^2 + q_0, \quad Q' = 2p(2p^2 + q_2).$$

Корни знаменателя равны:

$$\alpha_{1,2} = \pm ib_1; \quad \alpha_{3,4} = \pm ib_2,$$

где
$$b_{1,2} = \left[q_2 \pm \sqrt{q_2^2 - 4q_0} / 2 \right]^{1/2}.$$

Тогда
$$x_{1t} = \sum_{k=1}^4 \frac{\omega_c^2 \alpha_k^2 + q_0}{2\alpha_k (2\alpha_k + q_2)} \int_0^t e^{\alpha_k \tau} x_{i \quad t-\tau} d\tau.$$

Подставив в (10) конкретное воздействие $x_{n(t)}$, после интегрирования по τ определяем конкретное выражение для перемещения сиденья. Дальнейшим дифференцированием по времени полученного выражения можно определить значения виброскорости и виброускорения.

Установившиеся внешние воздействия в основном являются периодическими. Тогда колебания в системе будут гармоническими или полигармоническими. Для гармонических колебаний оператор дифференцирования $p = i\omega$. Тогда передаточная функция (5) примет вид:

$$W_{1(\omega)} = \frac{\dot{a}_0 - a_2 \omega^2 + i\omega(\dot{a}_1 - a_3 \omega^2)}{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0 + i\omega(q_1 - q_3 \omega^2)}. \quad (11)$$

В этом случае оригиналы комплексных функций также будут связаны этой передаточной функцией

$$x_i(t) = W_1(\omega) X_i(t).$$

Выделим действительную и целую части передаточной функции. Для этого числитель и знаменатель выражения (11) умножим на комплексно-сопряженный знаменатель. После алгебраических преобразований получим:

$$W_1(\omega) = U(\omega) + iV(\omega),$$

где

$$\begin{aligned} U(\omega) &= \frac{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0 \quad q_0 - a_2 \omega^2 +}{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0^2 + \omega^2 \quad q_1 - q_3 \omega^2^2}, \\ V(\omega) &= \omega \frac{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0 \quad q_1 - a_3 \omega^2 +}{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0^2 + \omega^2 \quad q_1 - q_3 \omega^2^2}. \end{aligned} \quad (12)$$

Известно, что модуль передаточной функции равен коэффициенту передачи колебаний, то есть отношению амплитуд колебаний на выходе и входе системы. Модуль передаточной функции определяется выражением:

$$|W_{1(\omega)}| = \sqrt{U(\omega)^2 + V(\omega)^2} = K_1.$$

После подстановки сюда выражения (12) и алгебраических преобразований получим:

$$K_1^2 = \frac{\omega^2 \quad \dot{a}_1 - a_3 \omega^2^2 + \dot{a}_0 - a_2 \omega^2^2}{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0^2 + \omega^2 \quad q_1 - q_3 \omega^2^2}.$$

Подставим сюда a_i, q_i согласно (8) и введем безразмерные параметры:

$$n_c = 2\varepsilon_c / \omega_c, \quad n_4 = 2\varepsilon_4 / \omega_4, \quad \lambda = \omega / \omega_c, \quad \lambda_0 = \omega_4 / \omega_c. \quad (13)$$

Теперь выражение для K_1 примет вид:

$$K_1^2 = \frac{\left[\lambda_0^2 - \lambda^2 \quad 1 + n_c n_4 \lambda_0 \right]^2 + \lambda^2 \left[\lambda_0 \quad n_4 + n_c \lambda_0 - n_c \lambda^2 \right]^2}{\left[\lambda^4 - \lambda^2 (1 + \bar{m}_1 \lambda_0^2 + n_c n_4 \lambda_0) + \lambda_0^2 \right]^2 + \lambda^2 \left[\lambda_0 (n_4 + n_c \lambda_0) - \lambda^2 (n_c + \bar{m}_1 n_4 \lambda_0) \right]^2}. \quad (14)$$

Аналогичные преобразования можно выполнить и для функции $W_3(\omega)$.

Через передаточную функцию можно определить и сдвиг фазы колебаний δ :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta &= \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = \omega \times \\ &\times \frac{(\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0)(q_1 - a_3 \omega^2) - (q_1 - q_3 \omega^2)(q_0 - a_2 \omega^2)}{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0 \quad q_0 - a_2 \omega^2 + \omega^2 (q_1 - q_3 \omega^2)(q_1 - a_3 \omega^2)}. \end{aligned} \quad (15)$$

По формулам (14) и (15) можно построить амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики выходного процесса.

При виброзащите оператора относительное перемещение сиденья

$$\delta_t = x_{nt} - x_{1t} = x_{nt} [1 - W_{1(\omega)}] = W_{0\omega} x_{nt}$$

может оказаться недопустимо большим.

Передаточная функция относительного перемещения сидения с учетом (11) и (8) будет равна:

$$W_{0(\omega)} = \frac{\omega^4 - 2\bar{m}_1 \varepsilon_4 i \omega - \bar{m}_1 \omega_4^2 \omega^2}{\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0 + i \omega (q_1 - q_3 \omega^2)}. \quad (16)$$

Тогда квадрат модуля передаточной функции

$$|W_{0(\omega)}|^2 = K_0^2 = \omega^4 \frac{\omega^2 - \bar{m}_1 \omega_4^2 + 2\bar{m}_1 \varepsilon_4 \omega^2}{(\omega^4 - q_2 \omega^2 + q_0)^2 + \omega^2 q_1 - q_3 \omega^2}.$$

Подставляя сюда q_i по формулам (8) и переходя к безразмерным параметрам, получим

$$K_0^2 = \lambda^4 \frac{\lambda^2 - \bar{m}_1 \lambda_0^2 + \lambda \bar{m}_1 n_4 \lambda_0}{\left[\lambda^4 - \lambda^2 (1 + \bar{m}_1 \lambda_0^2 + n n_4 \lambda_0 + \lambda_0^2) \right]^2 + \lambda^2 \left[\lambda_0 n_4 + n \lambda_0 - \lambda^2 n + \bar{m}_1 n_4 \lambda_0 \right]^2}. \quad (17)$$

Так как при расчете систем виброзащиты требуется только определение амплитудных значений вибрации сидения, то через коэффициенты передач можно решить все задачи расчета системы виброизоляции оператора при гармонических колебаниях. Для выбора параметров средств

виброзащиты необходимо знать тенденцию изменения этих коэффициентов в зависимости от упругих и диссипативных параметров виброизолятора. В коэффициенты передач эти параметры входят через безразмерные частоты λ и λ_0 и относительный коэффициент демпфирования n .

Составлена программа расчетов коэффициентов передач по формулам (14) и (17). Расчеты проведены при $n_q = 0,47$, $\bar{m}_1 = 5,375$ и различных n , λ_0 и λ , охватывающих всю область изменения упруго-диссипативных свойств типовых линейных виброизоляторов.

Из анализа результатов видно, что с ростом λ коэффициент K_1 растет до $\lambda = 0,75$ (K_0 — до $\lambda = 1$), затем уменьшается. Начиная с безразмерной частоты $\lambda = 1,5$ для всего диапазона изменения параметров K_1 становится меньше единицы, то есть выполняется условие эффективности системы виброзащиты. С увеличением относительного демпфирования n пиковые значения коэффициентов передач значительно уменьшаются: в 2,26 раза при $\lambda_0 = 0,5$ и 1,61 раза при $\lambda_0 = 3$. Однако в области эффективности системы виброзащиты ($\lambda > 1,5$) с ростом n происходит незначительное увеличение коэффициентов. Эта тенденция растет с ростом отношения частот. Так, при $\lambda = 1,5$ K_1 растет в 1,23 раза, а при $\lambda = 4$ в 2,22 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике: Справочник. Т.6 / Под ред. К.В. Фролова. М.: Машиностроение, 1981. 456 с.
2. Кызыров К.Б., Таткеева Г.Г. Горизонтальные колебания системы «человек — машина» / КарГТУ // Труды университета. Караганда, 2001. №1. С. 54-55.
3. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. М.: Наука, 1971. 288 с.

УДК 621.972-82

Б.Н. ГЛОТОВ

Тенденции развития показателей гидравлических ручных молотков

В последние годы в различных отраслях производства наряду с пневматическими и электрическими молотками широко используются гидравлические ручные молотки. Разработкой и выпуском последних занимается более 23 фирм дальнего и ближнего зарубежья, а количество выпускаемых моделей превысило 110 видов. При этом показатели назначения существующих моделей изменяются в достаточно широком диапазоне.

Следует отметить, что совокупность показателей назначения характеризует свойства молотков, определяет основные функции и обуславливает область применения. Так, при выполнении легких работ применяются гидравлические молотки с невысокой энергией удара (22-40 Дж) и, следовательно, обладающие небольшой массой (8-10 кг). С ростом энергии удара (до 160-185 Дж) возрастает и масса молотков (до 36-39 кг).

Процесс создания конкурентоспособной техники требует постоянной оценки технического уровня гидравлических ручных молотков с целью прогнозирования перспективных показателей

назначения и обоснования решения об их выпуске и использовании. Однако рекомендации по разделению гидравлических ручных молотков на классы, выбору базовых значений показателей в нормативной документации отсутствуют, а выполненные в этом направлении исследования [1, 2, 3] нуждаются в корректировке с учетом появления новой информации.

Методика оценки технического уровня базируется на статистическом анализе параметрической информации [3, 4], предусматривающем: сбор информации; установление рациональной номенклатуры показателей назначения; выявление возможных классов машин и выполнение их статистического анализа, включая определение базовых значений показателей и коэффициентов их весомости; формирование функции коэффициента технического уровня (K_{my}) и определение его значений.

Параметрическая информация по гидравлическим ручным молоткам, включающая показатели назначения машин, выпущенных в последние годы

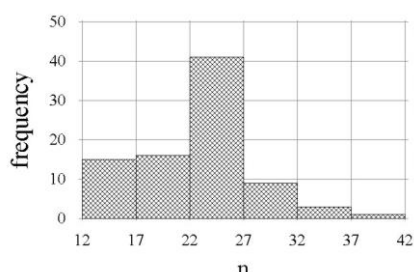
ведущими зарубежными фирмами и разработанных в КарГТУ, представлена массивом из 85 моделей, характеризующихся 9 показателями. Этот массив подвергался статистической обработке с использованием пакета прикладных программ STATGRAPHICS.

Наглядную картину распределения показателей дает информация, полученная в виде гистограмм, приведенных на рисунке, модальный интервал которых, представленный в табл. 1, является прогнозным значением исследуемого показателя на краткосрочную перспективу.

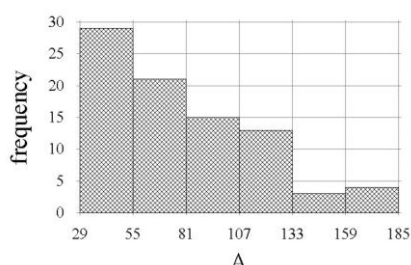
Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА МОДАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РУЧНЫЕ МОЛОТКИ

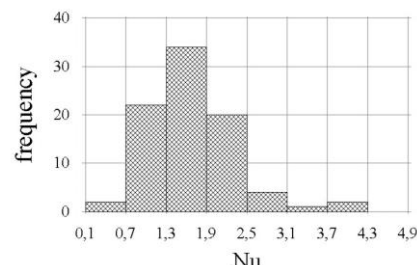
Наименование и обозначение показателя	Характеристика модального интервала		Количество моделей в интервале	Вероятность попадания в интервал
	диапазон	середина		
Частота ударов, n , Гц	22-27	24,5	41	0,4824
Энергия удара, A , Дж	29-55	42	29	0,3412
Ударная мощность, N_u , кВт	1,3-1,9	1,6	34	0,4
Подача насоса, $Q \cdot 10^{-4}$, м ³ /с	3,2-4,1	3,65	44	0,5176
Давление насоса P , МПа	9,9-11,2	10,55	32	0,3765
Мощность привода, $N_{пр}$, кВт	3,6-4,8	4,20	29	0,3412
Оценка КПД, η	0,28-0,42	0,35	61	0,7176
Масса, M , кг	11,9-16,4	14,15	24	0,2824
Длина L , мм	585-610	635	26	0,3059



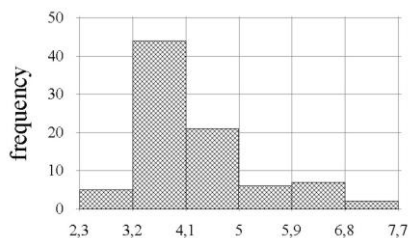
а)



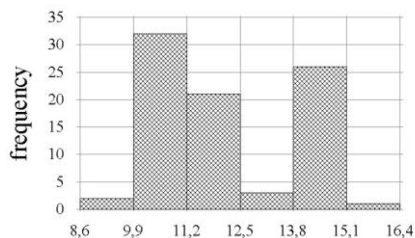
б)



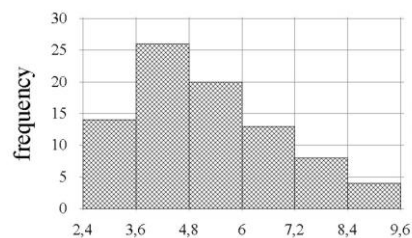
в)



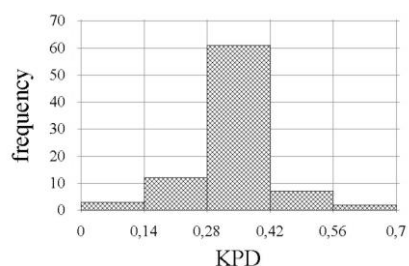
г)



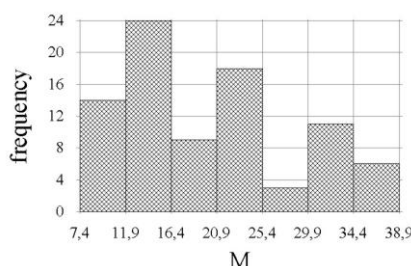
д)



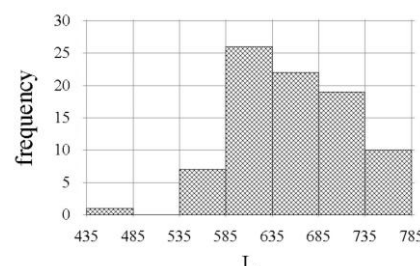
е)



з)



и)



к)

а — для частоты ударов поршня-бойка; б — для энергии удара; в — для ударной мощности; г — для подачи насоса; д — для давления насоса; е — для мощности привода; з — для оценки КПД; и — для массы; к — для длины

Гистограммы распределения числа моделей гидравлических ручных молотков

Анализ полученных числовых характеристик и гистограмм, отражающих динамику изменения показателей назначения, показывает, что среднестатистический гидравлический молоток имеет энергию боя 42 Дж, частоту ударов 24,5 Гц, массу 14 кг, при давлении и подаче насоса гидропривода соответственно 10,5 МПа и 0,000365 м³/с, а разброс в

значениях показателей отражает реальную картину, описывающую современное поколение ручных гидравлических молотков.

Учитывая широкий диапазон изменения показателей назначения, для выделения статистически однородных групп моделей выполнялся кластерный анализ ручных гидравлических молотков, выявивший

четыре класса, границы которых приведены в табл. 2. Причем в первом классе машин выделено 4 подкласса, а во втором классе — два подкласса. Из анализа табл. 2 следует, что наиболее представительным является первый класс, насчитывающий 45 моделей, а распределение гидравлических ручных молотков в подклассах примерно равное. Такое положение, по-видимому, характеризует потребность рынка в машинах данных классов.

Статистическая обработка, выполненная для выделенных классов и подклассов, и анализ гистограмм, полученных по основным показателям, позволили выявить модальные интервалы и средние геометрические значения показателей, рассчитанные по модальным интервалам и по всему классу машин, которые могут использоваться в качестве базовых при оценке технического уровня, характеристики которых представлены в табл. 3.

Таблица 2

ГРАНИЦЫ КЛАССОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РУЧНЫХ МОЛОТКОВ

Класс	Подкласс	Число моделей в подклассе	Значение классификационных показателей			
			энергия удара, Дж		масса, кг	
			min	max	min	max
1	1	14	30	42	7,5	15,9
	2	10	45	50	9,0	21,0
	3	12	53	63	12,0	18,0
	4	9	63	70	14,0	26,0
2	1	9	75	85	14,0	25,0
	2	10	90	102	14,0	25,8
3		17	105	140	22,0	36,0
4		4	160	183	32,0	38,0

На основании полученных результатов стратегию совершенствования гидравлических ручных молотков можно сформулировать следующим образом. При общей тенденции к снижению массы и длины машин повышение КПД осуществляется за счет повышения ударной мощности (а следовательно, и производительности) и снижения мощности гидропривода. Причем повышение ударной

мощности осуществляется преимущественно за счет повышения частоты ударов бойка, а снижение мощности гидропривода — за счет снижения подачи насоса.

Учитывая, что современная ручная машина характеризуется множеством единичных показателей, при оценке технического уровня целесообразно пользоваться обобщенными показателями. В качестве такого обобщенного показателя можно использовать коэффициент технического уровня $K_{ту}$, который характеризует разрабатываемую машину в сравнении с лучшими существующими образцами той же классификационной группы и функционального назначения [4]. Результаты выполненного анализа позволили сформировать функции $K_{ту}$ для рассматриваемых типов машин в виде [5]

$$K_{ту} = \gamma_{1j} \left(\frac{Q}{Q_{\delta j}} \right) + \gamma_{2j} \left(\frac{n}{n_{\delta j}} \right) + \gamma_{3j} \left(\frac{P}{P_{\delta j}} \right) + \gamma_{4j} \left(\frac{M_{\delta j}}{M} \right) + \gamma_{5j} \left(\frac{L_{\delta j}}{L} \right),$$

где $n_{\delta j}$, $M_{\delta j}$, $L_{\delta j}$, $Q_{\delta j}$, $P_{\delta j}$ — соответственно, базовые значения показателей: подача насоса, частота ударов поршня-бойка, давление насоса, масса, длина.

Результаты расчетов $K_{ту}$ для гидравлических ручных молотков рассматриваемых классов позволили установить, что он изменяется в диапазоне 0,881...1,228. Полученные значения позволяют выбрать наиболее совершенные по показателям назначения модели, которым соответствуют большие значения $K_{ту}$.

Использование полученных результатов при разработке ручных гидравлических молотков в КарГТУ позволило обеспечить их конкурентоспособные показатели. Так, опытные образцы ручных гидравлических молотков типа РГМ-5, РГМ-6 и ИГ-4601 имеют значения $K_{ту}$, равные соответственно 1,077, 1,047, 1,02, и входят в тройку лучших моделей в своих классах.

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКА МОДАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ И СРЕДНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РУЧНЫХ МОЛОТКОВ

Показатель	Класс	Подкласс	Диапазон модального интервала	Число моделей в интервале	Среднее геометрическое значение показателя	
					по модальному интервалу	по всему классу (подклассу)
1	2	3	4	5	6	7
Энергия удара, А, Дж	1	1	34,6-37,4	7	36,0	37,43
		2	44,0-45,4	4	45,0	46,96
		3	54,4-56,8	4	55,24	57,65
		4	63,8-65,6	4	65,0	66,73
	2	1	80-85	5	84	78
		2	88-92	4	90	95
	3	1	108-116	7	113	120
Частота ударов, n, Гц	1	1	22,5-27,0	7	24,4	25,9
		2	23,0-25,0	6	24,14	26,93
		3	22,0-25,0	6	24,04	25,47
		4	24,4-27,0	6	26,3	23,3
	2	1	22,0-26,0	4	24,2	22,0
		2	20,0-25,0	4	23,1	19,3
	3	1	14,0-16,0	6	15,8	18,9

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Ударная мощность, N_y , кВт	1	1	0,68-0,96	6	0,8	0,99
		2	1,38-1,5	4	1,4	1,3

	2	3	1,3-1,42	5	1,38	1,48
		4	1,5-1,75	6	1,65	1,55
		1	1,6-1,9	4	1,8	1,85
		2	2,2-2,4	4	2,3	1,8
	3	1	2,15-2,3	6	2,25	2,27
		1	3,1-3,8	7	3,35	3,44
		2	3,2-4,1	6	3,57	4,24
		3	2,9-3,34	6	3,25	3,68
Подача насоса, $Q \cdot 10^{-4}$, м ³ /с	1	4	3,2-4,1	7	3,47	3,88
		1	4,0-5,0	5	5,0	4,7
		2	3,0-4,0	4	3,6	4,7
		3	4,6-5,4	7	5,0	4,7
Давление насоса, P , МПа	1	1	9,94-10,98	9	10,0	10,59
		2	9,9-10,95	7	10,2	10,99
		3	9,9-10,74	5	10,0	11,33
		4	13,46-14,1	4	14,0	12,54
	2	1	12,0-13,0	5	12,7	12,1
		2	12,0-14,0	5	14,0	13,0
		1	13,2-14,6	7	14	12,7
		3	1	7	14	12,7
Мощность привода, N_n , кВт	1	1	3,1-3,8	7	3,36	3,64
		2	3,2-4,43	5	3,7	4,69
		3	3,54-4,18	5	3,76	4,17
		4	3,9-5,0	7	4,3	4,88
	2	1	4,0-5,5	4	4,8	5,6
		2	4,0-5,0	3	4,6	7,5
		1	6,0-6,5	4	6,32	5,97
		3	1	4	6,32	5,97
Значение КПД	1	1	0,25-0,35	7	0,3	0,27
		2	0,2-0,3	4	0,2	0,37
		3	0,34-0,42	8	0,4	0,35
		4	0,37-0,45	6	0,4	0,32
	2	1	0,2-0,3	5	0,3	0,3
		2	0,2-0,4	5	0,34	0,3
		1	0,35-0,45	9	0,4	0,377
		3	1	9	0,4	0,377
Масса, M , кг	1	1	8,83-10,27	7	9,5	10,27
		2	11,34-13,78	4	12,65	12,95
		3	11,9-12,95	5	12,0	13,97
		4	18,78-21,22	3	19,4	19,24
	2	1	23,0-26,0	5	24,3	21,3
		2	24,0-26,0	3	25,0	20,0
		1	30,5-33,5	6	31,4	30,4
		3	1	6	31,4	30,4
Длина, L , м	1	1	604-638	5	625	653
		2	551-609	5	577	579
		3	588-616	6	600	619
		4	633-649	5	638	630
	2	1	660-685	5	681	675
		2	685-710	4	698	682
		1	745-765	6	762	711
		3	1	6	762	711

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янцен И.А., Глотов Б.Н., Талипбеков А.Д. К оценке уровня качества ручных гидравлических молотков // Качество и эффективность функционирования транспортных предприятий. Караганда: КарПТИ, 1993. С. 29-35.
2. Глотов Б.Н., Пивень Э.Г. Оценка технического уровня импортозамещающих и экспортоориентированных гидравлических ручных машин и гидроперфораторов // Труды университета. Вып. 2. Караганда: КарГТУ, 1997. С. 99-103.
3. Тулебаев А.К., Пивень Г.Г., Янцен И.А. и др. Практическая реализация результатов методологических и теоретических исследований в прогнозировании развития машиностроения Республики Казахстан при диверсификации машиностроительных предприятий. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2000. 200 с.
4. Клок А.Б., Глотов Б.Н., Банцекин Е.А. Разработка методики безэкспертной оценки технического уровня машиностроительной продукции // Труды университета. Вып. 4. Караганда: КарГТУ, 1999. С. 79-81.
5. Клок А.Б., Глотов Б.Н. Основы создания средств автоматизации предпроектной стадии разработки гидравлических импульсных систем // Материалы III международного научного симпозиума «Ударно-вибрационные системы, машины и технологии». Орел: Орловский ГТУ, 2006. С. 80-86.

УДК 622.232.001.12:548

А.Ю. КЛИМОВ

Эффективность работы насосно-аккумуляторного привода передвижки механизированного комплекса

Процесс крепления в комбайновых лавах можно сформулировать в терминах теории массового обслуживания [1].

Рассмотрим входящий поток требований на обслуживание. Пусть ширина секции крепи равна d метрам. Тогда, если комбайн пройдет расстояние,

необходимое для постановки одной секции крепи, то это расстояние можно рассматривать как требование на обслуживание. Совокупность таких отрезков лавы длиной d , проходимых комбайном, образует входящий поток требований на обслуживание, который поступает к звену крепильщиков. Звено крепильщиков n следует рассматривать как многоканальную систему массового обслуживания. Обслуживающим каналом здесь является отдельный крепильщик — исполнитель процесса. Один рабочий может одновременно устанавливать одну крепь или обслуживать только одно требование.

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

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

При этом, если требований окажется больше q , то каждое последующее требование $q + 1$, $q + 2$ и т.д. получит отказ, т.е. будет вынуждено покинуть систему не обслуженным.

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

Так как входящий поток, по предположению, является пуассоновским с интенсивностью λ , то вероятность того, что за время t в систему поступит k требований [2]:

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

Тогда вероятность $p_0(\alpha)$ того, что все обслуживающие каналы свободны, равна

$$p_0(\alpha) = \frac{n - \alpha}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{n-k}{k!} \alpha^k - \frac{\alpha^{q+1}}{n!n^s}}, \quad (2)$$

где $\alpha = \lambda / \mu$.

Вероятность $p_q(\alpha)$ того, что поступившее требование получит отказ, т.е. не будет принято к обслуживанию:

$$p_q(\alpha) = \frac{\alpha^q}{n!n^s} p_0. \quad (3)$$

Среднее число свободных от обслуживания каналов

$$M(\alpha) = n - \alpha(1 - p_q). \quad (4)$$

Оценим эффективность применения насосно-аккумуляторного привода передвижки крепи механизированного комплекса «Пиома-25/45-03» при выемке пласта угля мощностью 4,5 м по челноковой схеме в сравнении с существующим насосным приводом.

Продолжительности рабочих операций передвижки секций крепи при насосном приводе характеризуются интенсивностями $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_8$, а при насосно-аккумуляторном приводе — $\mu'_1, \mu'_2, \dots, \mu'_8$, т.е. количество рабочих операций в обоих случаях одинаково и равно восьми.

Сумма продолжительностей рабочих операций по передвижке составляет время обслуживания крепи, так что процесс обслуживания очередного требования имеет в первом случае интенсивность μ , а во втором — μ' . Здесь параметры со штрихами относятся к насосно-аккумуляторному приводу.

Интенсивности передвижки секций крепи соответственно при насосном и насосно-аккумуляторном приводах для эрланговского потока [3] восьмого порядка будут

$$\mu = \frac{\prod_{v=1}^8 \mu_v}{\sum_{i=1}^8 \frac{\prod_{v=1}^8 \mu_v}{\mu_i}} \quad \text{и} \quad \mu' = \frac{\prod_{v=1}^8 \mu'_v}{\sum_{i=1}^8 \frac{\prod_{v=1}^8 \mu'_v}{\mu'_i}}, \quad (5)$$

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

Выполним оценку эффективности насосно-аккумуляторного привода с учетом данных, полученных при хронометражных наблюдениях и при моделировании [4].

С учетом результатов хронометражных наблюдений и моделирования и с использованием формул (5) определены параметры интенсивности обслуживания, которые оказались соответственно равными: $\mu = 1,06$ и $\mu' = 1,30$. При средней скорости подачи комбайна $v_n = 2$ м/мин и ширине основания крепи $d = 2$ м интенсивность потока требований на обслуживание $\lambda = 1/\tau = 1$, где $\tau = d/v_n = 1$ мин — средний промежуток времени между двумя очередными требованиями. Если допустимая длина незакрепленного участка лавы составляет $D = 10$ м, то максимально допустимая очередь требований на обслуживание будет $s = D/d = 5$ и $q = s + n = 7$, где q — число требований, одновременно находящихся на обслуживании и в очереди, а $n = 2$ — число обслуживающих каналов.

Тогда с учетом формул (2) и (4) определим следующие характеристики процесса работы механизированного комплекса соответственно при насосном и насосно-аккумуляторном приводах: вероятность того, что все обслуживающие каналы свободны — 0,357 и 0,444; вероятность того, что поступившее требование получит отказ — 0,004 и 0,001; среднее число свободных обслуживающих каналов — 1,054 и 1,231.

Полученные вероятностные оценки работы механизированного комплекса с насосно-аккумуляторным приводом передвижки не учитывают экономического аспекта его работы. Для определения экономической эффективности нового привода необходимо иметь для сравнения значения экономического критерия (одного или нескольких), характеризующего процесс обслуживания в рассматриваемой системе. С этой целью воспользуемся методикой, предложенной в работе [1].

Пусть средняя скорость движения комбайна в лаве $v_{нсп}$, полезная глубина захвата r и выемочная мощность пласта h . Тогда в единицу времени (например в 1 мин) комбайном можно добыть количество тонн угля, равное

$$\omega = v_{нсп} r h_n \gamma, \quad (6)$$

где γ — объемная плотность угля в массиве.

Тогда и потери добычи угля, когда комбайн простаивает, также равны ω тонн (в 1 мин).

Простой комбайна из-за отставания крепления характеризуется вероятностью остановки $p_q(\alpha)$. Если λ интенсивность потока требований, который генерирует требование образующий орган, то величина $\lambda p_q(\alpha)$ есть среднее количество потерянных требований.

Величина λ равна числу отрезков лавы d , которые проходит комбайн за единицу времени при средней скорости подачи $v_{нсп}$. Одно требование соответствует длине лавы d метров. За это время комбайн добывает $d r h_n \gamma$ тонн угля. Если отпускная цена 1 т угля по прейскуранту (или фактическая) равна Π тенге, то потеря одного требования в денежном выражении окажется равной $d r h_n \gamma \Pi$ тенге. Тогда стоимость потерь добычи из-за отставания процесса крепления за комбайном в единицу времени будет

$$S_1 = \lambda p_q(\alpha) \omega_1, \quad (7)$$

где $\omega_1 = d r h_n \gamma \Pi$.

С другой стороны, простой крепильщиков (каналов обслуживания) приносит издержки. Пусть стоимость содержания одного крепильщика в единицу времени составляет $\omega_2 = Z_p / (60 n_{вх} n_c)$ тенге, где Z_p — месячная заработная плата крепильщика, а среднее число простаивающих крепильщиков при установившемся режиме процесса $M(\alpha)$. Тогда издержки, которые приносит системе простой части рабочих в единицу времени, будут

$$S_2 = M(\alpha) \omega_2. \quad (8)$$

Сумма общих издержек, которые несет система в единицу времени, определится как

$$z_n(\alpha) = S_1 + S_2$$

или

$$z_n(\alpha) = \lambda p_q(\alpha) \omega_1 + M(\alpha) \omega_2. \quad (9)$$

За смену эти издержки будут

$$Z_n(\alpha) = [\lambda p_q(\alpha) \omega_1 + M(\alpha) \omega_2] T_c, \quad (10)$$

где T_c — длительность смены.

Используя формулу (10) для насосного и насосно-аккумуляторного приводов, определим величину снижения издержек за смену от применения нового привода

$$\Delta Z_n(\alpha) = Z_n(\alpha) - Z'_n(\alpha), \quad (11)$$

где $Z_n(\alpha)$ и $Z'_n(\alpha)$ — соответственно издержки за смену для насосного и насосно-аккумуляторного приводов, рассчитываемые по формуле (10) с использованием соответствующих значений $p_q(\alpha)$, $M(\alpha)$ и $p'_q(\alpha)$, $M'(\alpha)$.

Тогда годовой экономический эффект от внедрения насосно-аккумуляторного привода составит

$$\Theta = \Delta Z_n(\alpha) n_c n_{вх} n_m, \quad (12)$$

где n_c — количество рабочих смен;

$n_{вх}$ — среднее число рабочих дней в месяце;

n_m — число месяцев в году.

Согласно рис. 1, а, издержки в единицу времени от простоя комбайна из-за отказа в обслуживании очередного требования для обоих приводов растут с увеличением средней скорости подачи комбайна, так как при этом растет интенсивность отказов и, следовательно, увеличиваются потери добычи угля. Однако интенсивность роста издержек и их величина при использовании насосно-аккумуляторного привода передвижки (кривая 2) меньше, чем для насосного привода (кривая 1).

Издержки от простоя каналов обслуживания (крепильщиков) (рис. 1, б) с увеличением средней скорости подачи комбайна снижаются, так как при этом возрастает вероятность того, что все каналы заняты обслуживанием поступивших в систему требований, причем для насосно-аккумуляторного привода (кривая 2) эти издержки выше, чем для насосного (кривая 1). Величина же издержек от простоя крепильщиков значительно ниже издержек от потери добычи угля из-за простоя комбайна.

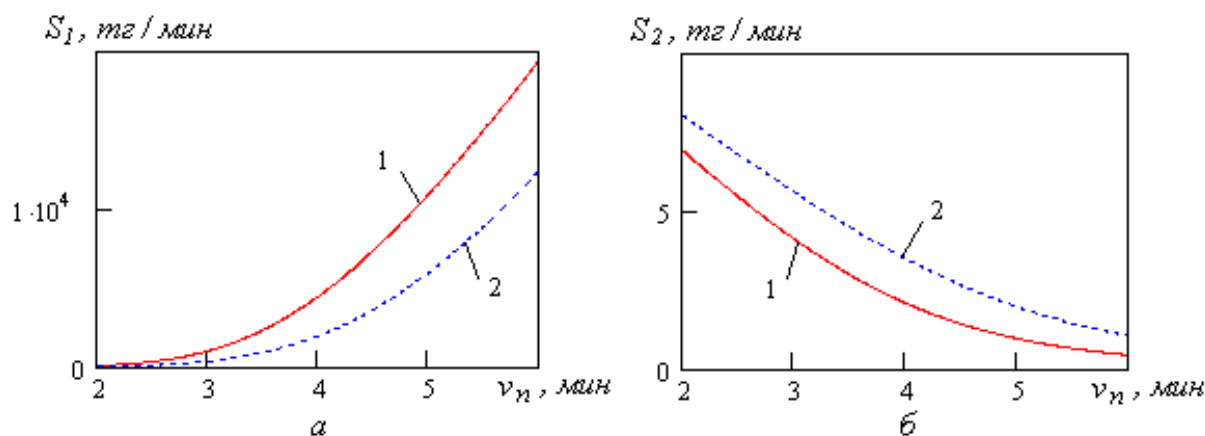
На рис. 2 приведены суммарные издержки от потери добычи угля и от простоя крепильщиков за смену и изменение годового экономического эффекта при использовании насосно-аккумуляторного привода от средней скорости подачи комбайна.

Как следует из рис. 2, а, разница между издержками при использовании насосного и насосно-аккумуляторного привода передвижки крепи, т.е. экономия на издержках (кривая 3) возрастает с увеличением средней скорости подачи комбайна.

Годовой экономический эффект от использования насосно-аккумуляторного привода передвижки (рис. 2, б) с увеличением средней скорости подачи от 2 до 6 м/мин возрастает от 0 до

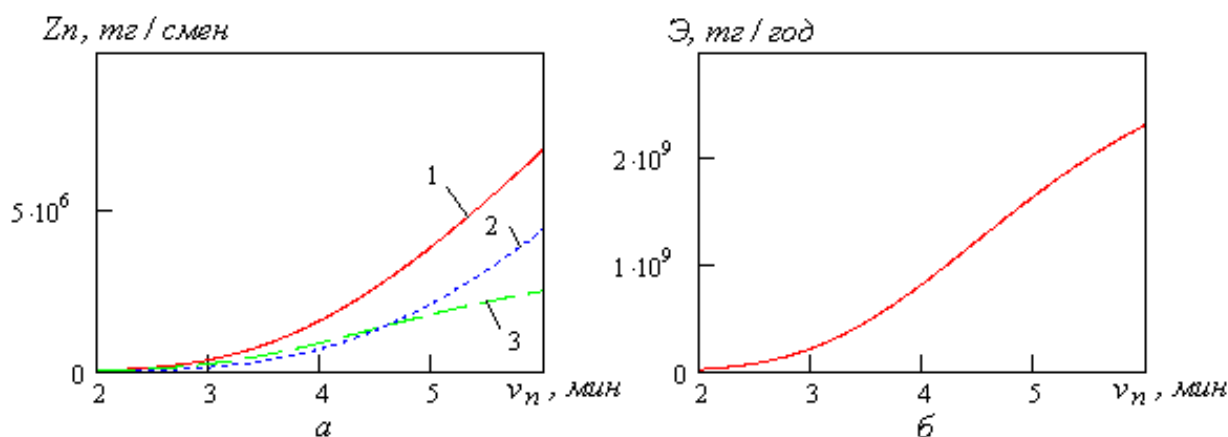
2,3 млрд. тенге. При реальной средней скорости подачи, которую обеспечивает современный очистной комбайн типа SL-500 при выемке пласта мощностью 4,5-5 м, равной 4 м/мин,

экономический эффект составит 827 млн. тенге в год. При стоимости одной тонны угля 2000 тенге это равносильно увеличению добычи угля на 413 тыс. тонн в год.



1, 2 — соответственно при использовании насосного и насосно-аккумуляторного приводов

Рис. 1. Издержки от простоя комбайна (а) и от простоя каналов обслуживания (б) в единицу времени



1, 2 — соответственно для насосного и насосно-аккумуляторного приводов;
 3 — экономия в издержках при использовании насосно-аккумуляторного привода

Рис. 2. Изменение суммарных сменных издержек (а) и годового экономического эффекта (б) от средней скорости подачи комбайна

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шульга Ю.Н., Суслов О.П., Анохин В.С. Применение методов теории массового обслуживания при исследовании процессов добычи и транспортирования угля. М.: Недра, 1971. 159 с.
2. Саульев В.К. Математические модели теории массового обслуживания. М.: Статистика, 1979. 96 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 399 с.
4. Моделирование насосно-аккумуляторного привода передвижки крепи механизированного комплекса / Ю.И. Климов, Н.А. Дрижд, А.Ю. Климов и др. // Материалы III межд. науч. симп. «Ударно-вибрационные системы, машины и технологии». Орел: ОрелГТУ, 2006. С. 250-255.

ӘОЖ 539.3

М. НЕМЕРЕБАЕВ

Композит материалдан жасалған цилиндр тәрізді тор көзді қабыршықты еркін тербеліске есептеу

Құрылымдар материалдарының толық мүмкіншілігін пайдалану барысында сан түрлі талаптар қойылуда, ол негізінен құрылымдарды сызықсыз жағдайда жұмыс істеуіне байланысты. Соның ішінде композит материалдан жасалған қабыршықтың орны бөлек. Көп қабатты арматураланған композит материалдан жасалған қабыршықтарға арналған еңбектерге талдау жасап, құрылымдардың иілу қатандығын ұлғайтуға арналған тор көзді құрылымдардың есептеу тәсілдерін анықтау қажеттілігі туындайды.

Қарастырып отырған жұмыста жұқа қабырғалы құрылымдардың қабырғасының иілу қатандығын жоғарлатуға арналған композит материалдан жасалған тор көзді цилиндр тәрізді қабыршықты қарастырамыз. Киргхов-Ляв кинематикалық моделі негізінде қабыршыққа техникалық теорияның қолдану аясы қарастырылады. Тор көзді қабыршықты ортотропты деп, одан туындайтын еркін тербелісінің теңдеуін сызықтыққа келтірілген теңдеу негізінде [1] сәйкес қабылдаймыз:

$$\frac{\partial T_{11}}{\partial x} + \frac{\partial T_{21}}{\partial y} + P_1 + X_1 = 0;$$

$$\frac{\partial T_{12}}{\partial x} + \frac{\partial T_{22}}{\partial y} + \frac{1}{R} \left(\frac{\partial M_{22}}{\partial y} + \frac{\partial M_{12}}{\partial x} \right) + P_2 + X_2 + \frac{1}{R} \hat{O}_1 + F_1 = 0; \quad (1)$$

$$\frac{T_{22}}{R} - \frac{\partial^2 M_{11}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 M_{12} + M_{21}}{\partial x \partial y} =$$

$$= P_3 + X_3 + \frac{\partial}{\partial x} \hat{O}_2 + F_2 + \frac{\partial}{\partial y} \hat{O}_1 + F_1.$$

Мұндағы күштер мен моменттер u , ϑ және w орын ауыстырулары арқылы төменгі түрде қабылдаймыз:

$$T_{11} = C_{11} \frac{\partial u}{\partial x} + C_{12} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{w}{R} \right) - \frac{D_{11}}{R} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2};$$

$$T_{22} = C_{22} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{w}{R} \right) + C_{12} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{D_{22}}{R} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{w}{R^2} \right);$$

$$T_{12} = C_{66} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{D_{66}}{R} \left(\frac{1}{R} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} - \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right);$$

$$T_{21} = C_{66} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{D_{66}}{R} \left(\frac{1}{R} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right);$$

$$M_{11} = -D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - D_{12} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{D_{11}}{R} \frac{\partial u}{\partial x}; \quad (2)$$

$$M_{22} = -D_{22} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{w}{R} \right) - D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2};$$

$$M_{12} = -2D_{66} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \frac{1}{R} \frac{\partial g}{\partial x} \right);$$

$$M_{21} = -D_{66} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2R} \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{1}{2R} \frac{\partial g}{\partial x} \right).$$

$$\text{Инерция күштерді } \gamma_x = -\frac{\partial w}{\partial x}; \quad \gamma_y = -\left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{g}{R} \right)$$

негізінде [2] сәйкес қабылдап, қабыршықтың екі жағынан бір қалыпты таралған ендік сығушы күш $P(t)$ әсер етіп қырларында бірқалыпты кернеулік күй тудыратындықтан мәні $T_{11}^0 = -P$. Сонымен бірге қабырғаларына сырттай сығушы қысым $q(t)$ әсер етіп, дағдарысқа дейінгі бір қалыпты кернеулік күй тудырады деп қарастырамыз да, мәнін $T_{22}^0 = -qR$ деп алып, төменгі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{aligned} & C_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left(C_{66} + \frac{D_{66}}{R^2} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + C_{12} + C_{66} \frac{\partial^2 g}{\partial x \partial y} + \frac{C_{12}}{R} \frac{\partial w}{\partial x} - \\ & - \frac{D_{11}}{R} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \frac{D_{66}}{R} \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + T_{11}^0 \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial y} + \frac{1}{R} \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \\ & + T_{22}^0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial w}{\partial x} \right) = \frac{2\rho h \delta}{a} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{h^2}{12R} \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial t^2} \right); \\ & C_{22} \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} + \left(C_{66} + \frac{3D_{66}}{R^2} \right) \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + C_{12} + C_{66} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \\ & + \frac{C_{22}}{R} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{D_{12} + 3D_{66}}{R} \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + T_{11}^0 \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + T_{22}^0 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = \\ & = \frac{2h\delta}{a} \rho \left(\frac{\partial^2 g}{\partial t^2} - \frac{h^2}{6R} \frac{\partial^3 w}{\partial y \partial t^2} \right); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \left(C_{12} + 2D_{66} \right) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \\ & + \frac{C_{12}}{R} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{C_{22}}{R} \frac{\partial g}{\partial y} + \frac{C_{22}}{R^2} w + \frac{2D_{22}}{R^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{D_{22}}{R^4} w - \\ & - \frac{D_{11}}{R} \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} + \frac{D_{66}}{R} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y^2} - \frac{D_{12} + 3D_{66}}{R} \frac{\partial^3 g}{\partial x^2 \partial y} - \\ & - T_{11}^0 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - T_{22}^0 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{w}{R} \right) = -\frac{2h\delta}{a} \rho \left[\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \right. \\ & \left. - \frac{h^2}{12} \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^2 \partial t^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial^3 u}{\partial x \partial t^2} - \frac{2}{R} \frac{\partial^3 g}{\partial y \partial t^2} \right) \right]. \end{aligned}$$

Мұнда серпінділік қатаңдықтар [3] сәйкес

$$D_{11} = \frac{2}{a} EJ_y \cos^4 \varphi + GJ_\rho \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi;$$

$$D_{12} = \frac{2}{a} EJ_y - GJ_\rho \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi;$$

$$D_{66} = \frac{2}{a} EJ_y + GJ_\rho \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi;$$

$$D_{22} = \frac{2}{a} EJ_y \sin^4 \varphi + GJ_\rho \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi;$$

$$C_{11} = \frac{2}{a} \left(EA \cos^4 \varphi + \left(\frac{1}{GA} + \frac{\ell^2}{3EJ_z} \right)^{-1} \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi \right); \quad (4)$$

$$C_{12} = \frac{2}{a} \left(EA - \left(\frac{1}{GA} + \frac{\ell^2}{3EJ_z} \right)^{-1} \right) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi;$$

$$C_{22} = \frac{2}{a} \left(EA \sin^4 \varphi + \left(\frac{1}{GA} + \frac{\ell^2}{3EJ_z} \right)^{-1} \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi \right);$$

$$C_{66} = \frac{2}{a} \left(EA \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + \left(\frac{1}{GA} + \frac{\ell^2}{3EJ_z} \right)^{-1} \cos^4 \varphi \right).$$

Мұнда $A = h\delta$ тор жасаушы сырықтардың ауданы α — сырықтың ара қашықтығы, φ — қабыршық жасаушысының құрайтын сырықтар мен x өсінің арасындағы бұрыш, h — сырықтың биіктігі, δ — сырықтың ені.

$x = 0$ және $x = L$ мәндерінде қабыршықтың екі қыры еркін байланыста деп, сонымен өске симметриялық емес кернеу — деформациялық күйінің бір тұтасығын ескеріп,

$$x = 0, x = L \text{ мәндерінде } T = 0, g = 0, w = 0, M_{11} = 0. \quad (5)$$

(4) теңдеуді (5) шептік жағдайда төменгі қатар қанағаттандырады деп қабылдап:

$$U(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left[U_{mn} t \cos \beta_n y + \bar{U}_{mn} t \sin \beta_n y \right] \cos \alpha_m x;$$

$$V(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left[V_{mn} t \sin \beta_n y - \bar{V}_{mn} t \cos \beta_n y \right] \sin \alpha_m x; \quad (6)$$

$$W(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left[W_{mn} t \cos \beta_n y + \bar{W}_{mn} t \sin \beta_n y \right] \sin \alpha_m x,$$

$$\text{мұнда } \alpha_m = \frac{\pi m}{L}; \quad \beta_n = \frac{n}{R}.$$

Мақалада негізінен қабыршықтың иілу тербелісін қарастыруымызға байланысты $T_{11}^0 = 0$ $T_{22}^0 = 0$ мәндерінде U_{mn} , V_{mn} , W_{mn} белгісіздері арқылы теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{aligned} & \left[\alpha_m^2 C_{11} + \beta_n^2 \left(C_{66} + \frac{D_{66}}{R^2} \right) \right] U_{mn} - \alpha_m \beta_n C_{12} + C_{66} V_{mn} = \\ & = \frac{\alpha_m}{R} C_{12} + \alpha_m^2 D_{11} - \beta_n^2 D_{66} W_{mn}; \\ & \left[\beta_n C_{22} + \alpha_m^2 \left(C_{66} + \frac{3D_{66}}{R^2} \right) \right] V_{mn} - \alpha_m \beta_n C_{12} + C_{66} U_{mn} = \\ & = \frac{\beta_n}{R} [C_{22} + \alpha_m^2 D_{12} + 3D_{66}] W_{mn}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\left[D_{11}\alpha_m^4 + 2 D_{12} + 2D_{66} \alpha_m^2\beta_n^2 + D_{22}\beta_n^4 - \frac{2D_{22}}{R^2} \beta_n^2 + \right. \\ \left. + \frac{D_{22}}{R^4} + \frac{C_{22}}{R^2} \right] W_{mn} - \frac{\alpha_n}{R} C_{12} + D_{11}\alpha_m^2 - D_{66}\beta_n^2 U_{mn} + \\ + \frac{\beta_n}{R} [C_{22} + D_{12} + 3D_{66} \alpha_m^2] V_{mn} = -\frac{2h\delta}{a} \rho \frac{d^2 W_{mn}}{dt^2}.$$

Цилиндр тәрізді қабыршықтың техникалық теориясы бойынша (2) теңдеудегі күштер мен моменттердің төменгі мәндерін ескеріп, (6) шептік жағдайын қолдану арқылы (7) теңдеулер жүйесін оңайланған түрін алуға болады.

$$T_{11} = C_{11} \frac{\partial u}{\partial x} + C_{12} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{w}{R} \right); T_{22} = C_{22} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{w}{R} \right) + C_{12} \frac{\partial u}{\partial x}; \\ T_{12} = T_{21} = C_{66} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right); M_{12} = M_{21} = -2D_{66} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}; \\ M_{11} = -2D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; M_{22} = -2D_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}.$$

(7) теңдеулер жүйесінің алдыңғы екі теңдеулерінен U_{mn} және V_{mn} мәндерін анықтап, үшінші теңдеуге қойып төменгідей өрнекті аламыз:

$$\frac{d^2 W_{mn}}{dt^2} + \omega_{mn}^2 W_{mn} = 0. \quad (8)$$

(7) теңдеуін оңайтылған түрі арқылы ω_{mn}^2 әдебиеттерде белгілі теңдеуді аламыз:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h\delta} \left[\alpha_m^2 D_{11} + 2\alpha_m^2 \beta_n^2 D_{12} + 2D_{66} + \right. \\ \left. + \beta_n^4 D_{22} + \frac{\alpha_m^4 C_{66} C_{11} C_{22} - C_{12}^2}{\Delta_{mn}} \right]. \quad (9)$$

(7) теңдеуден ω_{mn}^2 мәнін анықтағанда көптеген қосындыда $\frac{4(h\delta)^2}{a^2 R^2} = 1$ тең болып шығатынын ескеріп, төменгі қабыршықтың тербеліс жиілігінің теңдеуін аламыз:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h\delta} \left[\alpha_m^4 D_{11} + 2\alpha_m^2 \beta_n^2 D_{12} + 2D_{66} + \beta_n^4 D_{22} + \right. \\ \left. + \frac{1}{\Delta_{mn}} \alpha_m^4 C_{66} C_{11} C_{22} - C_{12}^2 + \frac{\beta_n^4}{R^2} C_{66} D_{22} + \frac{\alpha_m^2 \beta_n^2}{R^2} \times \right. \\ \left. \times [C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66} D_{66} + 4C_{22} C_{66} D_{66}] - \right. \\ \left. - 2\alpha_m^4 \beta_n^2 \times [C_{66} C_{11} D_{22} - C_{22} D_{11} + 3C_{11} C_{22} - 3C_{12}^2 - \right. \\ \left. - 4C_{12} C_{66} D_{66} + C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - C_{12} C_{66} D_{12}] - \right. \\ \left. - 2\beta_n^6 C_{66} C_{22} D_{22} - 2\alpha_m^2 \beta_n^4 [C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66}] \right. \\ \left. \times D_{22} + C_{22} C_{66} [C_{12} + 4D_{66}] - 2\alpha_m^6 C_{12} C_{66} D_{11} \right] \} \\ \Delta_{mn} = R^2 [\alpha_m^4 C_{11} C_{66} + \beta_n^4 C_{22} C_{66} + \\ + \alpha_m^2 \beta_n^2 C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66}]. \quad (11)$$

Алынған (10) теңдеуді бірнеше шептік жағдайында зерттейтін болсақ:

1. Егер $\alpha_m \ll \frac{1}{R}$ деп m кіші мәндерінде $\frac{L}{\pi R} \ll 1$ ұзын қабыршықтарға.

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2h\delta\rho} \left[\frac{\alpha_m^4}{R^2 \beta_n^4} \frac{C_{11} C_{22} - C_{12}^2}{C_{22}} + \left(\beta_n^2 - \frac{1}{R^2} \right)^2 D_{22} \right]. \quad (12)$$

$n = 1$ мәнінде бұл теңдеуден.

$$\omega_{m1}^2 = \frac{a}{2\rho h\delta} \alpha_m^4 R^2 \frac{C_{11} C_{22} - C_{12}^2}{C_{22}}. \quad (13)$$

Изотропты материалдан дайындалған серпінділік модулі E болғандағы қабыршық үшін: $\omega_{m1}^2 = \frac{\alpha_m^4 R^2 E a}{2\rho h\delta}$.

Бұл мән қимасы құбыр тәрізді аркалықтың иілу тербеліс жиілігінің мәнінен екі еседей үлкен. Демек (12) асимптотикалық өрнек $n = 1$ мәнінде қабыршықтың шеңберлік инерциясы ескермеуінен, толық аркалыққа өтуге болмайтындығын айқындайды. Ал $\frac{2\rho h\delta}{a} \frac{d^2 V_{mn}}{dt^2}$ сақтайтын болсақ, онда $\alpha_m \ll \frac{1}{R}$ асимптоттық жағдайда төменгі тербеліс жиілігінің мәнін аламыз:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h\delta} \left[\frac{\alpha_m^4}{R^2 \beta_n^4} \frac{C_{11} C_{22} - C_{12}^2}{C_{22}} + \left(\beta_n^2 - \frac{1}{R^2} \right)^2 D_{22} \right] \frac{\beta_n^2 R^2}{1 + \beta_n^2 R^2}. \quad (14)$$

(12) теңдеумен (14) теңдеуді салыстырып қарайтын болсақ, n өсуіне байланысты қабыршықтың төменгі еркін тербеліс жиілігіне шеңбер инерциясының әсері азаятынын байқаймыз.

(10) теңдеуден $\alpha_m \ll \frac{1}{R}$ мәнінде

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h\delta} \left[\frac{\alpha_m^4}{R^2 \beta_n^4} \frac{C_{11} C_{22} - C_{12}^2}{C_{22}} + \beta_n^4 D_{22} \right]. \quad (15)$$

(14) теңдеумен (15) салыстырып қарайтын болсақ $n = 1$ мәнінде техникалық теорияның қарастырылған қабыршықтар үшін еркін тербелісінің жиілігі өсетіні байқалады.

(15) теңдеу n кіші мәндерінде жоғары еркін тербеліс жиілігін беретінін көреміз.

2. $a_m \ll \frac{1}{R}$ немесе $\frac{\pi m R}{L} \ll 1$ бұл жағдайға жасаушысы бойында және ұзындығында m үлкен дәрежесінде төменгі жиілікте толқын түрі пайда болатын, орта ұзындықтағы қабыршықтар жатады.

$$n \ll \left(\frac{p R^2 a^2}{(\delta h)^2} \right)^{\frac{1}{8}} \text{ жағдай қабыршықтың жасаушысы}$$

бойынша толқын жасау түрін қанағаттандырады, олай болса (9) мен (10) бірдей асимптоталық теңдеу аламыз:

$$\omega_n^2 = \frac{a n^4}{R^4} \frac{D_{22}}{2\rho h\delta}. \quad (16)$$

Егер $n \leq \left(\frac{12R^2}{h^2} \right)^{\frac{1}{8}}$ болса, онда (8) теңдеуден тө-

менгі мәнді аламыз:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h \delta \left[\beta_n^4 C_{22} C_{66} + \alpha_m^2 \beta_n^2 C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66} \right]} \times$$

$$\times \left\{ \frac{\alpha_m^4}{R^2} C_{66} C_{11} C_{22} - C_{12}^2 + \beta_n^2 \tilde{N}_{22} C_{66} D_{22} + \alpha_m^2 \beta_n^2 \times \right. \quad (17)$$

$$\times \left[C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66} D_{22} + 2C_{22} C_{66} D_{12} + 2D_{66} \right] \}.$$

Ал (10) теңдеуден

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h \delta \left[\beta_n^4 C_{22} C_{66} + \alpha_m^2 \beta_n^2 C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66} \right]} \times$$

$$\times \left\{ \frac{\alpha_m^4}{R^2} C_{66} C_{11} C_{22} - C_{12}^2 + \beta_n^6 \left(\beta_n^2 - \frac{2}{R^2} \right) C_{22} C_{66} D_{22} + \alpha_m^2 \beta_n^6 \times \right. \quad (18)$$

$$\times \left[C_{11} C_{22} - C_{12}^2 - 2C_{12} C_{66} D_{22} + 2C_{22} C_{66} D_{12} + 2D_{66} \right] \}.$$

(17) мен (18) теңдеулер бір бірінен шамалы мәнге айырмасы бар екенін байқауға болады, ол n өсуіне

байланысты кемиді $n \leq \left(\frac{4a^2 R^2}{h^2 \delta^2} \right)^{\frac{1}{8}}$ кіші мәндер төңірегінде (9) мен (10) теңдеулерден бірдей мәнді аламыз:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{a}{2\rho h \delta} \frac{\alpha_m^4 C_{66} C_{11} C_{22} - C_{12}^2}{\Delta_{mn}}. \quad (19)$$

Демек $\alpha_m \leq \frac{1}{R}$ мәнінде n кіші немесе өте үлкен

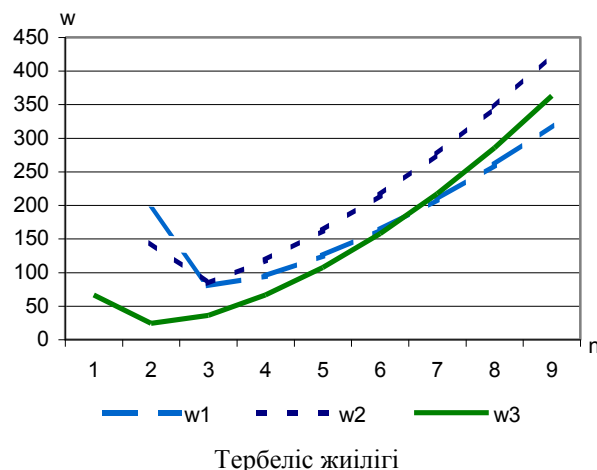
мәндерінде еркін тербеліс жиілігі техникалық теория мен Флюгге теориясынан алынған мәндері ұқсас.

3. $\alpha_m \leq \frac{1}{R}$ немесе $\frac{\pi m R}{L} \leq 1$ жағдайында қысқа

немесе өстік толқын жасаушы түрі үлкен болғанда, орта ұзындықтағы қабыршықтарға арналған вариант деп есептеуге болады. (9) және (10) теңдеулерді талдаудың нәтижесінен (10) теңдеудің қосымша мүшеле-

рі (9) теңдеуіне кез келген мәнінде $\frac{(2\delta h)^2}{a^2 R^2}$ түзетулер береді.

(9), (10), (18) теңдеулер негізінде алынған ω қабыршықтағы сырықтардың орналасу бұрышы $\varphi = 15^\circ$ мәнінде n өзгеруіне байланысты қисықтар суретте келтірілген.



Тербеліс жиілігі

Қарастырып отырған қабыршық үшін алынған тербеліс жиілігі теңдеуінің негізінде классикалық техникалық теорияның қолдану аймағы қабыршықтардың ұзындығына байланысты болатындығы жоғарыда көрсетілді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Богданович А.Е. Нелинейные задачи динамики цилиндрических композитных оболочек. Рига: Зинатня, 1987. 295 с.
2. Васильев В.В. Механика конструкции из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
3. Бунаков В.А., Лебедев К.Н., Немеребаев М.Н., Тусупов А.Т. Определение упругих постоянных сетчатых оболочек из композитных материалов // ВСТ. Сер. 15. Вып. 5(75). 1987. С. 23-26.

УДК 621.879.064

З.А. МУЛДАГАЛИЕВ
А.С. НУРМАГАНБЕТОВ

Нагружение рабочих органов землеройных машин при их движении в глинистом растворе

При строительстве несущих стен подземных помещений и противофильтрационных завес способом «стена в грунте», при бурении нефтяных и газовых скважин для устойчивости стенок траншей и скважин разработку грунта производят под глинистым тиксотропным раствором. Применение глинистого раствора обусловлено его важными свойствами: способностью коагулировать стенки траншеи (то есть образовывать на них водонепроницаемую глинистую плёнку) и удерживать во взвешенном состоянии частицы разрабатываемого грунта. В состоянии покоя глинистый раствор представляет собой густую студенистую массу — гель, при механическом воздействии на него раствор способен

изменять вязкость, разжижаться. При этом образуется вязкая жидкость — золь.

Перечисленные свойства глинистых растворов, существенно отличаются от свойств обычных вязких жидкостей, их реологические свойства определяются сложным внутренним строением, физико-химическими свойствами глин, их концентрацией в растворе.

Глинистый раствор представляет собой двухфазную дисперсную систему, в которой твердой фазой являются частицы глины, жидкой — вода. Поверхность твердых частиц является поверхностью раздела фаз, в поверхностном слое

дисперсионная среда обладает аномальными свойствами по сравнению с её обычными характеристиками. Такой слой называется сольватной оболочкой частиц.

Другими важными свойствами глинистых растворов являются: плотность, вязкость, суточный отстой или седиментация, стабильность, водоотдача, толщина глинистой корки на стене траншей, предельное статическое напряжение сдвига, содержание песка, концентрация водородных ионов. Плотность составляет от 1,08 до 1,5 т/м³ (измеряется ареометрами АГ-1, АГ-2, АГ-3ПГ, весами Баруа), вязкость — 17...30 с (вискозиметр ВП-5), седиментация до 5% (цилиндр ЦС-2), стабильность — 0,01 т/м³...0,02 т/м³ (цилиндры ЦС-1 и ЦС-2), водоотдача — 25...30 см³/мин (прибор БМ-6), толщина глинистой корки не более 4 мм, статическое напряжение сдвигу после минутного выдерживания не менее 1 Па (прибор СНС-2), содержание песка не более 4%, содержание щелочи pH = 9,5-10,0.

Сущность процессов, происходящих в вязкопластичных средах раскрыли: П.М. Огибалов [1], А.Х. Мирзаджанзаде [2], В.П. Мясликов [3].

Частицы глины, взвешенные в воде, совершают броуновское движение; вокруг частиц образуются силовые поля, взаимодействующие друг с другом. С некоторой вероятностью может произойти слияние частиц и их дальнейшее совместное движение. Аналогичный процесс может произойти со следующей частицей и так далее, в результате чего образуется рыхлая пространственная сетка — коагуляционная структура. Коагуляционная структура, образованная сцеплением частиц в цепочку, и неупорядоченные пространственные сетки являются наиболее распространенным видом дисперсных структур. При внешнем механическом воздействии на раствор силовые поля частиц будут искажаться. При малой интенсивности внешнего воздействия разрыва связей в пространственной сетке не происходит, возможен переход частиц из одного положения в другое. Сравнительно небольшая постоянная нагрузка на среду будет вызывать перестройку каркаса, дисперсная система приходит в состояние установившегося течения. В случае интенсивного внешнего воздействия перестройка структурного каркаса не может обеспечить развитие установившегося течения раствора и рыхлая структурная сетка разрушается. Наличие броуновского движения глинистых частиц приводит к образованию новых связей между ними. Дисперсная система будет находиться в стационарном состоянии, когда число вновь образующихся связей в единицу времени примерно равно числу разрушаемых.

Свойства дисперсных систем определяются временем релаксации — периодом, в течение которого восстанавливаются связи между частицами структурного каркаса и в дисперсной системе вновь образуются рыхлые пространственные структуры. Это свойство

глинистых и некоторых других растворов получило название «тиксотропии», что означает «изменчивый при прикосновении». Глинистые растворы обладают способностью приспосабливаться к внешним воздействиям. Явление релаксации описывается уравнением Максвелла, из которого следует, что с течением времени напряженное состояние системы ослабляется.

В зависимости от интенсивности внешних воздействий на среду в дисперсной системе могут развиваться 3 вида деформации:

1. Упругие деформации, связанные с изменением межатомных и межмолекулярных расстояний.
2. Эластичные деформации, при которых меняется ориентация частиц в структурном каркасе.
3. Пластические деформации, связанные с перемешиванием коагуляционных структур.

Кроме того, необходимо учитывать вязкую деформацию, действие которой проявляется в неравномерности движения слоев жидкости. Движение жидкости осуществляется за счет трения о рабочие органы и гидродинамических сопротивлений на его поверхностях.

В движении вязкопластичного раствора различают 4 режима:

- шведовский — режим течения жидкости с практически неразрушенной структурой, происходящей с очень малыми скоростями движения порядка нескольких сантиметров в секунду. При этом жидкость обладает эффективной ньютоновской вязкостью $\eta_{эф}$;
- бингамовский — режим течения жидкости с непрерывно разрушающейся структурой, который происходит со скоростью движения порядка 1,25 м/с. Для такого режима течения вводится понятие структурной вязкости η ;
- псевдоламинарный — режим течения жидкости с практически полностью разрушенной структурой; наблюдается при скоростях течения порядка 1,5 м/с, жидкость обладает динамической вязкостью μ ;
- турбулентный — протекает со сравнительно большими скоростями (более 2 м/с), при этом происходит интенсивное перемешивание жидкости, обладающей фиктивной вязкостью $\mu_{ф}$.

Если к дисперсной системе приложить довольно интенсивное внешнее воздействие, то в системе могут произойти пластические деформации — перемещение отдельных структур, возможно возникновение псевдоламинарного режима течения жидкости и переход к турбулентному, минуя бингамовский.

Переменная вязкость тиксотропного раствора связана с дисперсной фазой, которая имеет некоторую изменяющуюся структуру.

Математический анализ процессов ползучести, релаксации и стационарного течения раствора на обобщенной механической модели Шведова-Кельвина показал, что при весьма малых напряжениях сдвига тиксотропные системы обладают высокой (порядка миллиона пауз) ньютоновской вязкостью без заметного разрушения структуры. Эта вязкость обычными реологическими методами не обнаруживается.

При напряжениях сдвига, значительно превосходящих предельные значения, можно выделить область постоянной ньютоновской вязкости, определяемой в ламинарном потоке. В состоянии вязкопластичного течения (бингамовский режим), сопровождающегося изменением и разрушением структуры, тиксотропный раствор обладает структурной вязкостью. При турбулентном течении коагуляционные структуры глинистого раствора нарушены, тиксотропный раствор имеет фиктивную вязкость.

Глинистый тиксотропный раствор является двухфазной средой, в которой частицы глины способны образовывать сложную внутреннюю структуру. Поэтому в качестве реологической модели глинистого раствора используется комбинированная реологическая модель, состоящая из простейших моделей. Наиболее точно реологические свойства глинистых тиксотропных растворов описываются моделью Шведова-Бингама.

$$\tau = \tau_0 \pm \frac{dU}{dn} \mu, \quad (1)$$

где τ — касательное напряжение сдвига;
 τ_0 — предельное напряжение сдвига;
 dU/dn — градиент скорости движения раствора;
 dU — предел скорости смещения одного слоя раствора относительно другого;
 dn — расстояние между слоями.

Механические свойства сплошной среды определяются уравнениями состояния, связывающими тензоры напряжения деформаций и скоростей деформации.

Если максимальное касательное напряжение не превосходит предельного напряжения τ_0 , то вязкопластичная жидкость ведет себя как несжимаемое упругое тело, для которого справедлив закон Гука:

$$\sigma = E \varepsilon, \quad (2)$$

где σ — нормальное напряжение;
 E — модуль упругости;
 ε — относительная деформация.

$$\tau = j G, \quad (3)$$

где j — угловая деформация;
 G — модуль сдвига.

Если максимальное касательное напряжение больше, чем τ_0 , имеет место вязкое течение раствора.

Как указывает академик П.А. Ребиндер, для случая структурного режима течения жидкости, возможно использование модели Шведова-Кельвина,

которая дает следующее уравнение для кинематики жидкости:

$$1. \sigma < \sigma_0;$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{t_0}} \right). \quad (4)$$

$$2. \sigma > \sigma_0;$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{t_0}} \right) + \frac{\sigma - \sigma_0}{\eta} t, \quad (5)$$

где σ — напряжение в коагуляционной структуре;
 σ_0 — предел упругости, ниже которого остаточные деформации не развиваются;
 E_1 — начальный условно-мгновенный модуль сдвига;
 E_2 — модуль эластичности;
 t — время протекания процесса;
 t_0 — время релаксации.

Для вязкого течения вязкопластичной жидкости получено следующее уравнение состояния (в векторно-тензорной форме)

$$\sigma_{ij} = \left(j + \frac{\tau_0}{\nu} \right) e_{ij}, \quad (6)$$

где V — скорость сдвига;
 e_{ij} — скорость деформации.

Для всех режимов течение глинистого тиксотропного раствора будет справедливо уравнение сплошности среды:

$$\operatorname{div}(\rho_c \vec{V}) + \frac{d\rho_c}{dt} = 0, \quad (7)$$

где ρ_c — плотность раствора.

Для вязкого течения тиксотропного раствора (бингамовский и псевдоламинарный режимы) будут справедливы дифференциальные уравнения движения сплошной среды в форме Коши:

$$\rho_c \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{K} + \vec{P}, \quad (8)$$

где ρ_c — плотность жидкости;
 dV/dt — субстанциальная производная скорости движущегося элемента среды;
 P — поверхностная сила;
 K — массовая сила.

При определении числового значения силы трения при движении тела в растворе необходимо знать величину касательного напряжения τ , которое для каждого режима течения имеет определенное значение.

Для определения τ при бингамовском режиме движения раствора применима формула Шведова-Бингама.

Для псевдоламинарного режима течения раствора напряжения сил трения выражаются зависимостью:

$$\tau = \pm \mu \frac{dV}{dh}. \quad (9)$$

Знаки «плюс» и «минус» принимают в зависимости от знака градиента скорости течения раствора с учетом требования, чтобы напряжение сил трения было положительным.

При турбулентном режиме течения глинистого раствора для получения полного напряжения сил трения необходимо к основному вязкостному трению, по И. Ньютону, прибавить дополнительное напряжение от пульсации.

$$\tau = \mu \frac{dV}{dh} + \rho_c l^2 \left(\frac{dV}{dh} \right)^2, \quad (10)$$

где l — осредненное значение пути перемешивания.

Уравнение (10) является общим для определения напряжения сил трения в ламинарном и турбулентном потоках. В ламинарном потоке влияние скорости пульсации потока ничтожно мало, и для такого потока превалирует первый член уравнения (10).

В турбулентном потоке при большом значении числа Рейнольдса влияние вязкости раствора, наоборот, пренебрежимо мало, и здесь существенно влияние второго члена уравнения.

Важным моментом является определение границ ядра течения. При движении пластинки в растворе размеры ядра течения могут быть получены из уравнения

$$V = \frac{\Delta P}{4l\eta} H_{\text{ж}}^2 - \delta_0^2 - \frac{\tau_0}{\eta} l_{\text{ж}} - \delta_0, \quad (11)$$

где ΔP — перепад давления на рассматриваемом участке;

l — длина участка;

$H_{\text{ж}}$ — максимальное расстояние от пластинки, в котором осуществляется движение;

δ_m — толщина пограничного слоя.

Радиус зоны вязкопластичного течения при вращении гладкого цилиндра зависит от его угловой скорости

$$\left(\frac{r_0}{r} \right)^2 - \ln \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 = 1 + \frac{2\mu\omega}{\tau_0}, \quad (12)$$

где r_m — радиус распространения зоны вязкопластичного течения;

r — радиус-вектор некоторой точки жидкости.

Приведенные уравнения движения и состояния вязко-пластичной среды являются весьма сложными. Поэтому на практике задачи о течении таких сред и о движении тел в реологических средах решают приближенными методами, позволяющими получить достаточно полную картину обтекания и объяснить экспериментальные результаты. В настоящее время такие задачи решены для случаев движения вязкопластичной среды по трубам, вращения длинной буровой штанги в растворе.

Однако землеройные машины, применяемые при строительстве способом «стена в грунте», кроме вращающихся по оси труб, имеют конструктивные элементы, совершающие движения по различным степеням свободы. В связи с этим необходимо решение двух задач [4]:

- установление сопротивления движению рабочих органов землеройных машин в глинистом растворе;
- определение прочных характеристик конструкций землеройных машин, работающих в глинистом растворе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огибалов П.М., Мирзаджанзаде А.Х. Нестационарное движение вязкопластичных сред. М.: МГУ, 1970. 415 с.
2. Мирзаджанзаде А.Х. Вопросы гидродинамики вязких и вязкопластичных жидкостей в нефтедобыче. Баку: Азернефтьстр., 1959. 98 с.
3. Мясников В.П. О постановке задачи сгибания тел вязкопластичной жидкостью // Журнал прикладной механики и технической физики. 1962. №4. 52 с.
4. Кадыров А.С., Кабашев Р.А. Основы нагружения фрезерных и бурильных машин. Караганда, 1994. 124 с.

УДК 666.9:666.942

А. ШАЙКЕЖАН
М. МИХАЙЛОВА

О расчете высокотемпературной теплоемкости куспида

В высокоалитовом портландцементе на основе электротермофосфорного шлака в интервале 900-1000°C кристаллизуется куспидин $\text{Ca}_4[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{F}_2$ [1]. Для теоретического анализа высокотемпературного разложения этого вещества и образования клинкерных фаз из продуктов его разложения при их взаимодействии с известьсодержащими компонентами необходимо определение уравнения его теплоемкости.

Для силикатов это уравнение достаточно точно составляется по энтропийному методу, разработанному Н.А. Ландия [2]. По схеме расчета куспидин нами отнесен к группе сложного кислородного соединения, содержащего газообразные оксиды. Это объясняется тем, что при высоких температурах в атмосфере водяных паров хорошие условия создаются для летучести фтора, входящего в состав рассматриваемого оксигалоида [3]. Расчет

производим на основе стандартной энтропии $S_{298,15} = 66,9$ кал/моль × град и температуры плавления $T_{\text{пл}} = 1673$ К.

Распределение энтропии между атомами и искомая характерная температура:

$$S^{\text{до}} = \frac{S_{298}}{n} = \frac{66,9}{15} = 4,46; \quad T' = \frac{5070}{S^{\text{до}}} = \frac{5070}{4,46} = 1137,$$

где S_{298} — энтропия соединения при 298 К;

n — число атомов в соединении.

Для сложных кислородных соединений, состоящих из твердых оксидов, не имеющих полиморфных превращений, и для которых $T' < 0,68 \times \dot{O}_{\text{те}} \quad (T_{\text{те}} \times 0,68 = 1673 \times 0,68 = 1138 \text{ К})$, т.е. согласно пункту последовательности расчета коэффициенты теплоемкости a , b и постоянная K равны:

$$a = 507 - \frac{1070}{S^{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} = 507 + 240 = 747;$$

$$b = 298; \quad K = \frac{\dot{\alpha} - 298}{\dot{O}' - 298} = 0,535.$$

Согласно п.3 [2], когда соединение рассматриваемого типа плавится конгруэнтно, уравнение теплоемкости должно составляться по правилам IV [2].

По формуле 2 [2]:

$$C_{p,298} = 0,94n \left[6,6 - \frac{\dot{\alpha}}{298} + \frac{6,38}{\dot{O}_{i\bar{e}}} \cdot \left(6,6 - \frac{\dot{\alpha}}{298} \right)^2 \right];$$

$$C_{p,298} = 0,94 \cdot 15 \left[6,6 - \frac{747}{298} + \frac{6,38}{1673} \cdot \left(6,6 - \frac{747}{298} \right)^2 \right] = 58,57.$$

Два других значения теплоемкости рассчитываются при 673 и 1673 К по формуле 1 [2]:

$$\tilde{N}_{\dot{\alpha},\dot{O}} = n \left[6,6 - \frac{a}{b + K(T - b)} + \frac{1,24}{\dot{O}_{i\bar{e}}} \cdot \left(6,6 - \frac{\dot{\alpha}}{298} \right)^2 \dot{O}^{3/2} \cdot 10^{-3} \right],$$

$$\tilde{N}_{\dot{\alpha},673} = 15 \left[6,6 - \frac{747}{298 + 0,535(673 - 298)} + \frac{1,24}{1673} \cdot \left(6,6 - \frac{747}{298} \right)^2 \cdot 673^{3/2} \cdot 10^{-3} \right] = 15[6,6 - 1,5 + 0,216] = 79,74;$$

$$\tilde{N}_{\dot{\alpha},1673} = 15 \left[6,6 - \frac{747}{298 + 0,535(1673 - 298)} + \frac{1,24}{1673} \cdot \left(6,6 - \frac{747}{298} \right)^2 \cdot 1673^{3/2} \cdot 10^{-3} \right] = 15[6,6 - 0,72 + 0,848] = 100,92.$$

По полученным трем значениям находим коэффициенты уравнения теплоемкости куспидина

$$C_p = a + bT \cdot 10^{-3} - cT^2 \cdot 10^5,$$

где значения коэффициентов a , b и c определяются решением системы уравнений

$$\begin{cases} 58,57 = \dot{\alpha} + 0,298b - 1,126c, \\ 79,74 = a + 0,673b - 0,2208c, \\ 100,92 = \dot{\alpha} + 1,673 \cdot b - 0,0357c. \end{cases}$$

Таким образом, для куспидина зависимости теплоемкости от температуры соответствует уравнение

$$C_p = 70,95 + 18,25 \cdot 10^{-3} T - 15,83 \cdot 10^5 T^{-2}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садуакасов А.С., Шайкежанов А.Ш., Баттаков С.Б. Высокоалитовый портландцемент из нетрадиционного сырья. Алматы: Гылым, 1998. 219 с.
2. Ландия Н.А. Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии. Тбилиси: Изд-во АНГрузССР, 1962. 221 с.
3. Deadmore D.L. et al. Stability of anorganic fluorinebearing compounds: I. Binary metallic fluorides. — J. Amer. Ceram. Soc., 1961. Vol. 44. No 3. P. 105-109.

УДК 666.92

Д.О. БАЙДЖАНОВ

Е.В. ТКАЧ

Г.Д. НАУРЫЗБАЕВ

К.А. КАШАЕВ

Разработка составов и способов приготовления гидрофобизирующих модификаторов типа ГД-А

Основным материалом для конструкций мелиоративных сооружений является тяжелый гидротехнический бетон. В гидромелиоративных сооружениях применяют немассивные бетоны, которые не требуют принятия мер для регулирования величины экзотермии и характеризуются большей чувствительностью к колебаниям температуры и

влажности [1].

Особенности бетона мелиоративных конструкций по сравнению с другими видами (для промышленно-гражданского, дорожного и гидротехнического строительства) объясняются специфическими условиями его работы. Так как основным видом конструкции в мелиоративном строительстве является

тонкостенная конструкция (толщина бетона 5-15 см), она подвергается более жесткому воздействию, чем другие конструкции в тех же природных условиях.

Многофакторные условия агрессивности окружающей среды выражаются наличием резких температурно-влажностных колебаний, высокой степени минерализации транспортируемой воды, коррозионной активностью грунтовых вод, кавитационными воздействиями водных потоков и других факторов [2].

Весь перечисленный комплекс в различных сочетаниях постоянно воздействует в конструкциях на железобетон, вызывая его повреждения, и снижает эксплуатационную надежность сооружений мелиоративного назначения. Кроме того, за последние годы наблюдается тенденция увеличения числа повреждений и отказов сооружений.

В мелиоративном строительстве нашли широкое применение различные противофильтрационные конструкции облицовки каналов, такие как бетонопленочная облицовка в монолитном варианте и сборные бетонопленочные облицовки, однако фильтрационные потери в каналах с указанной облицовкой в среднем еще находятся в пределах 15-20 %. Существенным недостатком этих пленочных экранов (толщиной 0,2 мм) является их высокая повреждаемость от механических воздействий в период строительства и эксплуатации.

Перспективным является направление по разработке и реализации эффективных мер по усилению и защите железобетона материалами с повышенной степенью сопротивляемости агрессивным факторам окружающей среды, например, полимерными композициями. Физико-химические основы технологии получения полимербетонов для промышленно-гражданского строительства исследованы в работах В.В. Патуроева, В.И. Соломатова, В.А. Вознесенского и других. Вопросам проектирования составов полимербетонов для износостойких облицовок и изучению их свойств посвящены работы И.М. Елшина. Однако в практике современного мелиоративного строительства полимербетоны не нашли еще широкого распространения из-за их дефицитности и высокой стоимости [3], потому основным строительным материалом при возведении мелиоративных сооружений остаются бетон и железобетон.

Накопленный практический опыт, а также теоретические вопросы улучшения технико-эксплуатационных свойств гидротехнического бетона освещены в работах В.Г. Батракова, Г.И. Горчакова, Л.И. Дворкина, М.М. Капкина, С.С. Каприелова, Б.Г. Скрамтаева, В.И. Соловьева, М.М. Хигеревича и др.

Одним из перспективных направлений существенного улучшения технологических и эксплуатационных свойств бетона является применение химических добавок.

Широкому производственному внедрению комплексных гидрофобизирующих добавок в технологию бетонных и железобетонных изделий гидромелиоративного назначения предшествовали: изучение сырьевой базы компонентов добавок, приготовление добавок в лабораторных условиях и их

испытания в бетонах различного состава, выпуск опытных партий железобетонных изделий, устройство опытных участков и оценка их коррозионной стойкости в эксплуатационных условиях, монтаж и пуско-наладочные работы промышленной установки по приготовлению комплексных гидрофобизирующих добавок, разработка технической документации.

Практика показала эффективность и перспективность приготовления модифицирующих добавок с применением способов эмульгирования или агломерирования ингредиентов добавки в различные продукты. Это вытекает также из того, что эффективность действия в цементных системах отдельного гидрофобизатора намного ниже по сравнению с тем, когда он применяется в комплексе с другими компонентами: гидрофобизатором (ЛСТ), солями неорганических кислот (нитратом натрия) и т.д. [3, 4]. В связи с этим нами предлагаются два способа получения комплексных модификаторов типа ГД-С и ГД-А:

- способ получения комплексных модификаторов в виде прямой эмульсии (жидкая отпускная форма);
- способ получения гранулированных комплексных модификаторов (в твердой отпускной форме в виде гранулированного порошка).

Преимущества и недостатки жидкой и твердой отпускных форм модификаторов освещены в трудах В.Г. Батракова, В.И. Соловьева и др. [3, 4]. Практика применения различных модификаторов показала, что модификаторы в жидкой форме создают ряд проблем, которые сдерживают их применение, особенно если они многокомпонентные, так как в этом случае необходимо под каждый компонент создавать автономную технологическую линию от складирования до технологической емкости с дозатором, что экономически невыгодно. При этом для транспортировки и хранения водных растворов добавок требуются «чистые» железнодорожные цистерны и емкости.

Известны случаи взаимодействия компонентов добавки с остатками других веществ в емкостях, в частности нитритов и нитратов, сопровождающегося вспучиванием, выбросами массы и выделением отравляющих газов [5].

Кроме того, приходится транспортировать и хранить 60-80% воды. Зимой водные растворы добавок могут смерзаться, а при оттаивании — расслаиваться, что ухудшает свойства добавок или приводит к их полной негодности.

На качественно новом уровне решаются задачи модифицирования материалов в случае применения модификаторов в твердой отпускной форме, в частности в виде гранулированных порошков. Технологическая схема приготовления гранулированного гидрофобизирующего модификатора ГД-А приведена на рисунке.

Следует отметить, что модификаторы можно получать путем применения агломерационных процессов, которые в различных областях их проявления и использования называют разными определениями: грануляция, прессование, компаудирование, брикетирование и др. [3-5]. Совмещение ингредиентов в гранулированный

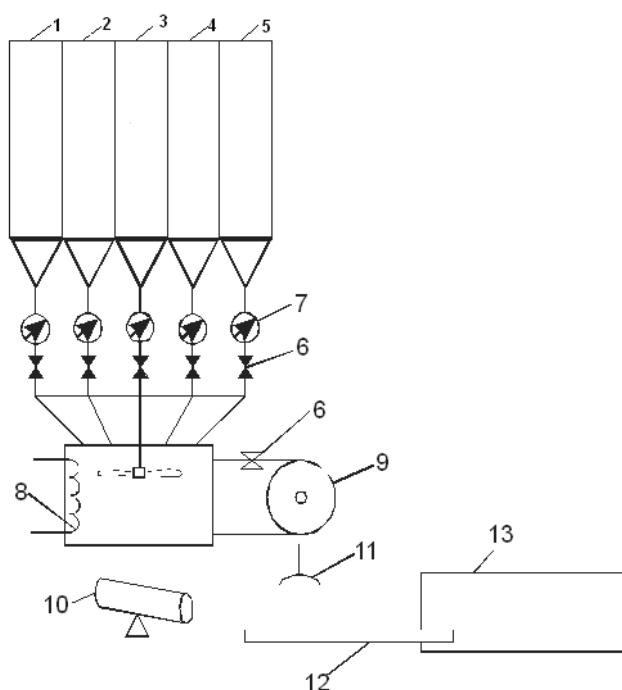
гидрофобизирующий модификатор ГД-А выполняется в следующем порядке: дозирование гидрофобизирующего и гидрофилизирующего ПАВ; совмещение ПАВ при температуре 40-60°C в течение 5 мин; приготовление прямой эмульсии с помощью РПА; дозирование золы и дальнейшее перемешивание (гранулирование) полученной дисперсии в барабанном грануляторе до получения гранул с размером не более 5 мм. Для испарения излишней влаги в технологической схеме предусмотрена операция сушки. Затем готовый гранулированный порошок модификатора ГД-А направляется на склад готовой продукции. Способы или методы получения агломератов, их размеры, форма, влажность и другие параметры могут и должны меняться в зависимости от свойств перерабатываемых продуктов и предъявляемых требований. Состав гидрофобизирующего модификатора ГД-А в гранулированной отпускной форме представлен в таблице.

Разработанный способ получения гидрофобизирующего модификатора ГД-А в гранулированной отпускной форме можно рассматривать как техноло-

гический вариант получения гидрофобизированных модифицированных бетонов для гидромелиоративного строительства.

Состав гидрофобизирующего модификатора ГД-А

Наименование компонентов	Содержание компонентов в составе, масс. %
Жировой гудрон	5-6,2
Технические лигносульфонаты	3,0-5,0
Нитрит натрия	36-45
Зола-унос	37-45
Вода	Остальное до 100%



Расходные емкости для хранения: 1 — емкость для хранения жирового гудрона; 2 — ЛСТ (технические лигносульфонаты); 3 — нитрит натрия; 4 — зола-унос; 5 — емкость для воды; 6 — вентили; 7 — дозаторы; 8 — смеситель с подогревом; 9 — диспергатор марки РПА; 10 — гранулятор; 11 — обогреватель; 12 — ленточный конвейер для подачи готовых гранул; 13 — склад готовой продукции.

Технологическая схема приготовления гидрофобизирующего модификатора ГД-А в твердой отпускной форме

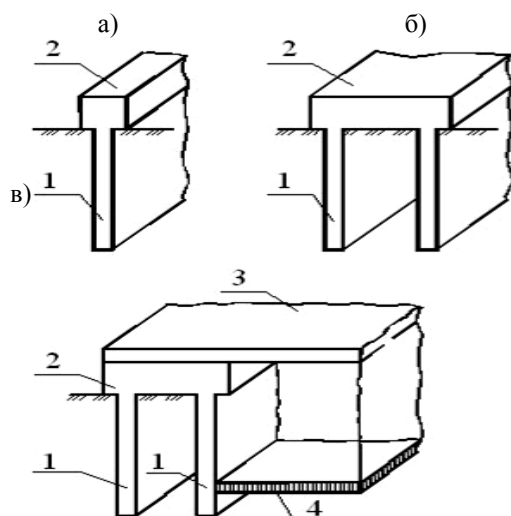
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кулибаев А.А., Соловьев В.И., Ергешев Р.Б. Состояние и перспективы отрасли строительных материалов // Роль строительства в системе устойчивого развития Казахстана: Межвузовский сборник научных трудов. Алматы, 1998. С. 5-11.
- Материалы и изделия в мелиоративном строительстве: Справочник / Л.И. Дворкин, И.А. Соляной, И.Ф. Бойко. Киев: Будівельник, 1982. 140 с.
- Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Теплопроект, 1998. 768 с.
- Соловьев В.И., Ергешев Р.Б. Эффективные модифицированные бетоны. Алматы: КазГосИНТИ, 2000. 285 с.
- Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алматы: Наука, 1990. 112 с.

УДК 624.15

А.С. КАДЫРОВ
Б.К. КУРМАШЕВА**Щелевые фундаменты. Конструкция и механизация работ**

Щелевой фундамент представляет собой одну или две узких бетонных (железобетонных) параллельных стенок в грунте, объединенных ростверком в общую конструкцию (рисунок). Процесс устройства стенок включает нарезку узких щелей в грунте шириной от 100 до 300 мм, глубиной от 1 до 3 м с последующим их армированием и заполнением бетонной смесью. Ростверк устраивается ленточный для обеспечения стенок и передачи нагрузок от вышерасположенных конструкций на стенки.



1 — бетонная (железобетонная) стенка в грунте;
2 — ростверк; 3 — перекрытие подвала; 4 — пол подвала

Щелевой фундамент в бесподвальном здании (а, б)
и здания с подвалом (в)

Несущая способность щелевого фундамента определяется в основном несущей способностью боковых поверхностей. В случае двухщелевого фундамента нагрузки передаются с одной стенки на другую под углом внутреннего трения грунта. Это включает в работу не только подошву фундамента, но и пространство между стенками.

Конструкция щелевых фундаментов выбирается в зависимости от размеров надфундаментного сооружения, его очертания в плане, характера и величины

расчетных нагрузок, геологических факторов.

В состав работ по устройству щелевых фундаментов входят следующие операции:

- проходка щели;
- удаление разработанного грунта от кромок щели;
- зачистка или уплотнение шлама на дне щели;
- крепление кромок щели (при необходимости);
- армирование щели (при необходимости);
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- устройство ростверка;
- уход за бетоном.

Проходка щели осуществляется баровыми или щелерезными механизмами, плоским напорным ковшом (грейфером), плоской обратной лопатой экскаватора.

Проходка щели является основной операцией технологического процесса. Однако, как следует из таблицы, в основном используются баровые механизмы.

В настоящее время технология строительства щелевых фундаментов не отработана, не выбран нормоконспект механизмов, не приведены достаточные экономические обоснования.

Важнейшим вопросом проектирования щелевых фундаментов является установление их несущей способности.

Нами проведены исследования, в результате которых разработана методика расчета щелевых фундаментов по несущей способности и деформации их основания. Необходимо отметить, что в соответствии со СНиПом, щелевые фундаменты необходимо подвергать статическим испытаниям перед строительством конкретного фундамента.

В Караганде, в микрорайоне Гульдер-1, построен 5-, 7-, 9-этажный жилой дом на щелевых фундаментах, в течение 10 лет контролируется его осадка, в результате установлено, что осадка не превышает допустимого значения. В результате экспериментов определено сопротивление грунта под подошвой бетонной стенки щелевого фундамента для глинистых грунтов. Также установлено расчетное сопротивление на боковой поверхности бетонной стенки щелевого фундамента в связных грунтах при показателе текучести в диапазоне от 0 до 0,5.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИН, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЩЕЛЕЙ

Марка машины	Число нарезаемых щелей, шт.	Расстояние между щелями, м	Ширина отрываемой щели, м	Глубина разработки, м
Бар на базе трактора С-100	1	-	0,130; 0,140	2,0
Бар на базе трактора Т-74	1	-	0,130; 0,140	1,3
БГМ-3 на базе трактора Т-100М	1	-	0,310	1,4
БГМ-4 на базе трактора Т-74	1	-	0,120	1,1
БГМ-7 на базе трактора Т-74	1	-	0,140	1,5
БТ-150 на базе трактора Т-150	1	-	0,150; 0,210; 0,270	2,5
БТ-7 на базе трактора Т-74 или Т-100	1	-	0,120-0,140 0,140-0,160 0,210-0,270	-

ДГП-ЗУМ на базе трактора Т-100 МГП	1	-	0,300	1,4
Двухбарабовая машина на базе трактора Т-100МГП	-	0,450-0,950	0,130-0,140	2,0
Трехбарабовая машина на базе трактора Т-130	3	Справа от оси трактора 0,16-0,86; слева от оси трактора 0,46-1,0	0,140-0,300	2,1

В сравнении с ленточными фундаментами той же несущей способности, щелевые фундаменты на 60% дешевле, однако сдерживается отсутствие нормокомплекта машин и механизмов для их строительства. Целью проводимых исследований является выдача технического задания и карты уровня качества для производства машин и механизмов.

Нами разработана экономико-математическая модель технологического процесса, показатели которой связаны с параметрами машин и механизмов грунтовыми условиями и условиями строительства:

$$\begin{cases} \ddot{A} \rightarrow \max, \\ \dot{O}_c \rightarrow \min, \\ \dot{O}_n \rightarrow \min, \\ \dot{I}_{\sigma} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

где D — доходы предприятия;

T_z — трудозатраты;

T_c — срок строительства;

P_{zo} — приведенные затраты.

В зависимости от условий строительства и требований заказчика выбирается основной критерий, определяются варианты, соответствующие минимуму

этого критерия. Затем из этого множества выделяется подмножество, соответствующее минимуму второго критерия, из этого подмножества — экстремальное значение третьего критерия. Из полученного подмножества выбирается вариант, соответствующий максимальному доходу.

Экономические показатели, указанные выше, связаны с производительностью машины и энергоемкостью их работы. Эти показатели в свою очередь являются функцией режима и конструкции рабочего оборудования.

Таким образом, прилагаемая нами система позволяет взаимоувязать совокупность параметров, характеризующих процесс строительства, и после введения критерия оптимальности установить оптимальные параметры рабочего оборудования. В качестве критерия оптимальности нами выбрана удельная энергоемкость процесса, которая входит во все вышеперечисленные показатели системы (1).

На кафедре строительного государственного технического университета проводятся исследования с целью внедрения щелевых фундаментов в строительство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швецов М. Основания и фундаменты. Справочник. М.: Высшая школа, 1991.
2. Смородинов М.И., Ерофеев Л.В. Машины и оборудование для устройства оснований и фундаментов. М.: Машиностроение, 1985.
3. РСН КазССР 50-89. Госстрой КазССР. Расчет, проектирование и устройство монолитных одно- и двухщелевых ленточных фундаментов неглубокого заложения.

УДК 624.04

Н.Т. ЖАДРАСИНОВ

А.Г. ЗАЙКИНА

Оптимизация параметров стержневых конструкций по жесткостным характеристикам

В стремлении получить большую экономию материала перед проектировщиком ставится задача выбора наиболее рациональных расчетных схем конструкций. Поэтому любой алгоритм, направленный на более обоснованное применение тех или иных расчетных параметров, является актуальным. Оптимизация элементов конструкции проводится по различным параметрам. В существующей литературе чаще всего рассматриваются статически определимые конструкции и применяются такие методы, как оптимизация по форме сечения, виду расчетной схемы, невыгодному положению нагрузки, отыскание оптимального расположения и смещения опор.

В инженерной практике чаще всего применяются статически неопределимые системы, т.к. они более экономичны с точки зрения материалоемкости. Расчет таких систем проводится методом сил, методом перемещений, комбинированным и смешанным методами, методом конечных элементов и т.д.

При расчете статически неопределимых конструкций применяются те же виды оптимизации, что и при расчете статически определимых. Причем

при расчете любым методом жесткостные соотношения между элементами конструкции предварительно задаются, исходя из опыта проектирования, либо применяется вариантное проектирование. Была поставлена задача проанализировать, как меняется материалоемкость конструкции в зависимости от варьирования жесткостных параметров, создать новый метод оптимизации стержневых конструкций, учитывающий соотношения жесткостей элементов.

Суть данного метода состоит в подборе таких жесткостей для элементов конструкций, чтобы объем этих элементов был минимальным, что, естественно, приводит к экономии материала, при выполнении условий прочности. Варьирование жесткостных параметров конструкции является обратной задачей строительной механики. В инженерной практике из соображений материалоемкости применяются, как уже сказано, статически неопределимые конструкции, для автоматизированного расчета которых можно применить метод сил в матричной форме [1], в основе которого лежит формула:

$$M = M_p - \bar{M} \bar{M}' L \bar{M}^{-1} \bar{M}' L M_p,$$

где $\bar{M}$ — матрица, содержащая n — столбцов, каждый из которых представляет собой вектор изгибающих моментов в основной системе от действия соответствующего единичного неизвестного;

M_p — матрица грузовых моментов в основной системе;

L — матрица податливости.

Согласно этому разработана подпрограмма метода сил для произвольного числа неизвестных и произвольного числа участков. Обращение к данной подпрограмме осуществляется в процессе выполнения основной программы. Основная программа подбирает оптимальные соотношения жесткостей элементов конструкции, исходя из условий материалоемкости. Рациональное проектирование подразумевает обеспечение минимального расхода материала при соответствующей прочности. В рассматриваемом случае функция объема материала зависит от жесткостей [2]. Это видно из нижеприведенных выражений

$$V = \sum F_i l_i,$$

где F_i — площадь сечения i -го элемента;

l_i — длина i -го участка.

Условие прочности имеет следующий вид:

$$\frac{M_i}{W_x} \leq \sigma,$$

где M_i — изгибающий момент;

W_x — момент сопротивления;

$[\sigma]$ — допускаемое для данного материала напряжение.

Но так как

$$W_x = F^{3/2} \frac{\sqrt{v}}{6},$$

где $v = h/b$ (для случая прямоугольного сечения, где h — высота, b — ширина).

Тогда условие прочности принимает вид:

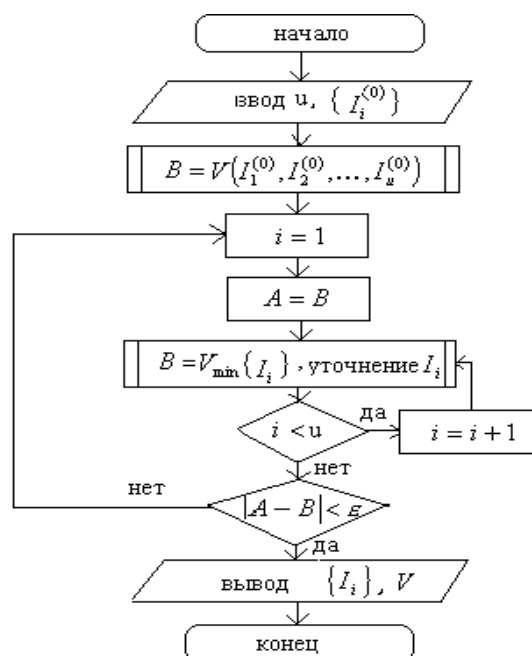
$$\frac{6M}{F^{3/2} \sqrt{v}} \leq \sigma.$$

Определяется из полученного условия площадь F сечения элемента и подставляется F в выражение для объема всей конструкции, состоящей только из элементов прямоугольных сечений и одного и того же материала. Получается следующая зависимость для объема всей конструкции:

$$V = \left(\frac{6}{\sigma \sqrt{v}} \right)^{2/3} \sum |M_i|_{\max}^{2/3} l_i,$$

где $M_{i\max}$ — максимальный изгибающий момент на i -м участке.

Таким образом, так как изгибающий момент зависит от жесткостей, то и объем также зависит от жесткостей, то есть получается зависимость функции объема от нескольких переменных жесткостей: $V(I_1, I_2, \dots, I_u)$. Так как целевая функция V зависит от нескольких проектных параметров I_i , то имеется задача многомерной оптимизации. Данную задачу лучше всего решать методом покоординатного спуска, так как не имеется четко сформулированного метода выражения для функции, а также названный метод удобен тем, что сводит задачу многомерной оптимизации к многократному решению задачи одномерной оптимизации [3]. Ниже представлена блок-схема метода покоординатного спуска (рис.). Всякий раз при упоминании объема V , программа обращается к подпрограмме метода сил, в которой происходит также и вычисление объема. Для уточнения оптимального параметра жесткости EI_i используется метод золотого сечения одномерной оптимизации, который дает наилучшую сходимость и является наиболее универсальным.



Блок-схема метода покоординатного спуска

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бендюк Д.К. и др. Матричные алгоритмы в строительной механике стержневых систем. М.: Высш. шк., 1980. 124 с.
2. Строительная механика стержневых систем и оболочек / Под ред. Ю.И. Бутенко. Киев: Высш. шк., 1980. 488 с.
3. Турчак Л.И. Основы численных методов. М.: Наука, 1987. 324 с.

Қатпарлы конвейерге электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықталған теңелту қондырғысын енгізу есептері

Тартым қондырғысын орнатуға болатын орта аралық қозғалтқыш арасын қарастырайық, олар i -де және $i+1$ -де қозғалтқыштармен қамтылған. Мұндай жағдай шектілі қозғалтқышты электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықтаған қатпарлы конвейерлерге де дәл келеді.

Қабылдайық: $i+1$ -ші қозғалтқыш жетелеуші, ал i -де қозғалтқыш жетегінде; екі массалы жүйеде екі бос дәрежесімен. Шектілі қозғалтқышты қатпарлы конвейерлерді қысқа бөліктерімен қарастырамыз, бұлар еңісті және аз еңісті конвейерлерде болады.

Даламбер принципінің негізінде пәрменділік есептерін статика есебі түрінде қарастыруға болады, яғни жұмыс атқарып тұрған есептелінетін жүйедегі иінкүшке немесе күшке, иінкүш және күш қосылған жағдайдағы кезі. Осыны есепке ала, қозғалыс теңдеуін құрастыру үшін, статикадағы тепе-теңдік жүйесінің теңдеуін жазуға болады.

Даламбер принципін қолдана отыра есептелінетін жүйедегі қозғалтқыш аралық бөліктердің қай-қайсысы үшін де, пәрменділік тепе-теңдік жағдайын жазуға болады, қозғалтқыш аралық бөліктер көрші бөліктермен серпінді буын (тартып-тасымалдайтын орган) арқылы жалғанған. Осы жағдайда күштің серпінділік иінкүшін, қаттылық және бұрыштық координаталар арқылы көрсетуге болады, өйткені бөліктердегі элементтердің деформациясы, қабылданған жағдай бойынша сызықтық болып келеді және ол Гук заңына бағынады. Сонда қозғалтқыш аралық бөліктегі қозғалыс теңдеуі, үдеу жағдайында төмендегідей болып жазылады [2]

$$\left. \begin{aligned} I_{i+1} P^2 \gamma_{i+1} &= M_{i+1} - 2(S_i)^{0.5} \cdot \alpha^{-1} L_i^{-1} (\gamma_{i+1} - \gamma_i), \\ I_i P^2 \gamma_i &= M_i + 2(S_i)^{0.5} \cdot \alpha^{-1} L_i^{-1} (\gamma_{i+1} - \gamma_i), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

мұнда I_i, I_{i+1} — жетелейтін және жетектегі қозғалтқыштардың дөп келулері бойынша инерция иінкүштері, кгм²;

S_i — тартып-тасымалдайтын органның тартылымы, Н;

L_i — қозғалтқыш аралық бөліктің ұзындығы, м;

α — коэффициент, экспериментпен анықталады, Н^{0.5};

γ_{i+1} және γ_i — дөп келетін қозғалтқыштардың тарамдалған координаталары;

M_i, M_{i+1} — дөп келетін келтірілген қозғалтқыштардың иінкүштері, олар қозғағыштармен жасалады, Нм;

$P = \frac{d}{dt}$ — дифференциалдау операторы.

Жүктеме $M_i = M_C$ сыртқы жүктеме болып табылады $i+1$ қозғалтқышының қатынасы бойынша және тұрақты немесе айнымалы болуы мүмкін, ол жүйенің жағдайына, уақытына және массаның жылдамдығына тәуелді. Оқиғаны қарастырайық, яғни M_i тұрақты шама болып табылады.

Қозғалтқыш аралық бөліктегі тартып-тасымалдайтын органның деформациясын $\gamma = \gamma_1 - \gamma_2$ белгілесек, онда (1) теңдеуін шеше отыра

$$\begin{aligned} \gamma &= C \sin \left[2(S_i)^{0.5} \alpha^{-1} L_i^{-1} I_i^{-1} (I_i + I_{i+1}) \right]^{0.5} t + D \times \\ &\times \cos \left[2(S_i)^{0.5} \alpha^{-1} L_i^{-1} I_i^{-1} I_{i+1}^{-1} \right]^{0.5} t + 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i \times \\ &\times (I_i + I_{i+1})^{-1} I_i (M_{i+1} - M_i) + 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_i. \end{aligned} \quad (2)$$

Бастапқы жағдайларын есепке ала интегралдау тұрақтыларын C және D анықтайық. Конвейердің екі қозғалтқышының қозғалысының басынан бастап уақытты есептейміз, яғни келесідей кезде $t = 0$ $\gamma = M_i \alpha L_i / 2\sqrt{S_i}$ және $p\gamma = 0$, және осы жағдайды (2) теңдеуіне қойсақ, табатынымыз: $C = 0$; $D = -0.5(S_i)^{-0.5} (I_i + I_{i+1})^{-1} \cdot \alpha L_i I_i (M_{i+1} - M_i)$.

Сонда тартып-тасымалдайтын органның деформациясы

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i (M_{i+1} - M_i) \cdot I_i (I_i + I_{i+1})^{-1} 1 - \cos 2 \times \\ &\times (S_i)^{0.5} \alpha^{-1} L_i^{-1} (I_i + I_{i+1}) I_i^{-1} I_{i+1}^{-1} \left]^{0.5} t + 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_i. \end{aligned} \quad (3)$$

Орта аралық бөліктегі тартып-тасымалдайтын орган мен қабылдайтын иінкүш

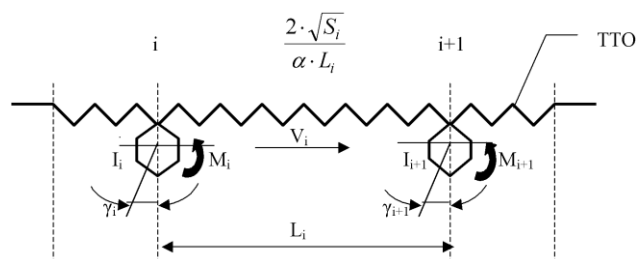
$$\begin{aligned} M_{0,i} &= 2(S_i)^{0.5} \alpha^{-1} L_i^{-1} \gamma = I_i (M_{i+1} - M_i) \cdot (I_i + I_{i+1})^{-1} \times \\ &\times 1 - \cos [2(S_i)^{0.5} \alpha^{-1} L_i^{-1} (I_i + I_{i+1}) I_i^{-1} I_{i+1}^{-1} t]^{0.5} + M_i. \end{aligned} \quad (4)$$

Иінкүштің ең жоғарғы мағынасы

$$M_{0,i,\max} = (2I_i M_{i+1} - 2I_i M_i) (I_i + I_{i+1})^{-1} + M_i. \quad (5)$$

Жазылымдар (3...5) орта аралық бөліктердің тең артылу жағдайы кезінде іске қосу үрдісі мен қозғалтқыштардың жылдамдық алуларына дәл келеді.

Қатпарлы конвейердің тежелу үрдісін қарастырайық. Тежелу иінкүші жетелеуші немесе жетектегі қозғалтқыштарға салынуы мүмкін (1-сурет).



1-сур. Жетелейтін қозғалтқыштың тежелген кезіндегі пәрменді жүктемені анықтау сұлбасы

Жетелеуші қозғалтқышты тежеген кезде тежегіш иінкүші M_{i+1} және иінкүш M_i бірдей таңбада болады. Электрлік қозғағышты сөндірген кезде конвейердің серпінді тартып-тасымалдайтын органы келесідей деформацияға ие болады $M_i \alpha L_i / 2\sqrt{S_i}$, мұның бағыты иінкүштердің M_i және M_{i+1} бағытына кері, сондықтан бастапқы жағдайда келесідей қылып қабылдау қажет $t = 0$, $\gamma = -M_i \alpha L_i / 2\sqrt{S_i}$, сонда

$$M_{\delta, i, \max} = (2I_i M_{i+1} + 2I_i M_i)(I_i + I_{i+1})^{-1} - M_i. \quad (6)$$

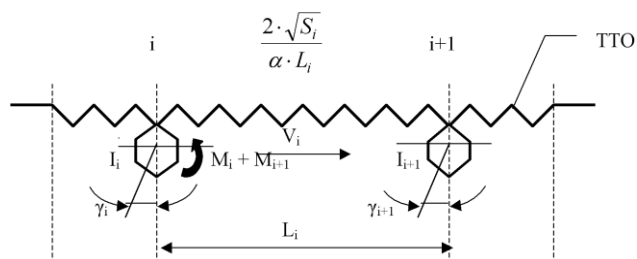
Келесі оқиға, тежегіш иінкүші (2-сурет) жетектегі i -дегі қозғалтқышына салынған кезі және көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің артылған жағдайы.

Ол үшін теңдеу (1) қарастыруымыз қажет және бірінші теңдеудің оң жақ бөлігін нөлге теңестіреміз, ал екінші теңдеуде $M_{i+1} + M_i$ қабылдаймыз, сонда

$$M_{\delta, i, \max} = (2I_{i+1} M_{i+1} - 2I_i M_i)(I_i + I_{i+1})^{-1} + M_i. \quad (7)$$

Енді кішкене түсініктер айта кетсек. Шектілі қозғалтқышты шынжырлы конвейер үдеу жасаған кезде, i -дегі қозғағыштың білігінде иінкүш тез арада өседі, содан кейін төмендейді немесе жоғарлайды (ол қабылдаған қозу сұлбасына және орнатылған электрлік қозғағыштардың басқарылуына байланысты). Үдеудің аяқ жағында біліктегі иінкүш статикалық жүктемеге теңеледі, біздің оқиғамызда M_i . Сонымен, қозғағыштардың иінкүштері үдеу үрдістері кезінде кейбір іске қосудағы ең жоғарғы мағынаға дейін M_n ден M_i өзгереді.

Жүріске келтіретін тетікте әжептәуір қаттылық болған кезде, оның негізгі массаларында тербеліс жиіліктері де едәуір болады. Осыдан, бірінші тербеліс толқынындағы амплитуда ең жоғары дәрежеге, іске қосу иінкүшіне қарағанда, аз уақытта жетеді, салыстырмалы түрде аз өзгереді, сөйтіп өз шамасын сақтап қалады. Осы жағдайларды талдай келе, қарастырып отырған жүйеміз үшін M_{i+1} тұрақты қылып қабылдауымызға болады. Тежеген кезде тежегіш иінкүші, егерде i өзгерсе, онда ол салыстырмалы түрде өте жай болады, сондықтан жоғарыдағы түсіндірмелер бұл жағдайда да өз күшінде қалады.



2-сур. Жетектегі қозғалтқышты тежеген кезіндегі пәрменді жүктемені анықтау сұлбасы

Бастапқыда артылған конвейерді іске қосқанда, қозғағышты іске қосқаннан кейін, қозғалысқа көп қозғалтқышты шынжырлы конвейердің жетелейтін қозғалтқышы (I_{i+1}) келеді. Содан M_i мағынасына дөп келетіндей, кинематикалық тізбектегі элементтердің деформациясы шамаға жеткенде, шынжырлы конвейердің жетелейтін қозғалтқышы да қозғалысқа келеді. Осыдан, бастапқы қозғалыста иінкүш аралас орта аралық қозғалтқыштардағы тартып-тасымалдайтын органда $\hat{E}\hat{E}\hat{O}\hat{E} = M_i \alpha L_i / 2\sqrt{S_i}$, ал деформация жылдамдығы оң болады.

Жетелейтін $i+1$ -дегі орта аралық қозғалтқышта бастапқы кездегі қозғалыста, электрлік қозғағышты іске қосқан уақыттан бастап жетектегі i -дегі қозғалтқыштың жүрісіне дейінгі уақыттағы конвейердегі қозғалыс теңдеуі

$$M_{i+1} = I_{i+1} P\gamma_{i+1} + 2(S_i)^{0.5} \alpha^{-1} L_i^{-1} \gamma_{i+1}. \quad (8)$$

Қабылдайық M_{i+1} тұрақты, бұл иінкүш конвейерді пайдалану жағдайына байланысты айнымалы болып та келуі мүмкін.

Енді жазылым (8) жалпы шешімін табайық, келесідей көрсетілген жағдайларда

$$\gamma_{i+1} = C_1 \sin[2(S_i)^{0.5} (\alpha L_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t + D_1 \cos[2(S_i)^{0.5} (\alpha L_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t + 0.5(S_i)^{-0.5} M_i \alpha L_i. \quad (9)$$

Бастапқы жағдайларын анықтайық, егер $t = 0$, $\gamma_{i+1} = 0$ және $P\gamma_{i+1} = 0$ және, оны (9)-ға қойып, табатынымыз

$$\gamma_{i+1} = 0.5(S_i)^{-0.5} M_i \alpha L_i [1 - \cos[2(S_i)^{0.5} (\alpha L_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t]. \quad (10)$$

Сонда шектілі қозғалтқышты шынжырлы конвейердің жетелейтін қозғалтқышының жылдамдығы

$$P\gamma_{i+1} = 0.5(S_i)^{-0.5} M_i \alpha L_i \left[2 S_i^{0.5} \alpha L_i I_{i+1}^{-1} \right]^{0.5} \times \sin \left[2 S_i^{0.5} \alpha L_i I_{i+1}^{-1} \right]^{0.5} t. \quad (11)$$

Бірінші кезеңде қарастырылған жүйедегі қозғалыста, келесідей уақыт туындауы мүмкін, яғни сыртқы кедергі иінкүші мен серпінді күштердің иінкүштері теңестірілген кездері

$$M_{i+1} = M_i [1 - \cos[2(S_i)^{0.5} (\alpha L_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t_1], \quad (12)$$

мұндағы t_1 — жүйе қозғалысының бірінші кезеңіндегі уақыт.

Ал (12)-ден табатынымыз

$$t_1 = \left[0.5(S_i)^{-0.5} I_{i+1} L_i \alpha \right]^{0.5} \arccos[(M_{i+1} - M_i) M_i^{-1}]. \quad (13)$$

Формула (13)-тің қорытындыларын (11)-ге қойсақ

$$(P\gamma_{i+1})_1 = 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_i [2(S_i)^{0.5} (\alpha L_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} \times \sin \arccos[(M_{i+1} - M_i) M_i^{-1}]. \quad (14)$$

Бұл жазылымды түрлендіреміз

$$(P\gamma_{i+1})_1 = [0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_i I_{i+1}^{-1} (2M_{i+1} - M_i)]^{0.5}. \quad (15)$$

Екінші бастапқы кезеңге жаңа уақыт есептеуін бастасақ және қабылдаймыз $t = 0$ үшін

$$\gamma = \gamma_{i+1} - \gamma_i = 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_i,$$

$$P\gamma = (P\gamma_{i+1})_i = [0.5(S_i)^{-0.5} I_{i+1}^{-1} \alpha L_i M_i (2M_{i+1} - M_i)]^{0.5},$$

тұрақты интегралдаудың жаңа мағыналарын табамыз

$$C = 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i [(I_i + I_{i+1})^{-1} M_i I_i (2M_{i+1} - M_i)]^{0.5},$$

$$D = -0.5(S_i)^{-0.5} (I_i + I_{i+1})^{-1} \alpha L_i I_i (M_{i+1} - M_i).$$

Табылған мағынаны (2) қоямыз

$$\gamma = 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i [(I_i + I_{i+1})^{-1} M_i I_i (2M_{i+1} - M_i)]^{0.5} \sin 2 \times (S_i)^{0.5} (I_i + I_{i+1}) (I_i I_{i+1} \alpha L_i)^{-1}]^{0.5} t - 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_{i+1} - M_i I_i (I_i + I_{i+1})^{-1} \cdot \cos[2(S_i)^{0.5} (I_i + I_{i+1}) (\alpha L_i I_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t + 0.5(S_i)^{-0.5} \cdot (I_i + I_{i+1})^{-1} \alpha L_i (M_{i+1} - M_i) + 0.5(S_i)^{-0.5} \alpha L_i M_i. \quad (16)$$

Конвейердің тартып-тасымалдайтын органымен қабылдайтын иінкүштер шамалары, келесідей жазылыммен анықталады

$$M_{m.o.} = [M_i I_i (2M_{i+1} - M_i)(I_i + I_{i+1})^{-1}]^{0.5} \times \sin[2(S_i)^{0.5}(I_i + I_{i+1})(\alpha L_i I_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t - I_i \times (I_{i+1} + I_i)^{-1} (M_{i+1} - M_i) \cos[2(S_i)^{0.5}(I_i + I_{i+1}) \times (\alpha L_i I_i I_{i+1})^{-1}]^{0.5} t + (M_{i+1} - M_i)(I_i + I_{i+1})^{-1} + M_i. \quad (17)$$

Тартып-тасымалдайтын органның ең жоғарғы мағынасы

$$M_{m.o.} = (M_{i+1} - M_i)(I_i + I_{i+1})^{-1} I_i + I_i (I_i + I_{i+1})^{-1} [M_i \times (2M_{i+1} - M_i) + (M_{i+1} - M_i)^2 I_i (I_i + I_{i+1})^{-1}]^{0.5} + M_i. \quad (18)$$

Әрі қарай зерттеулер жүргізу үшін бізге тарамдалған координаталарды γ_{i+1} және γ_i анықтауымыз қажет, ол үшін (10) теңдеу жүйесін шешу керек.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ақашев З.Т., Малыбаев С.Қ., Тазабеков Н.И., Балғабеков Т.К. Қатпарлы конвейерлердің серпінді өзгерістерін теңгеру тәсілдері: Монография. Қарағанды: ҚарМТУ, 2001. 232 б.

ӘОЖ 622.232.075

Т.У. САРСЕМБАЕВ

О.Т. БАЛАБАЕВ

С.Ж. КОСБАРМАКОВ

Алу машинасының тиеу қабілетінің параметрлерін зерттеу

Тік еңісті көмір қабаттарын қазудың тиімділігін арттыру бағыттарының бірі тау-кен техникасының қазіргі конструкцияларын құру және тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде олардың қауіпсіздігін арттыру бағытында қолданылып жүрген тау-кен техникасын жаңғырту, сондай-ақ меншікті энергия сыйымдылығын және металл сыйымдылығын төмендету болып табылады. Бұл міндеттерге барлық функциональды элементтердің, тік еңісті көмір қабаттарын алуды механикаландыру құралдарының жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ету және кен-геологиялық және кен-техникалық шарттардың конструкциялық-кинематикалық, пайдаланушылық және режимдік параметрлерге әсер етуін есепке алу кезінде әбден толық қол жеткізіледі [1].

«Долинская» шахтасы жағдайларындағы стендтік сынаулар және шахталық эксперимент көрсеткендей [2], көмірді жебе тәрізді атқару органдары бар алу машиналарымен шеттен алу кезінде уатылған массаның бір бөлігі қорапқа түспей, одан асып түсуі мүмкін. Бұл пайдалы қазбалардың шығындалуына әкеліп соғады, сондай-ақ адамдардың жарақаттану қауіптілігіне әкелуі мүмкін.

Осыған байланысты атқару органы тәжінің тиеу қабілеттігін аналитикалық зерттеу қажет, өйткені оның нәтижесінің ВМФ-4КН алу машинасының атқару органының тиеу қабілетін негіздеу және тазарту жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігін арттыру көзқарасынан практикалық шығысы бар. Ол үшін суретте бейнеленген есептік сұлбаны пайдаланамыз.

Келтірілген сұлбадан көрініп тұрғандай (сурет-а), асыра лактыру шарты былай өрнектеледі:

$$|\vec{f} \vec{A}| > |\vec{O} \vec{W}|. \quad (1)$$

О нүктесінен А нүктесіне құлау уақыты:

$$t = \sqrt{\frac{z_{00'} + \Delta z}{g}},$$

мұнда g -еркін түсу үдеуі.

$$t = 0,45 \sqrt{\frac{m}{\cos \alpha + \Delta z}}. \quad (2)$$

б-суреттен t шамасын былай өрнектеуге болады:

$$t = \frac{|OA|}{V}, \text{ мұнда } |OA| = \frac{\Delta \phi}{\sin \beta} = \frac{\Delta z}{\sin \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha}.$$

V — көмір кесегіне тәжбен берілетін сызықтық жылдамдық және оны былай анықтауға болады:

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D_K}{60} = 0,052 \cdot n \cdot D_K,$$

мұнда D_K — тәж диаметрі, м;

ω — тәждің айналуының бұрыштық жылдамдығы, c^{-1} .

Сөйтіп:

$$t = \frac{\Delta z}{\sin \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot V}, \quad (3)$$

мұнда β — атқару органының шабуыл бұрышы, град;

α — қабаттың көлбеу бұрышы, град.

(2) және (3)-теңдеулер жүйесін шешіп, мынаны анықтаймыз:

$$\Delta z = 0,102 \cdot R + \sqrt{0,104 \cdot R^2 + 0,204 \cdot \frac{m}{\cos \alpha}} \cdot R, \quad (4)$$

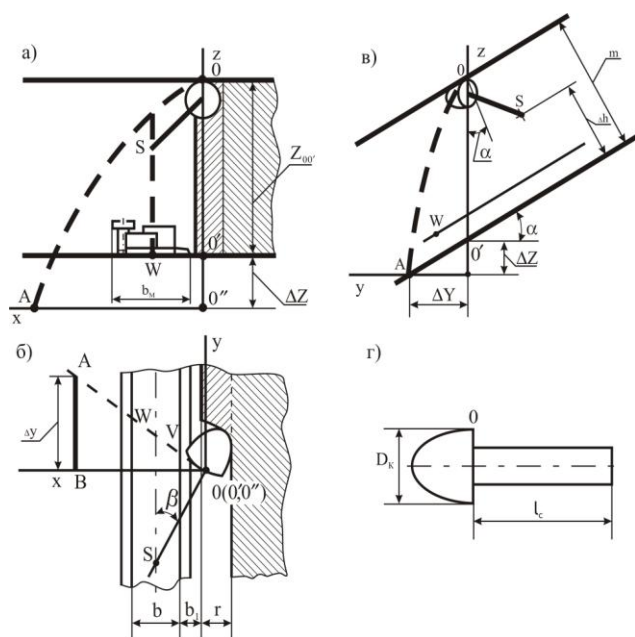
мұнда m — қабаттың алынатын қуаты, м.

$$R = (\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot V)^2. \quad (5)$$

Көмірді алу жоғарыдан төмен және төменнен жоғары қарай жүргізілетінін есепке алсақ, жалпы жағдай үшін Δz мына түрде анықталады:

$$\Delta z = \pm 0,102 \cdot R + \sqrt{0,104 \cdot R^2 + 0,204 \cdot \frac{m}{\cos \alpha}} \cdot R, \quad (6)$$

мұнда «+» таңбасы — жоғарыдан төмен қарай;
«-» — төменнен жоғары қарай алу.



Шеттен алу кезінде жебе тәрізді атқару органының тиеу қабілетін анықтауға есептік сұлба:
а — тәждің жоғарғы бөлігінде көмір кесектерін жинау;
б — көмір кесектері траекториясының есептік сұлбасы;

в — шабуыл бұрышы кезінде орналасу сұлбасы;
г — жебенің конструкциялық параметрлері.

Сөйтіп:

$$|OA| = \pm 0,102 \cdot V \cdot \sqrt{R} + \sqrt{0,0104 \cdot V^2 \cdot R + 0,204 \cdot \frac{m \cdot V^2}{\cos \alpha}}, \quad (7)$$

ал асыра лақтыру шарты былай өрнектеледі:

$$\pm 0,102 \cdot V \cdot \sqrt{R} + \sqrt{0,0104 \cdot V^2 \cdot R + 0,204 \cdot \frac{m \cdot V^2}{\cos \alpha}} > \frac{b + b_1}{\cos \beta}, \quad (8)$$

мұнда b — жеткізу машинасының пайдалы ені, м;

b_1 — жеткізу машинасынан тазарту забойының сызығына дейінгі ара қашықтық, м.

Сөйтіп, R (5)-өрнектен анықталады.

Алынған тәуелділікті талдау көмірді асыра лақтырудың негізгі факторлары: тәждің айналу жиілігі; қабаттың алынатын қуаты және құлау бұрышы; алу бағыты болып табылатынын көрсетті.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Флангово-фронтальная выемка пластовых месторождений / Сагинов А.С., Квон С.С., Лазуткин А.Г., Ермаков Т.Е. Алма-Ата: Наука, 1983. 280 с.
2. Ермаков Т.Е. Научные основы издания очистных комплексов на базе автоматизированных выемочных манипуляторов для отработки локальных участков и пластов со сложными условиями: Дис. ... докт. техн. наук. Караганда: КарГТУ, 1996. 580 с.

УДК 622.647

И.И. ТАЗАБЕКОВ

Контроль эксплуатационных параметров пластинчатых конвейеров с применением микропроцессорного весоизмерителя

Отечественный и зарубежный опыт разработки и эксплуатации многоприводных пластинчатых конвейеров (МПК) показывает, что для обеспечения эффективности их функционирования необходимо решение вопросов, связанных с возникновением дополнительной упруговязкой деформации тяговых органов, вызванной рядом факторов, к которым относятся: изменения загрузки конвейера, разнозначность шага звеньев тяговой цепи, статическая ошибка систем регулирования и др.

Дополнительная упруговязкая деформация тяговых органов МПК из-за указанных факторов компенсируется системой автоматической компенсации, которая изменяет длину става при постоянной длине тягового органа с помощью специальной секции — компенсирующего устройства (КУ), устанавливаемого перед каждым приводом по ходу движения цепи [1].

Для реализации системы автоматической компенсации необходимо обеспечить непрерывный контроль следующих эксплуатационных параметров

конвейерной установки: загрузка межприводных участков; действительное натяжение в точке сбега с промежуточным приводом; требуемое расчетное натяжение в точке сбега; действительная скорость движения тягово-несущего органа [1].

Решение этих задач обеспечивает разработанный комплекс средств контроля эксплуатационных параметров (СКЭП), в который входят следующие устройства: конвейерные весоизмерители для измерения производительности и загрузки межприводного участка; датчики натяжения сбегающей с промежуточного привода ветви тягового органа; вычислительные устройства определения массы материала на межприводных участках МПК, системы автоматического регулирования приводами КУ.

Номинальные (расчетные) значения натяжения в точках сбега с приводов $S_{сб.р.}$, соответствующие данному режиму нагрузки для любого i -го участка грузовой ветви, вычисляются микроЭВМ после

расчета величины нагрузки на соответствующем межприводном участке (рис. 1).

На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1 — промежуточные приводы; 2 — погрузочные пункты; 3 — блок программной памяти; 4 — датчик силоизмерительный; 5 — блок датчиков положения ходовых роликов; 6 — блок измерительных усилителей; 7 — формирователь сигналов сопровождения; 8 — цифровой коммутатор; 9 — блок управления и синхронизации; 10 — датчики усилия; 11 — компенсирующее устройство; 12 — микропроцессорное вычислительное устройство; 13 — цифро-аналоговый преобразователь; 14 — блок индикации; 15 — блок печатания; 16 — датчик положения ходового ролика; 17 — аналого-цифровой преобразователь; 18 — САР i -го компенсирующего устройства; 19 — САР $i+1$ -го компенсирующего устройства; 20 — узел сравнения; 21 — блок управления комплексом.

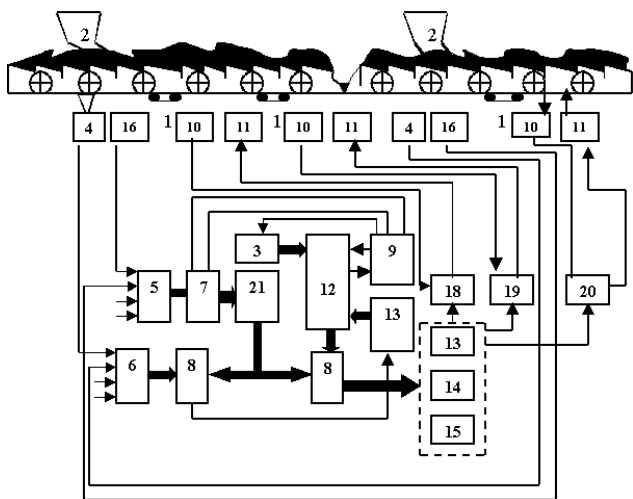


Рис. 1. Компенсирующее устройство с весоизмерительным комплексом на многоприводном конвейере

Среднее значение линейной плотности полотна с грузом на межприводном участке рассчитывается после определения статической нагрузки на межприводном участке по разности показаний конвейерных весоизмерителей (КВ), установленных после последовательно расположенных пунктов погрузки: $ПП_i, ПП_j$.

Конвейерные весоизмерители включают в себя грузоприемное устройство (ГУ), датчик силоизмерительный (ДС), датчик положения ходовой опоры на направляющей ГУ (ДП), блок измерительных усилителей (БИУ).

Основой системы контроля эксплуатационных параметров (СКЭП) управления приводом МПК является ПЭВМ IBM PC XT, реализующая программные методы измерения массы груза на каждой опоре, расчет горной массы на межприводных участках, расчет номинального натяжения и выдачу управляющего воздействия в систему автоматического управления приводом КУ.

МикроЭВМ выдает расчетное значение усилия на один вход элемента сравнения схемы управления приводом КУ в виде аналоговых сигналов $Us_{сб.р.}$.

Действительные значения скорости движения тягового органа ω_d и усилия $S_{сбд}$ измеряются датчиками скорости и датчиком усилия (ДУ) и подаются на входы элемента сравнения в виде сигналов $U_{сб}$, $U_{сбд}$. Разность сигналов $U_{\Delta c}$, $U_{\Delta s}$ воздействует на систему регулирования приводом КУ, заставляя ее компенсировать отклонение значений действительного натяжения от расчетного.

Измерение мгновенной и интегральной производительности МПК для оперативного учета транспортируемой горной массы, а также определения величины загрузки межприводных участков для систем управления и регулирования обеспечивают конвейерные весоизмерители.

Учитывая задачи, решаемые конвейерными весоизмерителями в комплексе с устройствами расчета массы груза на межприводных участках небольшой длины, и использование современной цифровой вычислительной техники, применен дискретный метод суммирования «порций» горной массы на участках несущего полотна, соответствующих отдельным ходовым опорам. Реализация дискретного метода измерения массы выполнена на основе базовой кинематической схемы и конструкции ГУ. Фактическое усилие в точке сбега с промежуточного привода определяется косвенным методом по равнодействующей приложенной к середине компенсирующего устройства.

Примерный расчет погрешности измерения натяжения при установлении датчика в середине КУ производим по исходным данным: $l_c = 0,8$ м; $\lambda = \pm 0,6$ м; $h = 2,6$ м; $S_{сб} = 10000$ Н; $L_c = 12,4$ м. Тогда относительная погрешность измерения по $\Delta g_{\lambda \approx 0,6} = \pm 1,3\%$. Знак относительной погрешности показывает, что с увеличением величины h величина усилия на датчик натяжения уменьшается и наоборот.

Необходимая точность определения производительности конвейера регламентируется требованиями ГОСТ 12409-66, 11762-66, устанавливающими допустимую точность учета руды и угля при их отгрузке потребителю не ниже $+1,0\%$. Требования к точности определения величины загрузки межприводных участков можно сформулировать из условия обеспечения устройством компенсации упругих деформаций коэффициента запаса прочности тяговой цепи $n \geq 7$. Для заданной длины межприводного участка коэффициент запаса прочности тяговой цепи определяется по следующей формуле:

$$n = \frac{k \cdot Z \cdot P_{\Delta c d}}{L_B g q_c (\omega' \cos \beta \pm \sin \beta) 0 + S_{\Delta c d} + \Delta S}, \quad (1)$$

где k — коэффициент неравномерности;

Z — число параллельных цепей;

$P_{разр}$ — разрушающее усилие; Н;

L_B — длина межприводного участка, м;

ω' — коэффициент основного сопротивления движения;

β — угол установки конвейера, град;

$S_{сб}$ — натяжение в точке сбега с привода, Н;

$[\Delta S]$ — допустимое приращение усилия в тяговой цепи, Н;

q_c — суммарная линейная плотность с грузом, кг/м.

Величина допустимого приращения усилия в тяговой цепи находится из выражения [2]

$$\Delta S = (0,1 \cdot W \pm 0,8 \cdot S_{\text{нб}}) \cdot \hat{E}_1, \quad (2)$$

где K_1 — постоянный коэффициент, $K_1 = 4$ для конвейера П-80К (для случая работы в аварийном режиме).

Подставляя выражение (2) в (1) и учитывая, что при наличии ошибки Δq_c измерения линейной плотности суммарная линейная плотность по показаниям КВ будет $(q_c \pm \Delta q_c)$, получим формулу для расчета относительной погрешности измерения мгновенной производительности:

$$\Delta = \left[\frac{k \cdot Z \cdot P_{\text{дв}} - S_{\text{нб}} - (0,1 \cdot \omega \pm 0,8 \cdot S_{\text{нб}}) - K_1}{L_B \cdot g \cdot q_c (\omega' \cos \beta \pm \sin \beta)} - 1 \right] \cdot 100. \quad (3)$$

Для количественной оценки возможной погрешности измерения рассмотрим пример установки КВ на конвейере КФР-2 для предприятия Жезказганского ГМК со следующими параметрами: длина $L_B = 600$ м, суммарная линейная плотность с грузом $q_c = 420$ кг/м, предельный угол установки конвейера $\beta = 15^\circ$, конвейер одноцепной, тип цепи — круглозвенная 1х24х86хС с разрушающим усилием $P_{\text{разр}} = 790$ кН, длина межприводного участка $L_B = 60$ м. Тогда по (3)

$$\Delta = \left[\frac{1 \cdot 1 \cdot 790000}{60 \cdot 9,81 \cdot 420 (0,025 \cos 15^\circ + \sin 15^\circ)} - 1 \right] \times 100 = -2,47\%.$$

Таким образом, точность конвейерных весоизмерителей в пределах $\pm 1\%$ удовлетворяет требованиям как учета горной массы, так и измерения загрузки межприводных участков [2].

Рассмотрим основные требования к точности определения натяжения в тяговой цепи. Установлено, что перераспределение нагрузки между приводами МПК не произойдет, если длина несущего полотна на межприводном участке будет величиной постоянной. Для выполнения этого условия допустимая угловая ошибка системы автоматического регулирования (САР) скорости движения тягового органа МПК рассчитывается из выражения

$$\xi = 2 \cdot \pi \cdot \alpha \sqrt{S_{\text{нб}} + S_{\text{аи}}} - \sqrt{S_{\text{нб}}}, \quad (4)$$

где $S_{\text{нб}}$ — усилие в тяговом органе при срабатывании САР, Н;

ξ — угловая ошибка САР, %;

$S_{\text{доп}}$ — дополнительные уравнивающие усилия на межприводном участке, Н.

Дополнительные уравнивающие усилия можно определить по формуле

$$S_{\text{доп}} = S'_{\text{сб,р}} + W' - S_{\text{нб}}, \quad (5)$$

где $S'_{\text{сб,р}}$ — расчетное значение усилия в точке сбега с привода, соответствующее данному

режиму нагрузки, Н;

$W' = L_B \cdot q' \cdot c (W' \cos \beta \pm \sin \beta) \cdot g$ — сопротивление движению на межприводном участке, соответствующее данному режиму нагрузки, Н.

Подставив значение $S_{\text{доп}}$ из равенства (5) в формулу (4), имеем:

$$\xi = 2 \cdot \pi \cdot \alpha \sqrt{S_{\text{нб}} + W'} - \sqrt{S_{\text{нб}}}. \quad (6)$$

Погрешность контроля натяжения приводит к увеличению угловой ошибки САР, и величина приращения усилия в тяговом органе может превысить максимально допустимое из условия прочности тяговой цепи значение [2].

Рассмотрим условия, при которых величина дополнительных усилий в тяговом органе не выходит за пределы допустимых значений. Учитывая (5) и (6), получим следующее условие:

$$\left(\frac{\xi}{2 \cdot \pi \cdot \alpha} - \sqrt{S_{\text{нб}}} \right)^2 - S_{\text{нб}} = (S'_{\text{нб}} + W') - (S_{\text{нб}} + W'), \quad (7)$$

где $(S'_{\text{сб,р}} + W')$ — расчетное усилие в тяговом органе и сопротивление движений на участке при наличии погрешности контроля натяжения; $(S_{\text{сб,р}} + W)$ — то же, при отсутствии погрешности. Из выражения (7) видно, что величина погрешности контроля натяжения зависит от угловой ошибки САР и может быть найдена из выражения

$$\Delta_g = \frac{S_{\text{нб}} \left[\xi^2 + 1^2 - 1 \right]}{S_{\text{нб}} + W} \cdot 100, \%. \quad (8)$$

Зависимость Δ_g от величины угловой ошибки САР для различных типов тяговых цепей: 1х24х86хВ; 2х24х86хС; 1х24х86хС; 2х24х86хД показывает что при допустимой угловой ошибке САР в установившемся режиме $\xi = 0,001$ рад ($\xi = 1,4\%$), величина погрешности измерения усилия в тяговом органе по $\Delta_g \leq 2,79\%$.

Таким образом, требования, предъявляемые к СКЭП, можно сформулировать следующим образом:

- погрешность учета горной массы и определение нагрузки на межприводных участках $\pm 1\%$;
- погрешность измерения фактического усилия в точке сбега с промежуточного привода $\pm 2,8\%$.

Подпрограмма «Натяжение», в соответствии с рис. 2, обеспечивает расчёт величины усилия $S_{\text{сб,р}}$ в точке установки компенсирующего устройства.

Работоспособность алгоритма проверена на ЭВМ СМ-1, в качестве примера моделировались условия работы конвейера П-80К на Качканарском ГОК. Исходные данные для расчёта $S_n = 42000$ Н; $b_p = 1,376$ м; $L = 0,9$ м; $N_2 = 23$; $L_{81} = 61$ м; $L_{82} = 30$ м; $K = 2$; $q = 0,12-0,51$ т/м.

Результаты приведены в таблице.

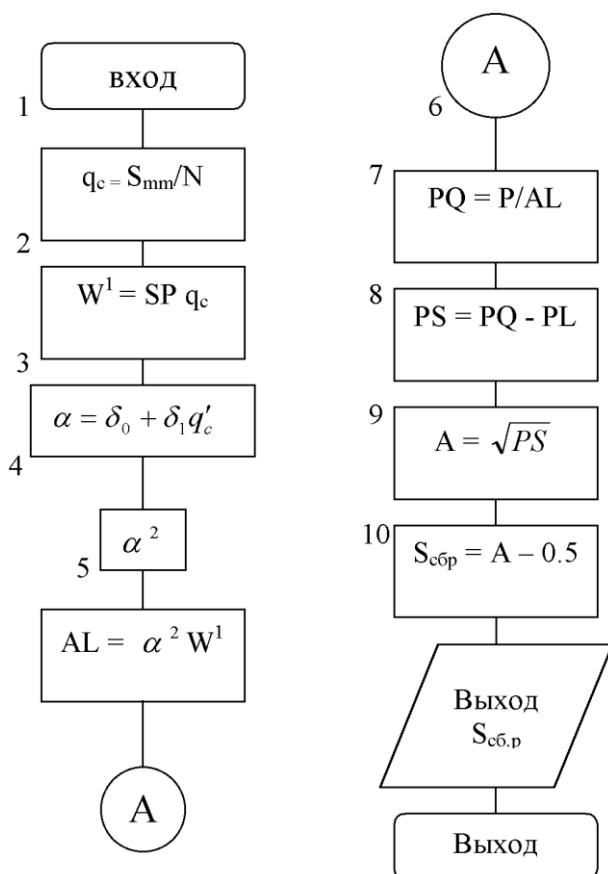
q , м	Q , тч	M_1 , т	$S_{\text{сб,р}}$ кН
0,2898	1147,61	8,7003	10,1930
0,2835	1122,66	8,7381	10,210
0,2520	997,920	8,7570	10,482
0,1953	773,388	8,6877	10,300
0,2520	997,920	8,6814	10,662

0,1575	623,700	8,6436	10,597
0,1658	648,648	8,6456	10,622
0,1575	625,700	8,6247	10,727
0,1323	523,908	8,5428	10,263
0,2646	1047,82	8,4294	10,127
0,3150	1247,40	8,5050	10,300
0,2520	997,920	8,5995	10,526
0,1822	723,492	8,6688	10,460
0,2016	798,336	8,6499	10,358
0,2331	923,076	8,6877	10,049
0,3465	1372,14	8,7822	10,095

Рис. 2. Блок-схема подпрограммы «Натяжение»

Номинальные (расчётные) значения натяжения в точках сбега с привода $S_{сб,р}$, соответствующие данному режиму нагрузки для любого i -го участка грузовой ветви, определяются после расчета величины нагрузки на соответствующем межприводном участке [1,3].

Среднее значение линейной плотности полотна с грузом на межприводном участке рассчитывается после определения статической нагрузки на межприводном участке по разности показаний КВ, установленных после последовательно расположенных пунктов погрузки.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данияров А.Н., Ловягин Н.Е., Тазабеков И.И. Принцип контроля эксплуатационных параметров многоприводных пластинчатых конвейеров с применением ПЭВМ // Сб. научных трудов. Караганда: КарПТИ, 1993. С. 79-83.
2. Акашев З.Т., Малыбаев С.К., Тазабеков И.И., Балгабеков Т.К. Қатпалы конвейерлердің серпінді өзгерістерін тенгеру тәсілдері. Қарағанды, 2001. 232 б.
3. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. М., 1964. 440 с.

УДК 621.878/879

Е.С. БЕСТЕМБЕК
А.М. ТАЙШИКОВА

Фрезерные машины для резания мёрзлых и прочных грунтов

Щели в мерзлом грунте нарезают для укладки кабеля, трубопроводов малого диаметра, а также для послойной разработки грунтов. Основными рабочими органами для нарезания щелей служат баровые устройства, дисковые и кольцевые фрезы. Фрезерные машины создают на базе гусеничных тракторов или роторных траншейных экскаваторов. Их конструктивная схема, как и принцип работы,

аналогична роторным экскаваторам.

Основным отличием является небольшая (до 270 мм) ширина отрываемой щели и небольшая по сравнению с диаметром фрезы глубина щели, которая ограничена условиями выноса разрушенного грунта на поверхность.

При расчете фрезерных машин силу резания определяют как для элементарных режущих

профилей, а мощность, необходимую для привода фрезы, — как мощность роторного многоковшового экскаватора.

Соотношение толщины стружки и ширины реза выбирается в тех же пределах, что и для баровых машин. Для уменьшения энергоемкости процесса целесообразно применять удлиненные резцы, что увеличивает объем скалывания грунта, уменьшая тем самым удельное усилие резания. По экспериментальным данным, оптимальная скорость резания диско-фрезерных машин находится в пределах 2,0-2,5 м/с.

На эффективность буровых и фрезерных рабочих органов влияют скорости резания и подачи, геометрия зубьев и их рациональная расстановка. Резцы нужно устанавливать так, чтобы предыдущие обеспечивали последующим работу в условиях полублокированного или свободного резания. В связи с разнообразными прочностными свойствами мерзлых грунтов необходимо предусматривать возможность изменять скорости рабочих органов в широком диапазоне, лучше всего бесступенчатым способом, обеспечивающим наибольшую производительность машины [1].

Для разработки мерзлых грунтов на глубину до 0,5-0,6 м применяют землеройно-фрезерные машины (рис. 1).

Она состоит из тягача 1 и навесного оборудования. Фреза 6 приводится во вращение от коробки отбора мощности 2, вращение передается через карданный вал 4 и редуктор 5. Подъем и опускание фрезы, а также создание напорного усилия осуществляются гидроцилиндром 3 [2].

Резание дисковыми фрезами можно осуществлять прямым или обратным фрезерованием (рис. 2). Прямое фрезерование при разработке мерзлых грунтов более рационально, так как размеры стружки нарастают равномернее и рабочий орган работает с меньшими динамическими воздействиями.

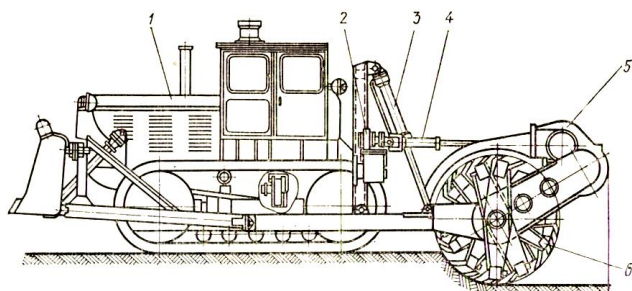


Рис. 1. Землеройно-фрезерная машина

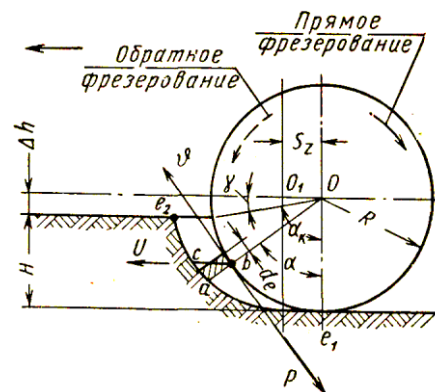


Рис. 2. Схема резания мерзлого грунта дисковой фрезой

Мощность, необходимая для нарезания щели в мерзлом грунте, может быть с достаточной для практических целей точностью определена по формуле

$$N = \frac{PR}{225v_\phi^2} \left[v_\phi + v_n^3 + \sqrt{v_\phi^2 + v_n^2 + 2v_\phi v_n \cos \alpha}^3 \right] \text{ ё.л.},$$

где P — усилие резания в кГ;

R — радиус фрезы в см;

v_ϕ — окружная скорость фрезы в м/с;

v_n — поступательная скорость агрегата в м/с;

α — угол рабочего контакта фрезы.

При фрезеровании пальцевой фрезой

$$N = \frac{ksHD_\phi n_\phi}{60 \cdot 75} \text{ ё.л.},$$

где k — коэффициент удельного сопротивления резанию при фрезеровании мерзлого грунта в кГ/см²;

s — подача на один оборот фрезы в см;

H — глубина траншеи в см;

D_ϕ — ширина траншеи (диаметр фрезы) в м;

n_ϕ — число оборотов фрезы в минуту.

Одним из существенных недостатков диско-фрезерных машин является необходимость выбора больших диаметров фрез при нарезании глубоких щелей. Для обеспечения устойчивости фрезерного диска против выпучивания его необходимо проверять на критическую силу резания

$$P_{\text{ед}} = \frac{4k_0 B}{D_\phi^2},$$

где k_0 — коэффициент, учитывающий соотношения диаметра и толщины, принимается $k_0 = 15-20$;

B — коэффициент, зависящий от материала диска и его толщины, принимается $B = 2-2,5$;

D_ϕ — диаметр диска.

При фрезеровании может быть скоростное или силовое резание, первое обеспечивается при скорости фрезерования $v_\phi = 6-9$ м/с; силовое — при $v_\phi = 2-2,5$ м/с. Опыты показывают, что силовое резание мерзлых грунтов более рационально — оно обеспечивает меньшую энергоемкость и повышенную надежность.

У диско-фрезерных машин диаметр диска составляет 0,4-2,7 м, что позволяет нарезать щели глубиной до 1,2 м. Однако изготовление режущих дисков диаметром более 1 м вызывает значительные

затруднения. На рис. 3 показана схема диско-фрезерной машины конструкции Горьковского политехнического института. Несколько большее распространение для нарезания щелей имеют машины с режущими органами в виде двух бар, навешиваемых на многоковшовые траншейные экскаваторы. Однако такие машины пока серийно не изготавливаются.

Разработка мерзлого грунта с нарезанием щелей производится двумя машинами, из которых одна нарезает сетку щелей, а другая, чаще всего одноковшовый экскаватор с оборудованием обратной или прямой лопаты, складывает призмы мерзлого грунта.

Перспективным является комбинированный способ рыхления, при котором по нарезанной продольной щели вслед за баром перемещается механизм, периодически складывающий межщелевой целик грунта в сторону ранее пройденной щели. При этом

необходимость нарезки поперечных щелей.

При таком способе объем работ землеройной машины уменьшается в 2-3 раза, стоимость предварительного рыхления снижается в 1,5-2,5 раза.

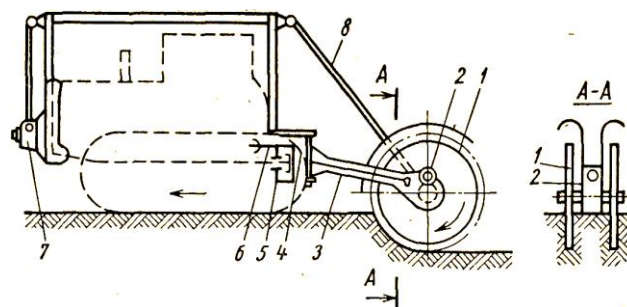


Рис. 3. Схема диско-фрезерной машины

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

Режущую часть фрезерных дисков и цепных бар теперь выполняют наборными из комплекта трех обычных резцов в одном ряду и одного резца — клина, назначение которого — скалывать целики, оставшиеся между прорезанными щелями. При такой схеме режущей части рабочего органа снижаются энергозатраты и несколько увеличивается стойкость резцов. В этом случае около 30% грунта разрушается несвободным резанием, 40-45% — полусвободным резанием, 25-30% — скалывающим действием клина. Скорость резания при нарезании щелей достигает 0,6-1,0 м/с при рабочей скорости агрегата 25-60 м/ч [3].

Тяговое усилие при разработке щели определяется технической характеристикой базовой машины. В соответствии с этим необходимо определять тяговое усилие в зависимости от сил сопротивления резанию грунта. И таким образом можно подбирать базовый трактор по значению тягового усилия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожные машины. Ч. I. Машины для земляных работ / Т.Б. Алексеева, К.А. Артемьева, А.А. Бромберг и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972. 504 с.
2. Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1980. 334 с.: ил.
3. Машины для земляных работ: Учебник / Н.Г. Гаркави, В.И. Аринченков, В.В. Карпов и др.; Под ред. Н.Г. Гаркави. М.: Высш. школа, 1982. 335 с.: ил.

УДК 656.2

К.С. ТАЛАСПЕКОВ

Концепция развития структур железнодорожных транспортных комплексов

Современные принципы системного анализа при исследовании развивающихся сложных систем

Современная тенденция применения системного подхода при исследовании процессов функционирования и развития систем любого класса

— это не вызывающий никаких сомнений реальный факт.

В конце XX века и в начале XXI века в общей методологии системного анализа выделяются два макроподхода в развитии системного мышления.

Первый макроподход (общая теория систем, кибернетика) изучает *устойчивость* и *равновесие* систем, основные акценты здесь сделаны:

- на построении универсальных теоретических концепций, описывающих все возможные типы систем (общая теория систем) или общие свойства живых и неживых систем (кибернетика);
- широком использовании метода моделирования, а впоследствии — компьютерного моделирования;
- ориентации на биологические, технические, социальные, частично психологические приложения.

Только в 70-80-е годы XX века в системном мышлении в полной мере произошел кардинальный поворот. Главная отличительная особенность второго периода развития системных исследований состоит в переходе от исследования равновесных состояний систем к анализу неравновесных и необратимых состояний сложных систем. Этот период в различных литературных источниках также называется *переходом от изучения простых к исследованию сложных систем*.

В эти годы в научной литературе получили известность ранние исследования по неустойчивым динамическим системам, теория неустойчивых необратимых термодинамических систем И. Пригожина, теория катастроф Р. Тома и В.И. Арнольда, синергетика Г. Хакена, теория хаоса и аналогичные концепции. Их основная цель — разработка теоретических и методологических средств понимания хаоса, необратимости, нелинейности, неустойчивости, неравновесности и порядка.

Согласно этим представлениям, объектами современного системного исследования являются сложные динамические системы, состоящие из большого числа взаимодействующих частей (подсистем). Стационарное, т.е. не зависящее от времени, состояние таких систем, как правило, неустойчиво: отклонение от такого состояния растет с течением времени. В области неустойчивости даже малые воздействия могут вызывать в структуре системы необратимые изменения.

В последние десятилетия начало формироваться новое научное направление, получившее название *синергетика*. Этот термин происходит от греческого слова «синергия» — содействие, сотрудничество, кооперация и введен в научный обиход немецким физиком Германом Хакеном. Данное научное направление претендует на роль самоорганизации термодинамически неравновесных структур. Основной акцент в синергетике переносится со взаимодействия элементов сложной системы на внешние эффекты, порождаемые структурными изменениями. Эти эффекты принято называть синергетическими или кооперативными. Главная особенность синергетических эффектов — упорядоченность, целенаправленность поведения сложной системы при относительной хаотичности поведения отдельных элементов.

Отметим, что еще одна важная особенность современного системного анализа при моделировании развивающихся сложных систем связана с таким понятием, как состояние.

Здесь необходимо отметить следующее. В зависимости от степени абстрагирования при описании технико-технологических свойств транспортных комплексов необходимо различать два основных иерархических уровня: верхний (*макроуровень*) и нижний (*микроуровень*). Так как транспортные комплексы (железнодорожная сеть, железнодорожные направления и участки, железнодорожные станции и узлы) относятся к числу сложных динамических систем, то в них можно выделить два уровня описания состояний этих систем: нижний (микроуровень), где преобладают случайные процессы, и верхний (макроуровень), где случайные процессы как бы сливаются в детерминистические.

При микроскопическом подходе предполагается детальное изучение структуры транспортных комплексов в окрестности их стационарного (устойчивого) состояния. Здесь исследуются неделимые по функциональному признаку компоненты (например, горловины парков, парки путей) таких комплексов. При этом, естественно, каждый компонент рассматривается как система, состоящая из множества функциональных однотипных элементов одной и той же физической природы (пути, стрелочные переводы), взаимодействующих между собой и находящихся под воздействием внешней среды и других элементов комплекса, также являющихся внешней средой по отношению к другим компонентам.

На макроуровне исследуемый объект рассматривают как динамическую систему с сосредоточенными параметрами. При таком подходе описание состояния любой системы абстрагируется от внутреннего строения, т.е. система рассматривается как «черный ящик».

Как показали наши исследования, при прогнозировании процессов развития станции и узлов на достаточно больших интервалах времени на первый план выходит именно макроскопический подход описания состояний этих систем. При этом мы должны определить такие макроскопические величины, не сводимые к сумме микроскопических величин, которые могут однозначно описать состояние технико-технологической структуры определенного класса транспортных комплексов.

Таким образом, процессы как формирования, так и развития структур транспортных комплексов могут быть наиболее адекватно исследованы и математически описаны только в рамках современных принципов системного анализа развивающихся сложных систем. Нижеследующие принципы исследования процессов формирования и развития таких сложных транспортных комплексов, как железнодорожных станций и узлов, будут идти именно в рамках этих новых представлений.

Системные принципы формирования структур железнодорожных станций и узлов

К началу 30-х годов XX века в станционной науке определенно осмысливалась идея процессов построения схем и развития станций и узлов. Были выработаны в основном понятия структуры, в какой-

то мере отделены процессы развития от процессов расширения.

Были сформулированы следующие основные принципы формирования структур железнодорожных станций:

- а) составление «элемента» станции, из которого в дальнейшем строится схема;
- б) составление сочетаний «элементов», т.е. получение максимальных схем;
- в) упрощение и рационализация схем за счет объединения и слияния отдельных устройств;
- г) выявление неизбежных внутренних пересечений, возникающих благодаря объединению устройств;
- д) исключение явно неудобных схем.

При этом основные идеи формирования структур станций и узлов должны опираться на взаимодействия типа «*поток транспортных единиц ↔ технические устройства*». С таких позиций железнодорожные станции и узлы имеют следующие структурные особенности:

- их границы в пространстве, как правило, четко очерчены и в значительной степени определяются внутренними особенностями структур самой системы;
- структура таких транспортных комплексов имеет четкую морфологию (некая зафиксированная в пространстве, наблюдаемая, физически реализованная совокупность звеньев структуры системы);
- основные потоки транспортных единиц между компонентами (элементами) таких систем осуществляются по определенным каналам, локализованным в пространстве.

При рассмотрении процессов формирования станций и узлов также особое значение приобретают *топологические* (геометрические) признаки их структур. Результатом таких подходов является возможность выработки основных принципов структурного анализа таких организованных транспортных комплексов, как железнодорожная станция или железнодорожный узел.

Например, при классификации 100 крупнейших железнодорожных узлов СССР профессор С. В. Земблинов и его ученики пришли к следующим результатам.

Узлов с одной станцией	3
Крестообразных	5
Вытянутых в длину	27
Кольцевых	1
С параллельным расположением станций	1
Комбинированных	16
Нетипичных	39
Треугольных	8

Анализ показывает, что более половины (55 из 100) рассмотренных узлов относятся к комбинированным и нетипичным, т.е. не принадлежат к числу четко выраженных схем, принятых в ТУПС того времени, анализе нетипичных узлов.

При анализе 15 крупных железнодорожных узлов Республики Казахстан мы пришли к таким результатам:

Узлов с одной станцией	6
Комбинированных	1
Вытянутых в длину	4
Нетипичных	4

Таким образом, более 2/3 (или более 66%) железнодорожных узлов Республики Казахстан относятся к узлам с одной станцией и вытянутым в длину, а остальные 33 % — к комбинированным и нетипичным узлам.

Как видим, при классификации железнодорожных узлов особое значение имеют топологические представления схем данных узлов. Классификации «поддались» простые по геометрической форме узлы: узлы с одной станцией, вытянутые в длину, с параллельным расположением станций, треугольные, крестообразные и кольцевые. Для схем более сложных железнодорожных узлов, т.е. для узлов с более сложной топологией, данная принятая классификация оказалась недостаточной и нам приходится ее усложнить. Другими словами, усложнение топологии есть следствие усложнения структур многих схем транспортных и железнодорожных узлов. Так появились следующие дополнительные типы железнодорожных узлов: тупиковые, радиальные, узлы с параллельными ходами, узлы с неполным кольцом.

В работах профессоров Н.В. Правдина и В.Я. Негрей (белорусская школа) процесс формирования и развития структур транспортных узлов предлагается разбивать на четыре крупные теоретические стадии (рис. 1) [1].

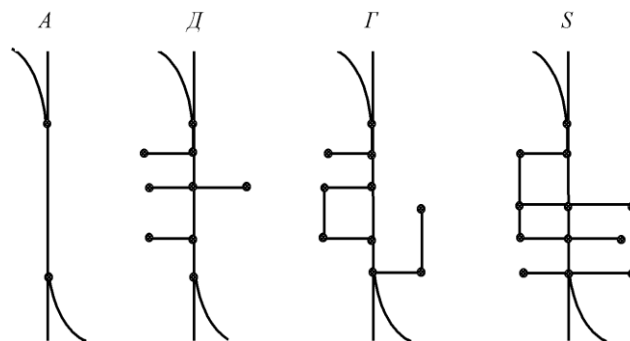


Рис. 1. Теоретические стадии развития структур транспортных узлов

Эти стадии имеют следующие характерные признаки:

стадия А — первоначальное появление одной простейшей транспортной цепочки с однокомплексным сосредоточенным расположением устройств (линейная структура);

стадия Д — разветвление цепочки и появление новых транспортных связей (совокупность цепочек связей без замкнутых контуров);

стадия Г — сплетение ветвей цепочки и образование графа с замкнутыми контурами (совокупность цепочек связей с контуром);

стадия S — сплетение цепочек и образование структуры, располагающей многокомплексными цепочками с рассредоточенным расположением

устройств одного или разных видов транспорта (структура в виде плоской решетки).

При формировании транспортных узлов не обязательны проявления всех теоретических стадий развития. Данное утверждение является очевидным, так как для городов со сложными топографическими условиями: расположенных на берегу больших рек, морей или в горной местности, стадии *А* и *Д* являются преобладающими длительное время. Железнодорожные узлы таких городов являются вытунными в длину, в которых на внутриузловом ходу располагаются несколько станций (грузовые, технические, пассажирские). Стадии *Г* и *С* характерны для узлов крупнейших городов или крупных промышленных центров.

Железнодорожные узлы Казахстана, как показали наши исследования, в основном представляют стадии *А* и *Д*.

Особенности процессов развития станций и узлов с позиций современных системных представлений

Процесс развития железнодорожных станций и узлов может идти как по пути простого умножения элементов станционных устройств (т.е. количественного роста системы), так и по пути повышения интенсивности работы путем реконструкции (качественного, скачкообразного изменения) самой структуры станции.

Направления, по которым может происходить количественный рост станций, на примере участковой станции показаны на рис. 2.

Общим для станции (узлов) определенного уровня является то, что в зависимости от цели анализа и оценки их можно рассматривать как:

- целые неделимые образования;
- состоящие из систем низкого уровня, слившихся в результате некоторого свойственного только им взаимодействия;
- станции (узлы), способные за счет присущего им взаимодействия, образовывать «целую» станцию (узел) более высокого уровня.

Формализация структурных уровней преобразований структур станций и узлов оказывается возможной, поскольку мысленно проведены границы между уровнями при соответствующей «остроте зрения» и использованном «масштабе». Именно «масштабирование», подбор соответствующей меры измерения структуры в окрестности определенного уровня позволяют обнаружить контуры станций и узлов данного уровня, их взаимоотношения с такими системами более высокого и низкого уровней, т.е. обнаружить границу *скачкообразного* перехода с одного уровня на другой, с одной ступени развития на другую.

Теперь остановимся на области, которая разделяет различные уровни. *Межуровневая граница* — это область, разделяющая и одновременно объединяющая два соседних уровня станций и узлов данной категории. *Межуровневое состояние* — это граница между уровнями — есть процесс перехода с одного уровня на более высокий за счет характерного только для данной межи взаимодействия. Вместе с тем,

очевидно, в образовании станции (узла) высокого уровня участвуют не все подсистемы низкого уровня. С учетом этого важного положения, существующие станции и узлы более высокого уровня представлены компонентами (элементами) разных структурных уровней низшего порядка.

Развитие структуры всех транспортных комплексов периодически, в силу чего и уровневомежевая схема периодическая, ибо имеет место периодичность проявления при переходе с одного уровня на другой основного свойства таких систем — их целостности. Соответственно, в каждой меже периодически осуществляется другое основное свойство — преобразование технико-технологической структуры станции (узла), но обязательно приводящее к образованию целого транспортного комплекса.

Периодичность развития станций и узлов имеет еще одно качество: она фиксируется не только в структуре определенного уровня, но и во *времени*. В межуровневом состоянии поведение станций и узлов специфично, ибо каждое из состояний (межа) имеет собственное начало, продолжительность и окончание.

Предложенная схема развития транспортных комплексов широкого класса имеет некоторую условность. Во-первых, динамика таких объектов в пределах одного и того же межуровневого состояния достаточно сложна. Во-вторых, остается открытым вопрос о самых общих механизмах смены состояний.

Остановимся на этом моменте.

Скачкообразная перестройка структуры системы в современной литературе по системному анализу принято называть *катастрофой*. Катастрофическое изменение ведет к существенной перестройке структуры наблюдаемой системы. Такие радикальные изменения навязываются системе извне или внутренними кризисами. При этом отдельные компоненты транспортного комплекса могут исчезать, а на их месте появляться новые. Системообразующие макроскопические показатели системы меняются значительно и резко.

Следует подчеркнуть, что вышеприведенное описание структурных изменений развивающихся станций и узлов не несет эмоционального оттенка. Оно характеризует только глубину таких изменений. В соответствии с идеологией современного системного анализа с точки зрения категорий цели, катастрофа есть «нежелательное» для системы явление. Однако следует отметить, что катастрофа — прежде всего глубокое изменение структуры системы, имеющее как отрицательные, так и положительные последствия для развития системы.

Итак, процессы развития транспортных комплексов широкого класса (железнодорожная сеть, железнодорожные направления и участки, станции и узлы) на больших временных отрезках сопровождаются структурными перестройками разного масштаба. Таким процессам присуща дискретность. При этом транспортный комплекс может сохранить ряд своих наиболее важных характеристик, она остается целостной и продолжает входить в качестве определенного компонента в

состав транспортного комплекса более высокого уровня.

Таким образом, поведение таких систем на больших отрезках времени происходит следующим образом:

- в состоянии равновесия (устойчивости) любой транспортный комплекс может находиться только на одном из межуровневых состояний;
- если развитие происходит, транспортный комплекс, как бы он быстро не развивался, в пределах одного межуровневого состояния проводит более длительное время, чем перескакивая с уровня на уровень;
- с одного уровня транспортный комплекс может перейти только на соседний.

Это не значит, что в реальных условиях может наблюдаться только такое поведение. При постоянном однонаправленном изменении внешних условий такие системы могут не задерживаться долго на одном уровне, а «проскакивать» его, переходя на другое. Такой режим внешних воздействий не меняет общий характер эволюции станций и узлов, но он ускоряет ее темп.

Для внешнего наблюдателя при составлении долгосрочных планов развития транспортного комплекса наиболее важным представляется прогнозирование и управление прежде всего процессом скачкообразного (катастрофического) смены состояний. Следовательно, время и место такого изменения представляется существенной характеристикой развивающихся транспортных комплексов.

Таким образом, процесс развития на примере станций и узлов можно представить как последовательность циклов изменения, со скачкообразным переходом в конце цикла на другой качественный уровень, означающий начало нового цикла развития.

Следствие циклического развития — *необратимость*, т.е. невозможность перехода от новообразованной структуры к старой разрушенной. Именно необратимость является неотъемлемым свойством процессов развития транспортных структур: при определенных условиях нарушение их естественного протекания ведет к разрушению структуры существующей станции (или узла). При этом также следует учесть, что даже незначительное (кратковременное) нарушение в функционировании таких систем также является необратимым, так как усилия по их устранению сопровождаются необратимыми расходами энергии и ресурсов (считай, капиталовложений) и имеют негативные влияния. Из таких свойств необратимости эволюционных процессов транспортных комплексов вытекает двойственность управления процессами развития: либо необходимо предотвращать скачкообразные изменения на раннем этапе их проявления, применяя управляющие воздействия, тем самым сохраняя существенную структуру станции (узла), либо необходимо «организовать» такие перестройки.

Как известно, динамические системы могут быть **линейными** или **нелинейными**. В первом случае система имеет одно единственное стационарное

состояние, во втором — множество, в том числе неустойчивые стационарные состояния, которые соответствуют различным возможным структурным состояниям системы и законам ее поведения.

С другой стороны, возникновение **неопределенности** — типичное свойство нелинейных систем. С этой точки зрения существующая методика описания развития станций и узлов на основе приведенных экономических затрат и их прогнозирования можно отнести к линейным моделям, в которых неустойчивость справедливо отождествляется с несуществованием. Поэтому, по мере перехода к изучению развития транспортных комплексов широкого класса должны быть использованы нелинейные модели, допускающие наличие взаимной связи между устойчивостью и неустойчивостью в виде обмена устойчивостью.

Нелинейность поведения станций и узлов в последующем становится чрезвычайно важной, поскольку делает возможным обмен устойчивостью: стационарное состояние, например, станции (существующая схема и уровень технологии), бывшее до определенного времени устойчивым, становится неустойчивым и исчезает, а устойчивым, и тем самым реализованным, становится другое стационарное состояние станции (с другой схемой и уровнем технологии). Такой обмен происходит в силу неустойчивости структуры транспортных комплексов и под влиянием внешних воздействий, достигающих критических значений. В такой **критической точке** — в точке качественной перестройки структуры системы — становятся достаточными малые внешние воздействия на систему для того, чтобы она скачкообразно перешла из одного устойчивого состояния, ставшего неустойчивым, в новое устойчивое состояние — более высокий уровень упорядоченности и организации.

Неизбежность неопределенности в процессе прогнозирования развития станций и узлов профессор Ю.И. Ефименко (г. Санкт-Петербург) рассмотрел следующим образом (рис. 2) [2].

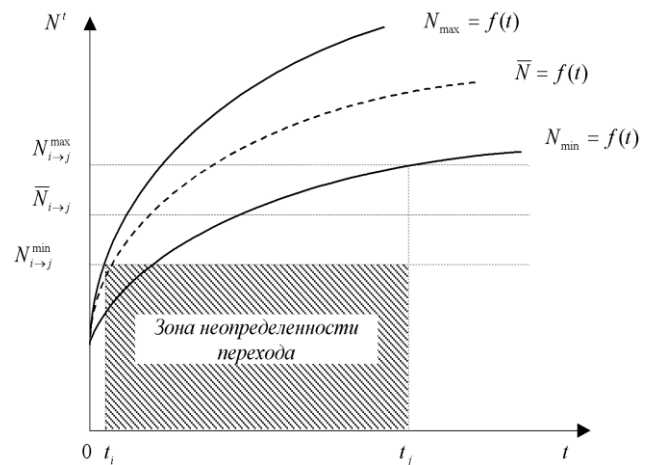


Рис. 2. Графическое представление зоны неопределенности переходов различных состояний станций и узлов (по проф. Ю.И. Ефименко)

Если известны граничные значения прогнозных объемов работы в вагонах $N_t^{\min} = f_1(t)$ и $N_t^{\max} = f_2(t)$ исследуемой станции, то срок целесообразности ввода очередных этапов находится между точками пересечения среднего граничного значения $N_{i \rightarrow j}$ со средним $\bar{N}_i$ и минимальным $N_t^{\min}$ прогнозным значением объемов работы. Тогда размеры зоны неопределенности растут с удалением от начала расчетного периода.

Тогда при исследовании развития станций и узлов на первый план выходит изучение неустойчивости стационарных состояний. Именно возможная их неустойчивость — причина неопределенности и сложного поведения таких транспортных комплексов, которые нельзя уложить в какую-либо одну теоретическую концепцию. В этом случае поведение нелинейной транспортной системы, функционирующей к тому же в условиях необратимости времени, становится неопределенным.

На современном этапе, когда в транспортной науке преобладают аналитические подходы моделирования развития, весь процесс выбора решений при развитии, например, станций (узлов) опирается на точное прогнозирование, подобно законам механики. Этот принцип заложен в структуру строгих математических формул оценки этапности развития по приведенным затратам.

Под развитием технико-технологических структур станций и узлов следует понимать расширение качественных различий, характеризующих состояние системы в различные моменты времени. Характеристики, по которым различаются состояния, — это все компоненты (элементы) и формы их связи, формирующие целостность станции с соответствующей схемой и технологией.

Каждый этап развития станции (узла), в свою очередь, обладает соответствующим значением сложности структуры. В процессе развития таких систем на некотором этапе ее существования сложность структуры уменьшается — возрастает организованность технико-технологической структуры станции (компактность схемного решения). Другими словами, станция, имея в начале определенного этапа развития некоторые неустойчивости в своем поведении, стремится к «оттачиванию» функциональных связей между подсистемами, что приводит к возрастанию порядка в ее структуре. Такое поведение в развитии станций и узлов соответствует **процессам самоорганизации** в их структуре.

С переходом на более высокий уровень развития разнообразие потенциально возможных структур станции увеличивается. Станция или узел более высокого уровня обладает большим количеством схемных решений, тем самым и технологическим разнообразием (тем самым и технологическими возможностями), чем система, находящаяся на нижнем уровне. Однако этот процесс не должен перейти определенную границу, когда «заорганизованность» вызовет ужесточение

структуры и невозможность дальнейшего преобразования системы.

Как известно, в качестве меры степени хаотичности в теории систем используют понятие *энтропии* системы, которая связана со статистическим распределением состояний системы.

Так, если разнообразию схемных решений станции или узла придать вероятностный характер, то между энтропией и числом схемных решений (состояний) существует тесная связь и возрастание энтропии соответствует развитию к «наиболее вероятному» состоянию. Так как в процессе эволюции станции (узла) число схемных решений возрастает, то это приводит к тому, что приращение энтропии соответствует возрастанию возможных состояний таких систем. Увеличение разнообразия схемных решений есть следствие изменчивости, присущей станциям (узлам), и возникает в результате действия механизмов развития и, главным образом, скачкообразных изменений.

Отметим, что здесь проявляется некоторое противоречие. С одной стороны, принятые законы эволюции «заставляют» станции и узлы постоянно стремиться к более эффективному использованию внешних условий: переходить к интенсивным технологиям, использовать последние достижения науки и техники и т.д. И те варианты схемного решения, где они реализуются, получают дополнительные и весьма значительные шансы на то, чтобы быть выбранными. Но, с другой стороны, чем сложнее технико-технологическая структура, тем больше у таких систем параметров, тем больше они подвержены случайностям. Или же повышается вероятность оказаться в критической точке поведения данных объектов. А это не только путь быстрого улучшения структуры системы, но и огромный риск оказаться в ситуации, когда система вообще теряет способность к функционированию. Вот почему одной из основных задач моделирования процессов развития станций и узлов является изучение и выявление критических условий в поведении этих систем.

Нами разработаны и выпущены в свет методические рекомендации по определению моментов структурных перестроек в процессах функционирования и развития транспортных комплексов [3], где приведены методы определения такой критической точки в развитии станций и узлов.

В наших работах, вышедших в свет, были сформулированы основные системные принципы как процесса построения схем станций, так и процесса развития их структур с позиции трех системных свойств ТК:

- *целостность* (когда конструирование станции или узла производится путем не простого суммирования их элементов, а каждая вновь появившаяся система рассматривается как качественно отличное от остальных);

- *иерархичность* (построение теоретических положений метода начинается с более простых типов станций и узлов и идет по пути усложнения к более сложным типам таких систем);

- *взаимопроникновение и синтез* отдельных элементов (путем отбрасывания заведомо не приемлемых вариантов).

Таким образом, резюмируя вышеизложенные принципы современного системного подхода исследования сложных систем, и рассматривая процессы формирования и развития структур железнодорожных транспортных комплексов с таких позиций, можно указать на три группы методических приемов, необходимых для моделирования и управления такими процессами:

- комплекс методов, позволяющих адекватно выделить исследуемый транспортный комплекс как систему в его окружении и количественно оценить их структурные свойства;

- комплекс методов, позволяющих описать состояние структуры развивающихся транспортных комплексов;

- комплекс методов, позволяющих описать скачкообразные изменения в поведении развивающихся транспортных комплексов и определить место и время таких изменений в их структуре на больших временных интервалах наблюдения.

Процессы самоорганизации заставляют думать нас, что существуют определенные законы, которые преобразуют хаотичное поведение в развитии транспортных комплексов в направленную эволюцию от простого к сложному. Тогда общий взгляд на процессы развития структур транспортных комплексов широкого класса (железнодорожные станции и узлы, участки и т.д.) с таких позиций можно представить, как это показано на рис. 3.

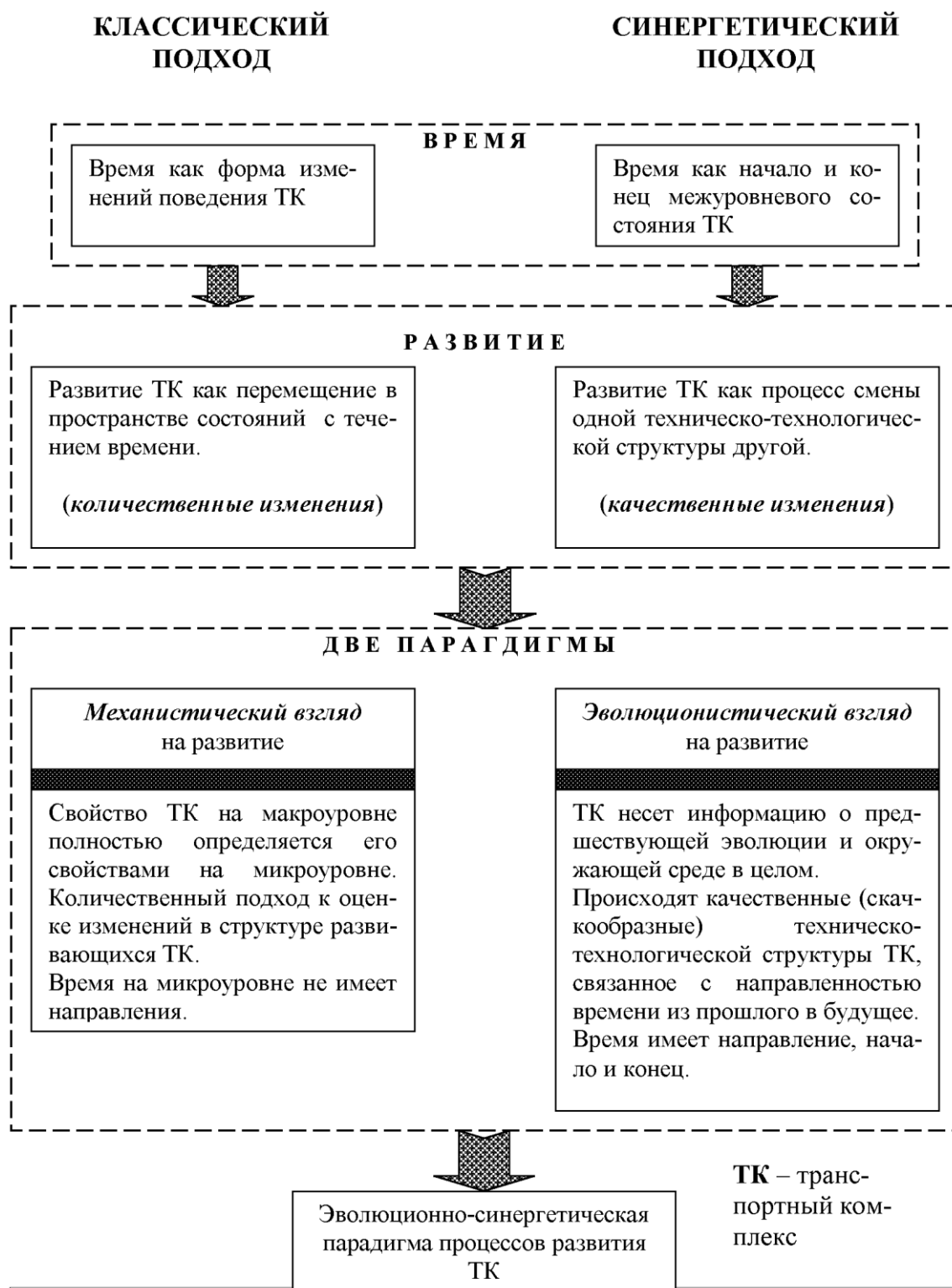


Рис. 3. Процессы развития станций и узлов с позиций современной теории самоорганизации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правдин Н.В., Негрей В.Я. Взаимодействие различных видов транспорта в узле. Мн.: Выш. школа, 1983. 247 с.
2. Ефименко Ю.И. Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. СПб., 1992. 50 с.
3. Методические рекомендации по определению моментов структурных перестроек в процессах функционирования и развития транспортных комплексов. Астана, 2006. 29 с.

УДК 622.333:681.51

Л.А. АВДЕЕВ
Т.Т. ОМАР

Автоматизированная система прогноза выбросоопасности в подготовительных забоях угольных шахт

Согласно «Инструкции по безопасному ведению работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа» при проведении подготовительных выработок по особо выбросоопасному пласту должны применяться два и более текущих метода прогноза, одним из которых должен быть прогноз по начальной скорости газовыделения и выходу бурового штыба, который принят основным.

Предлагаемая автоматизированная система представляет собой автоматизированный метод прогноза выбросоопасности.

Система автоматизированного контроля за газодинамическим состоянием призабойной части массива при проведении подготовительных выработок с применением аппаратуры АКМ (в дальнейшем — система) предназначена для выявления на ранней стадии опасных ситуаций по внезапным выбросам угля и газа.

Система предназначена для текущего прогноза выбросоопасности подготовительных выработок с применением аппаратуры АКМ и включает в себя:

а) автоматизированное централизованное определение выбросоопасного состояния призабойной части тупиковых выработок по изменению объема газовыделения в призабойном пространстве выработки (30-50 м от забоя);

б) многофакторный анализ на ПЭВМ первичной информации, распознавание и предупреждение опасных ситуаций на ранней стадии возникновения, а также представление диспетчеру (оператору) результатов анализа на дисплей;

в) регистрацию и хранение информации в ПЭВМ с целью использования ее в АСУ шахты.

Объектом автоматизации являются подготовительные выработки угольных шахт, проводимые по выбросоопасным пластам.

В состав технических средств системы входят:

а) датчик типа ДМТ-4 комплекса «МЕТАН»;

б) преобразователь депрессии и скорости воздуха ПДС-1;
в) датчик режима работы комбайна ДР-1;
г) аппаратура передачи информации АПИ в составе:

- устройство приемно-командное УПК;
- распределитель групповой РГ;
- преобразователь телеизмерения ПТИ.

Датчик ДМТ-4 комплекса «МЕТАН» предназначен для непрерывного контроля концентрации метана в призабойном пространстве тупиковой выработки (30-50 метров от забоя), передачи этой информации через аппаратуру АПИ на ПЭВМ для последующего расчета газовыделения в выработку и метаноносности призабойной зоны пласта.

Преобразователь ПДС-1 предназначен для контроля расхода воздуха в месте установки датчика метана, передачи этой информации на ПЭВМ, а также для расчета газовыделения и метаноносности призабойной зоны пласта.

Датчик режима работы проходческого комбайна ДР-1 предназначен для получения информации о режиме работы (работает — не работает) комбайна и о продолжительности его работы с определенной нагрузкой. Режим работы комбайна контролируется по величине тока, потребляемого электродвигателем исполнительного органа при холостом ходе и под нагрузкой. Выходной сигнал датчика (сигнал ТС) передается на ПЭВМ с помощью аппаратуры АПИ.

Аппаратура АПИ обеспечивает сбор информации от датчиков ДМТ-4, ПДС-1 (сигналы ТИ) и ДР-1 (сигнал ТС) и передачу ее на УПК и ПЭВМ, а также питает искробезопасным напряжением преобразователь ПДС-1.

На рис. 1 представлена схема размещения технических средств системы в подготовительном забое.

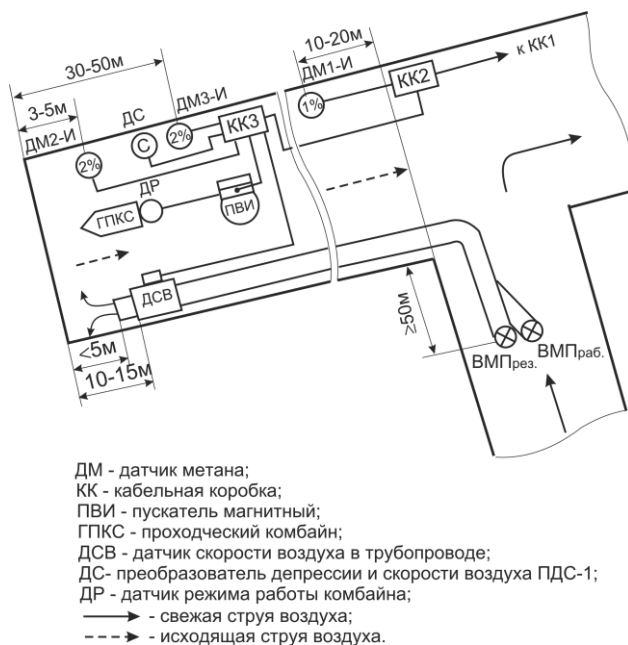


Рис. 1. Расположение аппаратуры системы в тупиковой выработке

Определение системой выбросоопасного состояния призабойной зоны угольного пласта производится путем автоматизированного, с заданной периодичностью, сравнения соотношений метаноносностей призабойной зоны пласта во время работы комбайна $X_{ПЗ}$ или после его остановки $X'_{ПЗ}$ и безопасного по внезапным выбросам значения метаноносности X_6 .

В случае достижения отношения метаноносности $X_{ПЗ}/X_6$ (коэффициент выбросоопасности K_{60}) — при работе комбайна, или $X'_{ПЗ}/X_6$ (коэффициент выбросоопасности K'_{60}) — после его остановки, опасного предела, система выдает сигнал о возникновении в тупиковой выработке выбросоопасной ситуации.

Метаноносность призабойной зоны пласта вычисляется ПЭВМ по специальным программам с использованием значений концентрации метана, измеряемой датчиком ДМТ, и значений расхода воздуха, измеряемого преобразователем ПДС-1, а также констант, характеризующих параметры горной выработки и физико-механических свойств угольного пласта. Кроме того, ПЭВМ определяет состояние комбайна (работает — не работает).

Алгоритм автоматизированного прогноза выбросоопасного состояния призабойной части массива для функционирования системы предусматривает ввод в ПЭВМ численных значений констант-характеристик подготовительной выработки и физико-механических свойств угля (по результатам периодически отбираемых в забое проб), получаемых от руководителя службы прогноза выбросоопасности шахты.

В ПЭВМ вводятся следующие величины:

S_B — площадь поперечного сечения выработки в месте установки преобразователя ПДС, m^2 ;

S — площадь обнажения угольного пласта в сечении забоя, m^2 ;

c, b — коэффициенты, характеризующие увеличение природной газоносности пласта с изменением глубины разработки (определяются по классификатору метаноносности угольных пластов Карагандинского бассейна);

j — техническая производительность проходческого комбайна, t/min ;

l — длина тупиковой выработки (на день ввода значения в ПЭВМ), m ;

A^d — зольность выбросоопасной угольной пачки, %;

W — природная влажность угля, %;

f — коэффициент крепости выбросоопасной угольной пачки, у.е.;

ΔP — начальная скорость газоотдачи угля, у.е.;

V' — выход летучих веществ, %;

γ — объемный вес угля, t/m^3 ;

l_p — протяженность зоны разгрузки, m ;

J_ϕ — фоновое газовыделение, m^3/min .

Численные значения констант-характеристик и физико-механических свойств угля определяются по результатам лабораторного анализа периодически отбираемых проб угля — через каждые 25-30 метров подвигания забоя выработки, а в зонах геологических нарушений — через каждые 4-5 метров подвигания.

Значение l_p определяется как расстояние от поверхности забоя до середины интервала шпура, на котором зафиксировано максимальное значение начальной скорости газовыделения.

С учетом введенных констант ПЭВМ производит вычисление значений следующих параметров:

а) начальной скорости газоотдачи угля ΔP_w с учетом его влажности

$$\Delta P_w = \Delta P(1,4 - 0,9 \lg W);$$

б) коэффициента A , учитывающего влияние крепости f , начальной скорости газоотдачи ΔP_w и влажности угля

$$A = \frac{3350 f^2}{\sqrt[3]{(\Delta P_w - 10,5)^2}};$$

в) безопасного по внезапным выбросам значения газоносности X_g

$$x_g = \frac{cA}{1 + bA} \times \frac{100 - A^d - W}{100};$$

г) значение газоносности отбитой горной массы $x_{o,z}$, зависящего от выхода летучих веществ V^r (используются данные, приведенные в таблице)

ГАЗОНОСНОСТЬ ОТБИТОЙ МАССЫ

$V^r, \%$	2-8	8-12	12-18	18-26	26-35	35-40	40-50
$x_{o,z}, \text{м}^3/\text{т}$	12-8	8-7	7-6	6-5	5-4	4-3	3-2

д) значение остаточной газоносности угля $x_{ост.}$ ($\text{м}^3/\text{т}$)

$$x_{i \text{ нб}} = x_{i \text{ д}} * \frac{100 - A_d - W}{100}.$$

В процессе функционирования системы производится опрос датчика метана ДМТ, преобразователя ПДС-1 и датчика режима работы комбайна ДР-1 с периодичностью Δt ($\Delta t=1$ мин) и определение текущих значений концентрации метана C_i , скорости воздуха V_i и режима работы комбайна (работает — 1, не работает — 0).

В зависимости от того, воздействует комбайн на забой или нет, а также от длительности простоя $t_{\text{п}}$ (мин) определяются значения метаносности призабойной зоны при остановке комбайна $X'_{\text{ПЗ}}$ ($\text{м}^3/\text{т}$). Продолжительность простоя комбайна менее 10 минут не учитывается. При продолжительности периода простоя комбайна более 60 минут к учету берут объем газовыделения только в течение первых 60 минут после остановки комбайна.

Текущие значения метаносности $X_{\text{ПЗ}}$ определяются с заданной периодичностью (ежеминутно) при работе комбайна и в случае остановки его на срок 10 и менее минут

$$x_{i, \text{с}} = x_{i \text{ нб}} + \frac{0,6 S_d \tilde{N}_i V_i - J_{\delta}}{j}.$$

Фоновый уровень газовыделения в выработку J_{ϕ} , ($\text{м}^3/\text{мин}$) вводится оператором по показаниям начальника службы прогноза, а после определяется как наименьший установившийся на десятиминутном

интервале уровень газовыделения при отсутствии в забое в течение двух и более часов работ, связанных с воздействием на угольный массив

$$J_{\delta} = 0,06 S_d \sum_{i=1}^{10} C_i V_i.$$

За фоновый уровень принимается минимальное значение J_{ϕ} определенное на десятиминутном интервале.

По вычисленным значениям $X_{\text{ПЗ}}$ и X_g определяются текущие значения коэффициента $K_{\text{ВО}}$, характеризующего степень выбросоопасности призабойной зоны пласта при работе комбайна

$$\hat{E}_{\text{д}} i = \frac{x_{i, \text{с}, i}}{x_g},$$

и формируется база данных для представления оперативному персоналу шахты графиков изменения $K_{\text{ВО}}$ в функции времени (суточный график).

При $K_{\text{ВО}} \geq 1$ зона пласта является потенциально опасной.

Результаты автоматизированного контроля газодинамического состояния массива выдаются в виде суточных графиков изменения контролируемых параметров или в виде таблицы по установленной форме.

После выполнения противовыбросных мероприятий или отстоя забоя определяют текущие значения метаносности $X'_{\text{ПЗ}}$, с заданной периодичностью Δt (ежеминутно) при остановке комбайна, когда период простоя охватывает промежуток времени $t_{\text{п}}$ от 10 до 60 минут

$$x'_{i, \text{с}, i} = x_{i, \text{с}, \text{нб}} - \Delta x_i,$$

где $X_{\text{ПЗср}}$ — среднее арифметическое значение метаносности призабойной зоны пласта;
 Δx_i — текущее значение снижения метаносности призабойной зоны пласта при остановке комбайна

$$\Delta x_i = \frac{\Delta t \sum_{i=1}^n (0,6 S_d C_i V_i - J_{\delta})}{S l_p y}, \quad n = \frac{t_i}{\Delta t},$$

где t_n — время простоя комбайна;

Δt — периодичность опроса датчиков, равная 1 минуте.

По вычисленным значениям $X'_{\text{ПЗ}}$ определяются текущие значения коэффициента $K'_{\text{ВО}}$, характеризующего выбросоопасность пласта при остановке комбайна:

$$\hat{E}'_{\text{д}} i = \frac{x'_{i, \text{с}, i}}{x_g}.$$

Превышение заданной величины отношения фактического значения метаносности призабойной зоны пласта к безопасному значению метаносности сопровождается звуковой и световой сигнализацией, представлением на экране ПЭВМ в специальном контрольном окне информации о коде подготовительной выработки, где произошло

превышение, величине этого отношения и времени наступления нарушения.

После окончания рабочих смен по запросу оператора представляются графики изменения отношения фактического значения метаносности призабойной зоны пласта к безопасному значению метаносности в функции времени (сменный и суточный графики).

Представленная система разработана в отделе НИОКР предприятия «Углесервис» АО «Миттал Стил Темиртау» и в настоящее время находится в стадии опытной эксплуатации в условиях шахт им. В.И. Ленина и «Казахстанская».

На рис. 2 представлена графическая выходная форма системы.

Контроль выбросоопасности

Конв. бремсберг 3.07Д6-1в Интервал - За сутки от: 09.03.2006... до: 10.03.2006

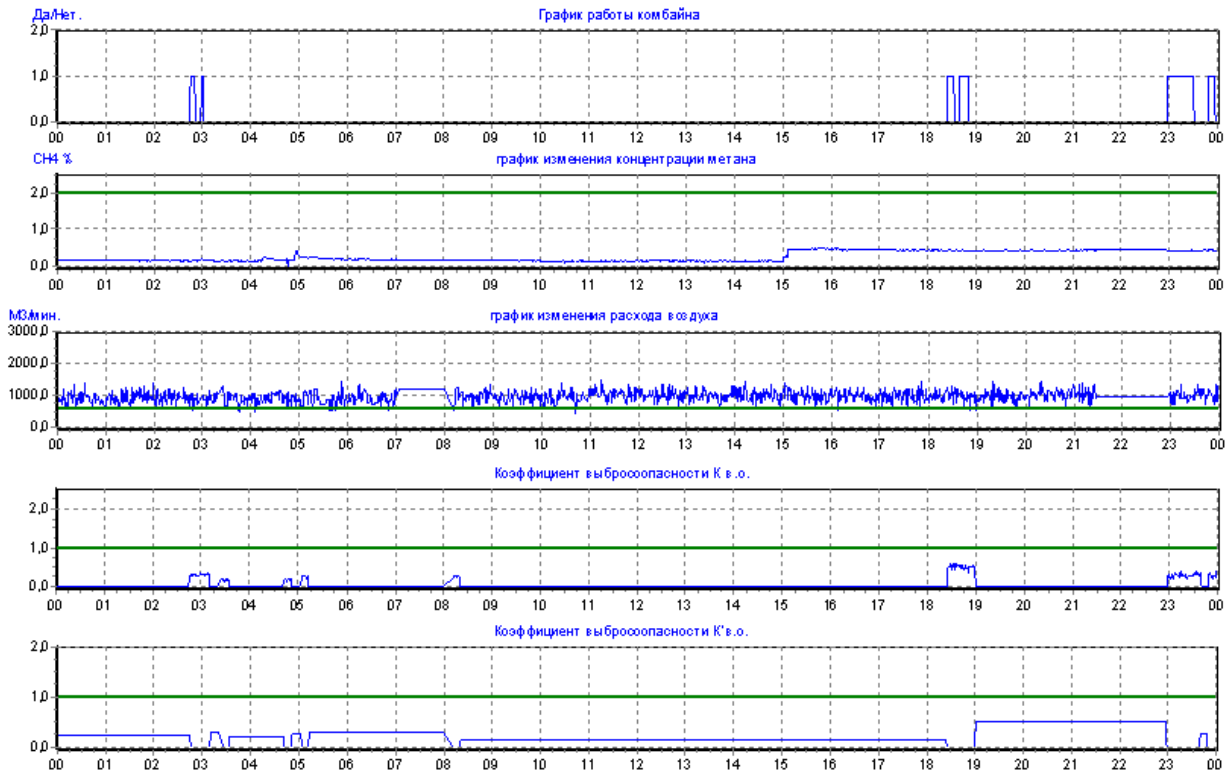


Рис. 2. Выходная форма системы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа / КазНИИБГП: Утв. Мин. энергетики и угольной пром. РК 21.06.95 г. Караганда: ДНТИ ГП «Карагандашахтуголь», 1995. 177 с.

УДК 621.0892

Т.Л. ТЕН
В.В. ЯВОРСКИЙ
В.М. ЮРОВ

Информационные характеристики процесса измерения

Для термодинамического рассмотрения процесса измерения представляется целесообразным [1] выделить три стороны проблемы:

- связано ли получение информации с уменьшением статистической энтропии системы (с негэнтропийным эффектом) и какова эта связь;
- каково компенсирующее этот негэнтропийный эффект увеличение энтропии в системе за счет диссипации энергии (и какова диссипация энергии, если негэнтропийный эффект отсутствует);
- за счет чего удастся после измерения обеспечить дополнительный негэнтропийный эффект в другой подсистеме посредством управляющего воздействия.

В зависимости от ответа на третий и связанный с ним первый вопросы мы будем различать два вида измерения: активное и пассивное.

Так как активное измерение непременно предшествует управлению, представим его как термодинамический процесс перехода системы из одного равновесного состояния в другое. Будем предполагать, что:

- 1) измеряемая физическая величина является внутренним параметром (обобщенной координатой или обобщенной силой) исследуемой системы (ИС);
- 2) в качестве регистрирующего параметра выбрана скалярная физическая величина, которая

характеризует состояние измерительного прибора (ИП) — является его обобщенной координатой и потому допускает ее использование в качестве управляющего параметра;

3) в процессе взаимодействия ИС с ИП (т.е. в процессе измерения) устанавливается новое стационарное значение регистрирующего параметра, однозначно связанное с измеряемой величиной.

Согласно сказанному, для реализации активного измерения только тогда достаточно ограничиться одним этапом преобразования, т.е. одним актом элементарного информационного взаимодействия ИС с ИП, когда:

а) измеряемая величина удовлетворяет условию 1) и притом является обобщенной силой;

б) она может быть непосредственно преобразована в регистрирующий параметр, удовлетворяющий условиям 2), 3).

В общем случае это не так, и для измерения может использоваться длинная цепь последовательных преобразований (см., например, [2]). Представляется, однако, что для выяснения общих термодинамических закономерностей достаточно рассмотреть цепочку из пяти этапов (преобразований):

$$l \rightarrow \lambda \rightarrow q \rightarrow F \rightarrow y \rightarrow x. \quad (1)$$

Здесь q — обобщенная координата, F — обобщенная сила, а x — регистрирующий параметр. Таким образом, конечная часть цепочки (1) — от q до x — соответствует, согласно предыдущему, активному измерению.

Характеристики процесса измерения

Начнем с определения точности характеристик измерения. Пусть истинное значение измеряемой скалярной величины l , измеренное значение l' , их разность

$$l - l' = \Delta l \quad (2)$$

- погрешность данной реализации измерения.

Измерение в области, или оценка случайной величины [3], характеризуется тем, что заранее известна область (отрезок) длины δl_m :

$$\delta l_m = l_{\max} - l_{\min}, l \in L \Leftrightarrow l_{\min} \leq l \leq l_{\max} \quad (3)$$

и задано априорное распределение $P(l)$ в L .

Погрешность Δl данной реализации измерения, естественно, не может служить его критерием качества: для этого следует выбрать некоторую величину, усредненную по совместному распределению $P(l, l') = P(l)P(l'/l)$. Физическое измерение характеризуется обычно свойством однородности, т.е. тем, что $P(l'/l) = P(|l - l'|) = P(|\Delta l|)$ и не зависит от l .

Усреднение по всем флуктуациям (т.е. по $P(|\Delta l|)$) будем обозначать чертой сверху, а усреднение по априорному распределению — треугольными скобками $\langle \dots \rangle$.

Тогда средний квадрат флуктуации

$$\overline{\langle \Delta l^2 \rangle} = \overline{\Delta l^2}. \quad (4)$$

Кроме того, измерение часто характеризуют [4,5] интервалом Δl_p , имеющим смысл минимального разрешаемого интервала или цены деления.

Заметим, что введение в рассмотрение интервала Δl_p вызывается, как правило, необходимостью дискретизации (квантования) переменной l . Такое квантование требуется всегда при переходе от скалярного к векторному (позиционному) представлению чисел.

Следует подчеркнуть, что Δl_p , в отличие от $\sqrt{\Delta l^2}$, является неоднозначной характеристикой, так как

$$P(|\Delta l| \geq \Delta l_p / 2) = \omega \geq 0, \quad (5)$$

т.е. имеется ненулевая вероятность ω ошибки (превышения интервала Δl_p). В связи с этим возникает вопрос о связи погрешности с надежностью [5] эксперимента. Измерение по схеме (1) характеризуется линейным преобразованием

$$x / \delta x_m = (l - l_0) / \delta l_m \quad (6)$$

отрезка $L(3)$ в отрезок X длины δx_m . При этом, как известно [6], распределения l и x принадлежат одному и тому же типу и различаются лишь параметрами расположения: масштабным $\delta l_m / \delta x_m$ и центрирующим l_0 .

Будем в дальнейшем рассматривать лишь симметричные относительно $\langle l \rangle$ распределения $P(l)$ и, соответственно, случай симметричного измерения:

$$l_0 = \langle l \rangle, \quad -\delta x_m / 2 \leq x \leq \delta x_m / 2 \Leftrightarrow x \in X_+ \quad (7)$$

и асимметричного:

$$l_0 = l_{\min}, \quad 0 \leq x \leq \delta x_m \Leftrightarrow x \in X_-, \quad (8)$$

Одновременно рассматривая оба случая, (7) и (8), будем писать: $x \in X$, имея в виду либо X_+ , либо X_- .

Преобразование (6) связано в общем случае с тем, что в датчике используется некоторая эталонная обобщенная сила $F_{\text{эм}}$, которая совместно с $F(l)$ дает:

$$\langle F_{\text{эм}} + F(l) \rangle = 0 \text{ при (7);}$$

$$F_{\text{эм}} + F(l) = 0 \text{ при (8).}$$

Обратим внимание на то, что совершенствование экспериментов обычно связывается с увеличением их чувствительности, т.е. различимости малых разностей $l_1 - l_2$.

Естественно поэтому, что в этих случаях основное внимание уделяется снижению абсолютной погрешности $\sqrt{\Delta l^2}$ (4). При этом, когда говорят о повышении точности, то имеется в виду уменьшение погрешности, хотя формально размерная величина $1/\sqrt{\Delta l^2}$ вряд ли может быть названа абсолютной точностью.

В противоположность этому, относительная точность может быть формально определена как обратная относительной погрешности величина. Как будет видно из дальнейшего, именно эта безразмерная величина играет определяющую роль в термодинамике информационных процессов.

Определим относительную точность $1/\sigma_x$ однократного измерения

$$1/\sigma_x = x / \sqrt{\Delta x^2} = (l - l_0) / \sqrt{\Delta l^2}. \quad (9)$$

Эта величина имеет смысл либо как характеристика одной реализации измерения в области, либо при оценке постоянной величины [3]. В последнем случае, говоря о точности величины l , обычно предполагают, что в (10) и (8) $l_0 = l_{\min} = 0$. В первом же случае для характеристики всего процесса измерения в области определим среднюю относительную точность $1/\sigma$ как отношение априорной среднеквадратической погрешности к апостериорной:

$$\frac{1}{\sigma} = \sqrt{\frac{\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle}{\langle \Delta x^2 \rangle}} \equiv \sqrt{\frac{Dx}{\langle \Delta x^2 \rangle}}. \quad (10)$$

Часто вводят относительную (или, согласно [2], приведенную) погрешность $\sqrt{\Delta \xi^2}$ через безразмерную переменную

$$\xi = x / \delta x_m = (l - l_0) / \delta l_m, \quad \xi_{\max} - \xi_{\min} = \delta \xi = 1, \quad (11)$$

и тогда

$$1/\sigma^2 = D\xi / \langle \Delta \xi^2 \rangle \equiv D\xi / \sigma_0^2. \quad (12)$$

Введем еще относительный (приведенный) разрешаемый интервал

$$\varepsilon = \Delta \xi_p = \frac{\Delta x_p}{\delta x_m}, \quad P\left(\frac{|x - x'|}{\delta x_m} \geq \frac{\varepsilon}{2}\right) = \omega \geq 0. \quad (13)$$

Будем называть $1/\varepsilon$ — разрешающей способностью, $1/\omega$ — надежностью (следуя [4]), $1/\sigma$, $1/\sigma_0$ — точностью измерения.

Остается определить среднее количество информации $I(x, x')$, характеризующее процесс измерения.

Имеем

$$I(x, x') = H(x) - MH(x/x'), \quad (14)$$

где $H(x)$ — начальная энтропия, выражающая неопределенность априорного распределения $P(x)$;
 $H(x/x')$ — условная энтропия, характеризующая апостериорную неопределенность x при измеренном значении X' (т.е. неопределенность распределения $P(x/x')$);
 $MH(x/x')$ — усредненное по $P(x')$ значение условной энтропии $H(x/x')$.

Учитывая, что максимальной энтропией на отрезке обладает равномерное распределение (см., например, [7]), всюду, если не оговорено противное, априорное распределение измеряемой величины будем полагать равномерным. Плотность распределения:

$$p(x) = \text{const} = 1/\delta x_m, \quad x \in X. \quad (15)$$

Заметим, что это ограничение несущественно для связи энергетических характеристик со средней точностью $1/\sigma$; при неравномерном распределении изменится лишь связь между σ и σ_0 .

Что же касается апостериорного распределения, то оно имеет характер распределения Гаусса (также обладающего максимальной энтропией, но при

заданной дисперсии). Плотность апостериорного распределения:

$$p\left(\frac{x}{x'}\right) = p(|x - x'|) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \exp\left(-\frac{\Delta x^2}{2\sigma_0^2}\right), \quad (16)$$

$$-\infty \leq x - x' \leq \infty.$$

Здесь, в соответствии с (13), (16), (7), (8), имеем:

$$Dx = \frac{1}{12} \delta x_m^2, \quad \sigma_0^2 = \frac{1}{12} \sigma^2. \quad (17)$$

Если при $\sigma_0 \ll 1$ (точные измерения) пренебречь отличием $p(x')$ от $p(x)$ и вычислить (15) по (16), (17), получим:

$$I(x, x') = \frac{1}{2} \ln \frac{1}{\sigma^2} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{6}{\pi e} \right) = \frac{1}{2} \ln \frac{1}{\sigma^2} - 0,17 \approx \ln \frac{1}{\sigma}, \quad \sigma^2 \ll 1. \quad (18)$$

Таким образом, при высокой точности $1/\sigma$ (11) измерения количество информации определяется ее логарифмом $\left(\ln \frac{1}{\sigma}\right)$ достаточно точно (было взято отношение дисперсий столь разных распределений, как равномерного и нормального).

Если вычислить $p(x')$ на основании (16), (17), получим, что внутри интервала $P(x')$ не отличается от $P(x)$, а лишь на краях отрезка ($x \equiv x_{\max}, x_{\min}$) при $|x' - x_b| \approx \sigma_0 \delta x_m$ различие $p(x')$ от $p(x)$ становится заметным. При вычислении $I(x, x')$ это эквивалентно эффективному уменьшению

$$\langle \Delta \xi^2 \rangle \equiv \sigma_0^2 \approx \Delta \xi^2 (1 - \sigma_0^2),$$

что в (19) несущественно (при $D\xi \gg \overline{\Delta \xi^2}, \sigma^2 \ll 1$), однако должно быть учтено при вычислении $I(x, x')$ для грубых измерений. В этом случае, вспоминая свойство симметрии, заметим, что условная энтропия строго определяется нормальным распределением.

Расчеты показывают, что краевой эффект может быть достаточно точно учтен, если представить себе, что эффективное увеличение $H(x')$ эквивалентно тому, что начальная дисперсия равна сумме априорной Dx и апостериорной $\overline{\Delta x^2}$. Тогда можно получить следующее выражение:

$$I(x, x') \approx \frac{1}{2} \ln \frac{Dx + \overline{\Delta x^2}}{\Delta x^2} = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1}{\sigma^2} + 1 \right), \quad (19)$$

которое, в отличие от (19), справедливо и при $\sigma^2 \geq 1$.

Видно, что для очень грубых измерений, когда $1/\sigma^2 \ll 1$,

$$I(x, x') \approx 1/2 \sigma^2 \rightarrow 0. \quad (20)$$

Наоборот, для высокоточных измерений, когда $\sigma \ll 1$ (и тем более $\sigma_0 \ll 1$, $\varepsilon \ll 1$ (14)), можно пренебречь различием между σ , σ_0 и ε и определить количество информации как $\ln(1/\sigma_0)$ (или $\ln(1/\varepsilon)$), если ε выбрано оптимальным.

Приведем в заключение выражения для Dx (11), (13), которые в случае равномерного распределения (16) упрощаются. Для симметричного (7) измерения:

$$Dx = \langle x^2 \rangle = \frac{1}{12} \delta x_m^2,$$

для асимметричного (8):

$$Dx = \frac{1}{4} \langle x^2 \rangle = \frac{1}{12} \delta x_m^2.$$

Исследование основной проблемы термодинамики информационных процессов — установление предельных соотношений между важнейшими термодинамическими и информационными характеристиками — естественно начинать с

первичного информационного процесса — измерения. Именно измерение, о чем говорилось выше, является главным источником получения количественной информации о явлениях и объектах материального мира (как природных, так и технических). Для дальнейшего существенно, что никакое управление немислимо без измерения, и любая система (любой процесс) управления обязательно содержит в себе измерительный элемент (этап).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кавалеров Г.И., Мандельштам С.М. Введение в информационную теорию измерений. М.: Энергия, 1974. 243 с.
2. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 540 с.
3. Бриллюен Л. Научная неопределенность и информация. М.: Мир, 1966. 340 с.
4. Корнфельд М.И. Погрешность и надежность простейших экспериментов // УФН. 1965. Т.85. №4. С. 651-671.
5. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.2. М.: Мир, 1967. 268 с.
6. Голдман С. Теория информации. М.: ИЛ, 1957., 264 с.
7. Поплавский Р.П. О термодинамических пределах точности физического измерения // ДАН СССР. 1973. Т. 202. С. 562-565.

УДК 621:314.632:681.323:697.34

**Н.И. КАРАСЕВ
А.Б. КРИЦКИЙ
Н.И. ТОМИЛОВА
Б.Н. ФЕШИН**

Направления исследований теплоснабжающих систем мегаполисов средствами программно-информационных комплексов

Системы теплоснабжения мегаполисов (СТМ) как объекты расчета, проектирования, информатизации, оптимизации режимов эксплуатации, автоматизированного контроля и управления описаны в работах [1, ..., 8]. Коллективом кафедры автоматизации производственных процессов КарГТУ, последовательно, на протяжении многих лет, создан ряд программно-информационных комплексов (ПИК): ППП ТС 1.1, ППП ТС 3.3, ППП ТС 3.4, GID2005KZ, ТГИД-05, использующих эффективный итерационный метод контурных корней (МКК) для расчета гидравлических сетей любой размерности и технологической сложности [8]. Последний, наиболее совершенный ПИК ТГИД-05, является программным продуктом, который обладает возможностью интеграции со SCADA-системами, отвечает функциональности автоматизированного рабочего места (АРМ) для разработки и реализации сезонных, нормативных и перспективных теплогидравлических режимов теплоснабжающих систем (ТСС), оснащенных автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП). В то же время в СТМ остается множество нерешенных проблем и задач, обусловленных случайным характером внешних возмущений, большой размерностью структурных схем, множеством технологических и информационных характеристик, что требует проведения разносторонних исследований как самих СТМ, так и средств их создания, таких как ПИК ТГИД-05. По отношению к ПИК возможны два подхода: в первом ПИК — это средство для исследования (например,

имитационного) проблем и задач СТМ, во втором ПИК — это объект исследования с позиции его эффективности для функционирования СТМ.

Обобщенная технологическая схема СТМ с АСУ ТП изображена на рисунке.

Здесь СТМ как объект информатизации представлен следующими агрегированными технологическими установками: ИТ — источник тепла, представленный технологической структурой ТЭЦ или РК (районной котельной); ЦТП — центральный тепловой пункт; ИТП — индивидуальный тепловой пункт потребителя; НС — сетевая насосная станция на подающем или обратном трубопроводах магистральной сети; КП — контролируемый пункт для концентрации измерительной и управляющей информации на трубопроводной сети.

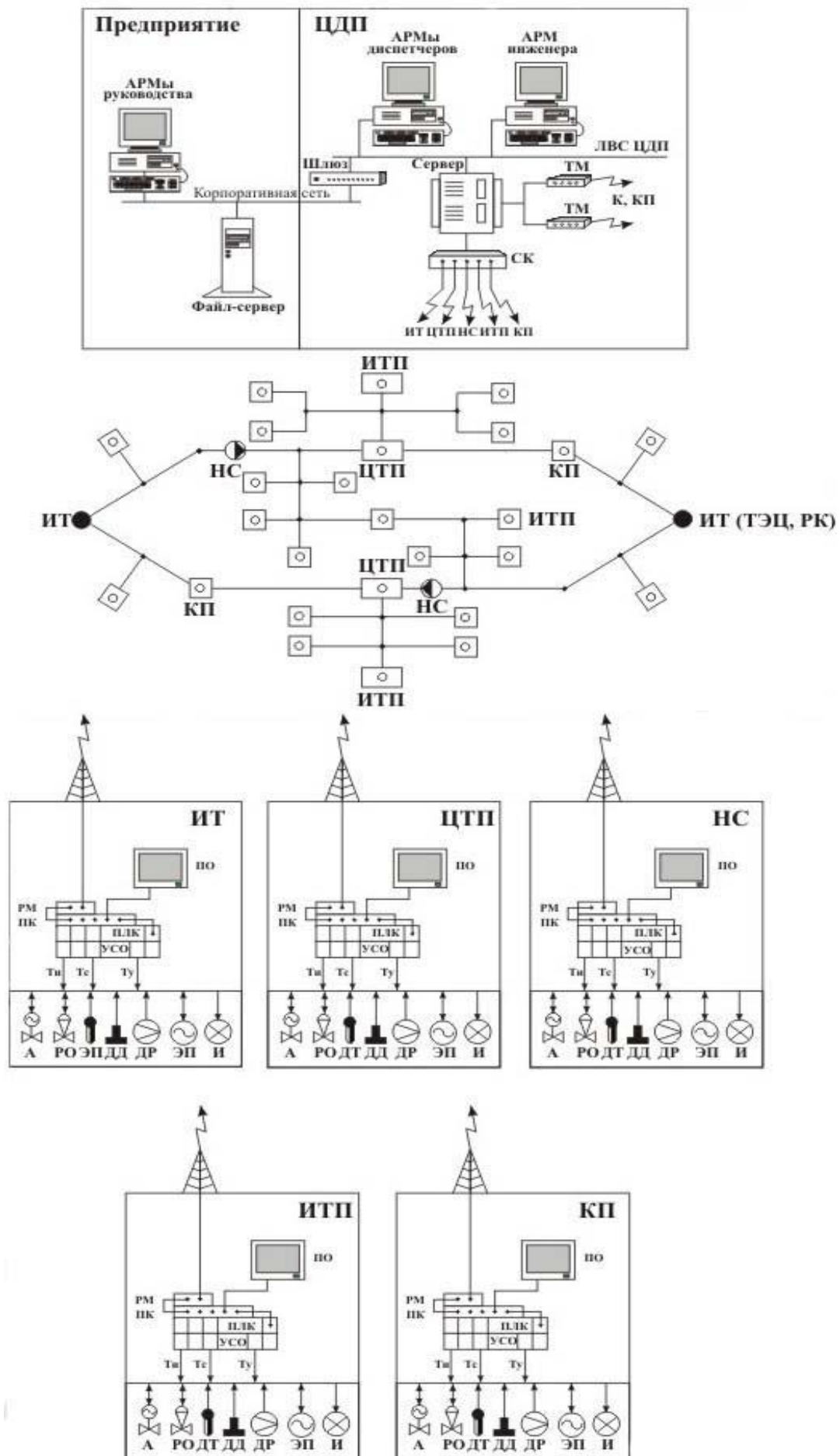
Нижний уровень управления всех технологических установок объединяет отдельные контроллеры с выносными блоками ввода-вывода, интеллектуальными приборами и исполнительными механизмами (А — привод арматуры, РО — дроссельные регулирующие органы, ДТ — датчики температуры, ДД — датчики давления, ДР — датчики расхода энергоносителей, ЭП — электропривод агрегатов, И — средства индикации и визуализации, ИМ — исполнительные механизмы со встроенными контроллерами). Интеллектуальные приборы связаны с контроллерами через стандартную цифровую полевую шину НАРТ-протоколом. Перспективной идеологией «интеллектуализации» приборов и блоков

ввода-вывода является идеология Fieldbus Foundation, обеспечивающая перенос и реализацию алгоритмов обработки измерительной информации (фильтрация, масштабирование, линеаризация и т.п.), регулирования (стабилизация, слежение, каскадное управление и т.п.), логического управления (пуск, останов, блокировка и т.п.) на нижний уровень управления. Полевая сеть Fieldbus H1 реализует все функции HART-протокола, а также позволяет программировать алгоритмы контроля и управления, реализуемые в приборах. Перспективная тенденция типизации отдельных программных и технических средств и их открытость к средствам других фирм позволяет системным интеграторам не разрабатывать, а собирать из отдельных программно-аппаратных модулей и средств разных фирм ПТК и СУ, ориентированные на автоматизацию конкретных технологических объектов.

Средний уровень управления технологическими установками (отдельными котлами, водоподготовительной установкой, циркуляционной насосной станцией), являющийся связующим звеном между контроллерами и пультами операторов, реализуется промышленной сетью Profibus.

На верхнем уровне управления систем централизованного теплоснабжения мегаполисов основной решенной задачей технологического и организационно-экономического управления становятся отдельные информационные сети, связывающие АРМ (автоматизированное рабочее место) управляющего персонала отделов и служб с планирующими подразделениями энергетических компаний. Эти сети взаимодействуют или совпадают с корпоративной сетью энергетической компании. Доминирующим типом таких сетей является Ethernet.

Программно-аппаратная платформа ПТК верхнего уровня управления теплоснабжающей системой мега-



Обобщенная схема АСУТП системы централизованного теплоснабжения мегаполиса

полиса включает в себя пульты операторов для отдельных автоматизированных рабочих мест технологических служб на базе типовых ПК офисного исполнения, сервер БД, сетевую аппаратуру (сетевой коммутатор, шлюз или мост для связи с корпоративной сетью энергетического комплекса), центральный концентратор измеренной информации (ЦКИ) на базе рабочих станций, работающих в режиме серверов и поддерживающих функции диспетчерского управления. Операционные системы пультов ориентированы на Windows NT Server, которая обеспечивает сетевое распределение ресурсов аппаратных платформ в режиме мягкого реального времени. В качестве сетевой СУБД верхнего уровня может использоваться MS SQL-Server. Основное программное обеспечение пультов диспетчера представлено SCADA-системами, реализующими основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления. Прикладные программные компоненты представлены редакторами: цифровых анимационных мнемосхем технологических установок, цифровых технологических и расчетных схем технологических установок и тепловых сетей, цифрового топографического плана мегаполиса. Компоненты для ведения оперативных и долговременных архивов, генератор отчетов и запросов, администратор пользователей для контроля прав доступа.

С учетом состава СТМ и АСУТП исследование их средствами ПИК применительно к СТМ возможно в направлениях научных специальностей [9, 10, 11]:

- 05.09.03 — «Электротехнические комплексы и системы»;

- 05.13.06 — «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»;

а исследование ПИК целесообразно осуществлять по паспорту специальности:

- 05.14.04 — «Промышленная теплоэнергетика».

В рамках специальности 05.09.03 **объектами исследования** являются электротехнические комплексы, включающие асинхронные электроприводы множества насосных станций и установок (в том числе и источников тепла) с силовыми частотными управляемыми преобразователями.

Известные решения задач выбора двигателя для насосного агрегата с отдельным напорным трубопроводом, а также задачи оценки статической устойчивости электропривода «асинхронный двигатель — насосный агрегат» становятся неопределенными для разветвленных схем тепловых сетей, закольцованных прямыми и обратными трубопроводами, имеющих различные требуемые пьезометрические графики, переменные структурные схемы (например в связи с аварийными ситуациями на отдельных ответвлениях и магистральных участках), с одновременно работающими на разветвленную тепловую сеть несколькими насосными агрегатами. Сложность решения упомянутых задач заключается также в том, что чаще всего отсутствует возможность экспериментальной настройки и наладки систем

управления электроприводов в статических и динамических режимах.

Для такого распределенного, многомерного и многосвязного электротехнического объекта использование ПИК как средства имитационного моделирования, а возможно, и адаптивного супервизорного управления, может стать инструментом построения надежных энергосберегающих режимов работы СТМ и АСУТП.

Сформулируем основные научные положения исследования электротехнического объекта — «множество частотно управляемых асинхронных электроприводов насосных агрегатов систем теплоснабжения мегаполисов», в рамках паспорта специальности 05.09.03 [9].

Цель исследований состоит в использовании ПИК (например типа ТГИД-05) для имитационного моделирования статических режимов множества электроприводов насосных агрегатов СТМ. При этом на этапах разработки и проектирования СТМ появляется возможность вводить любые технологические и структурные вариации СТМ и определять эталонные и граничные состояния систем управления ЭП (например, задающие воздействия и статическую устойчивость), а в процессе нормальной и аварийной работы осуществлять адаптивное супервизорное управление, использующее базу накопленных результатов имитационных исследований для принятия решений по управлению ЭП насосных агрегатов.

Методика получения результата заключается в имитационных исследованиях средствами ПИК работы множества электроприводов насосных агрегатов замкнутой СТМ с целью поиска оптимальных совместных статических характеристик электропривода каждой насосной установки и СТМ, как нагрузки электропривода при ограничении на форму и характеристики пьезометра в характерных точках сети.

Научную новизну исследований составят математические модели статических режимов частотно-управляемых электроприводов насосных агрегатов (ЧУ ЭП НА), работающих в замкнутых тепловых сетях мегаполисов, и алгоритмы имитационного моделирования режимов работы множества электроприводов насосных агрегатов в тепловых сетях, реализованных средствами ПИК, позволяющие с высокой точностью учитывать влияние структуры и параметров разветвленных тепловых сетей на эксплуатационные характеристики электроприводов (КПД, потери мощности, ресурса...) насосных агрегатов и формировать множество обоснованных задающих воздействий для ЧУ ЭП НА.

Научные результаты исследований: системный подход к процессу формирования множества эталонных статических режимов ЧУ ЭП НА для множества возможных вариаций структур и параметров тепловых сетей мегаполисов; методика имитационного моделирования средствами ПИК статических режимов ЧУ ЭП НА при их работе в тепловых сетях мегаполисов.

Обоснованность и достоверность исследований может быть доказана адекватностью результатов имитационного моделирования экспериментальным данным, полученным в реальных условиях эксплуатации СТМ.

Задачи исследований в рамках специальности 05.09.03 — «Электротехнические комплексы и системы»:

- анализ структуры и режимов работы СТМ с ЧУ ЭП НА как объектов контроля и управления. Критерии эффективности функционирования СТМ;
- оценка ПИК как средств для исследования СТМ с ЧУ ЭП НА;
- разработка математических моделей статических режимов ЧУ ЭП НА, работающих в СТМ;
- разработка принципов системного подхода к процессу формирования множества эталонных статических режимов ЧУ ЭП НА. Выбор и обоснование критерия качества стационарных режимов работы СТМ ЧУ ЭП НА;
- разработка алгоритмов синтеза статических режимов работы ЧУ ЭП НА в СТМ;
- разработка базы данных статических режимов ЧУ ЭП НА в СТМ;
- разработка методики имитационного моделирования статических режимов работы ЧУ ЭП НА в СТМ;
- разработка рекомендаций по формированию задающих воздействий множества ЧУ ЭП НА, работающих в СТМ.

По паспорту специальности 05.09.03 — «Электротехнические комплексы и системы» **областями исследований** ЧУ ЭП НА, работающих в СТМ, будут являться [9]:

- развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное моделирование электротехнических комплексов, систем и их компонентов;
- разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов и технических средств эффективного управления, регулирования, диагностики, контроля и защит, в том числе на основе программно-аппаратных комплексов.

В рамках специальности 05.13.06 — «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)» СТМ в варианте, изображенном на рисунке, может рассматриваться как функционально полный, не требующий каких-либо дополнений и исследований **объект контроля и управления**. Это впечатление создается насыщенностью средств контроля и управления на верхнем, среднем и нижнем уровнях АСУТП, но в то же время эффективность работы этих средств и всей АСУТП зависит прежде всего от возможности **идентификации свойств и возмущений СТМ**. Поэтому правомерна инициализация исследований в рамках специальности 05.13.06.

Цель исследований в этом случае может заключаться в оптимизации управления СТМ по

критериям быстродействия, энергосбережения, надежности, ремонтпригодности и экономической эффективности эксплуатации технологического оборудования, систем управления и контроля, а также минимизации глобального критерия качества — стоимости 1 Гкал/ч потребляемой тепловой энергии.

Идея исследований состоит в идентификации состояния СТМ по результатам мониторинга средствами SCADA-систем по множеству реально измеренных сигналов и средствами ПИК (например ТГИД-05) для множества элементов СТМ, не охваченных SCADA-системами. Результативность идентификации состояния СТМ позволяет гарантировать эффективную оптимизацию АСУТП.

Методика получения результата по исследованию СТМ и АСУТП заключается в мониторинге СТМ средствами SCADA-систем, имитационном моделировании СТМ средствами ПИК, оценке адекватности множества реально наблюдаемых SCADA-системами координат СТМ и АСУТП и прогнозировании (по данным имитационных исследований) состояния «невидимых» элементов СТМ и АСУТП.

Научную новизну исследований составят математические модели элементов СТМ и АСУТП, алгоритмы идентификации, контроля и управления СТМ на основе мониторинга в реальном времени средствами SCADA-систем наблюдаемых частей СТМ и прогнозирования (на основе имитационного моделирования режимов работы СТМ средствами ПИК) состояния остальных компонентов СТМ.

Научные результаты исследований: системный подход к иерархическому процессу управления СТМ на основе реально имеющейся и прогнозируемой информации; рекомендации по имитационному моделированию и параметрической стабилизации АСУТП СТМ.

Основные задачи исследований в рамках специальности 05.13.06 — «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»:

- разработка критериев оценки и математических моделей СТМ как объектов контроля и управления;
- исследование и разработка алгоритмов идентификации СТМ по результатам их мониторинга средствами SCADA-систем и имитационного моделирования в среде ПИК;
- исследование и разработка алгоритмов контроля и супервизорного управления СТМ.

По паспорту специальности 05.13.06 исследования СТМ и АСУТП укладываются в **рамки научных направлений:**

- методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.;
- научные основы, модели и методы и идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления;

- теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.;

- разработка методов обеспечения совместности и интеграции АСУ, АСУТП, АСУП, АСТПП и других систем и средств управления.

Продолжительный период работы группы специалистов, создавших серию ПИК [1-8] (в том числе и ТГИД-05), подтверждает известное правило, что нет предела совершенствованию, и в этом ракурсе очевидно упомянутое выше положение о том, что ПИК могут быть **объектами исследования** в рамках специальности 05.14.04 — «Промышленная теплоэнергетика» [11] по **научным направлениям**:

- теоретические и экспериментальные исследования процессов тепло и массопереноса в тепловых системах и установках, использующих тепло. Совершенствование методов расчета тепловых сетей и установок с целью улучшения их технико-экономических характеристик, экономии энергетических ресурсов;

- оптимизации параметров тепловых технологических процессов и разработка

оптимальных схем установок, использующих тепло, с целью экономии энергетических ресурсов, повышения надежности, улучшения качества продукции в технологических процессах;

- разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в промышленной теплоэнергетике.

Основные положения исследований, с целью создания эффективных ПИК для совершенствования методов расчета и режимов работы СТУ, лежат в областях: классификация, разработка и совершенствование математических моделей стационарных гидравлических режимов отдельных элементов и СТУ в целом; выбор, обоснование и анализ численных методов решения уравнений, входящих в математические модели СТУ; разработка методики расчета стационарных режимов СТУ при вариации структуры и параметров СТУ; разработка решателя задач имитационного моделирования стационарных режимов СТУ в нормальных и аварийных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасев Н.И. Стационарное потокораспределение в трубопроводных сетях методом поправочных контурных корней // Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами централизованного теплоснабжения: Сб. тр. / Всесоюз. научн.-исследов. и проект.-конструк. инс. ВНИПИэнергопом. М., 1983. С. 16-30.
2. Карасев Н.И., Фольгардт В.И., Дирксен В.Л. Пакет прикладных программ для моделирования гидравлических режимов водяных систем централизованного теплоснабжения // Электрон. моделирование. 1986. № 3. С. 50-55.
3. Карасев Н.И., Фольгардт В.И., Дирксен В.Л. Синтез допустимых установившихся режимов больших теплоснабжающих систем с дроссельным управлением // Энергетик (Изв. высш. учеб. заведений). 1990. № 4.
4. Карасев Н.И., Крицкий А.Б., Томилова Н.И., Цок Г.Н. Анализ требований к автоматизированной системе управления технологическими процессами в больших системах централизованного теплоснабжения // Автоматика и Информатика. 2003. № 1-2.
5. Карасев Н.И., Крицкий А.Б., Томилова Н.И., Цок Г.Н. Программные компоненты в АСУ ТП больших теплоснабжающих систем // Труды Международного симпозиума «Информационные и системные технологии в индустрии, образовании и науке»/Министерство образования и науки РК; МАИИ; КарГТУ. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2003.
6. Карасев Н.И., Крицкий А.Б., Томилова Н.И., Цок Г.Н. Информатизация систем централизованного теплоснабжения в структуре жизнеобеспечения мегаполисов Казахстана // Труды Международной научной конференции «Сучасні наукові дослідження — 2006». Днепропетровск, 20-28 февраля, 2006.
7. Карасев Н.И. Решатель задач имитационного моделирования режимов больших теплоснабжающих систем // Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях: 3-я международная научно-практическая конференция. Алматы. АИЭС, 2002. С. 24-28.
8. Карасев Н.И., Фольгардт В.И., Дирксен В.Л., Ровенская Е.И. Моделирование установившихся режимов больших теплоснабжающих систем с дроссельным управлением // Электрон. моделирование. 1990. № 1. С. 72-77.
9. Брейдо И.В., Сагинов П.И., Фешин Б.Н. Классификационные признаки систем управления электротехническими комплексами и системами // Труды университета / КарГТУ. Караганда, 2002. № 1. С. 55-57.

УДК 681.51:621.91

С.С. УСУПОВ

Статический расчет системы автоматического управления упругими перемещениями технологической системы

Статический расчет систем автоматического управления (САУ) сводится к определению требуемого коэффициента усиления, чтобы обеспечить заданную точность стабилизации динамической настройки, и к определению диапазона управляющих воздействий.

Структурная схема для САУ, предназначенного для стабилизации размера динамической настройки за счет изменения продольной подачи, представлена на рис. 1 [1].

Уравнение объекта

$$\dot{A}'_q = C z^h s^{b_2}. \quad (1)$$

Регулятор пропорционального типа

$$s - s_0 = -k_p (A'_q - A'_{q0}), \quad (2)$$

где s — управляющее воздействие;

k_p — коэффициент усиления регулятора;

A'_q — измеренное значение упругого перемещения.

Линеаризация производится в окрестности рабочей точки (z_0, s_0) , тогда уравнения (1) и (2) образуют следующую систему:

$$\begin{cases} A'_v = A'_{v0} + \frac{\partial A'_v}{\partial z_0}(z - z_0) + \frac{\partial A'_v}{\partial s_0}(s - s_0), \\ s - s_0 = -k_p(A'_v - A'_{v0}), \end{cases} \quad (3)$$

где $\frac{\partial A'_v}{\partial z_0} = Cb_1z^{b_1-1}s_0^{b_2}$; $\frac{\partial A'_v}{\partial s_0} = Cb_1z^{b_1}s_0^{b_2-1}$.

Систему (3) путем линейного преобразования можно привести к виду

$$\begin{cases} \Delta A'_v = b_1 \Delta z + b_2 \Delta s, \\ \Delta s = -k_p \Delta A'_v \frac{A'_{v0}}{s_0}, \end{cases} \quad (4)$$

где $\Delta A'_v = \frac{A'_v - A'_{v0}}{A'_{v0}}$; $\Delta z = \frac{z - z_0}{z_0}$; $\Delta s = \frac{s - s_0}{s_0}$.

Величина $\Delta A'_v$ характеризует точность стабилизации данной системой значения A'_v на заданном уровне A'_{v0} .

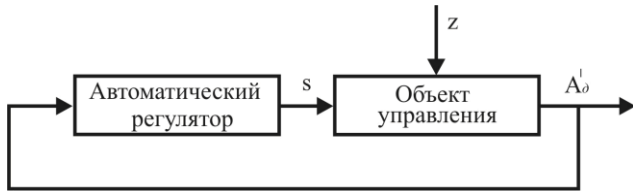


Рис. 1. САУ для стабилизации размера динамической настройки

Заданный размер возмущений (колебание припуска) обозначен через Δz .

Из системы (4) можно определить коэффициент усиления регулятора для обеспечения заданной точности при заданном размахе возмущающего воздействия

$$\hat{e}_\delta = \frac{b_1 \frac{\Delta z_{\text{зад}}}{A'_{v0}}}{b_2 \frac{A'_{v0}}{s_0}}.$$

Требуемый диапазон управляющего воздействия Δs определяется также из системы (4), если заданы k_p и $\Delta z_{\text{зад}}$.

$$\Delta s = - \frac{\hat{e}_\delta \frac{A'_{v0}}{s_0} b_1}{1 + \hat{e}_\delta \frac{A'_{v0}}{s_0} b_2} \Delta z_{\text{зад}}. \quad (5)$$

Если взять модель системы СПИД токарного станка 1К62 с разработанной нами САУ, то при средней скорости резания $v = 125$ м/мин линеаризованное уравнение объекта будет иметь следующий вид:

$$\Delta A'_v = 0,49 \Delta z + 0,35 \Delta s.$$

Зададимся точностью поддержания упругого перемещения в 5% от заданного значения, тогда $\Delta A'_{v\text{зад}} = \pm 0,05$. Размах возмущающего воздействия,

колебания припуска пусть будет $\Delta z_{\text{зад}} = \pm 0,08$. Номинальный режим системы имеет координаты $z_0 = 2,6$ мм; $s_0 = 0,4$ мм/об; $A'_{v0} = 0,11$ мм. Требуемый коэффициент усиления $\hat{e}_\delta = 65 \frac{\text{мм}}{\text{мм/об}}$; требуемый диапазон управляющего воздействия, изменение подачи $\Delta s = \pm 1,14$.

Поскольку модуль Δs больше единицы, то нижняя граница диапазона подач меньше нуля — это связано с линеаризацией нашей исходной модели.

Для линейной модели методика расчета

$$A'_v = Cz^{b_1}s^{b_2}.$$

Заданные значения A'_{v0} и $A'_{v\text{зад}}$ определяют верхнюю A'_{v1} и нижнюю A'_{v2} границы изменения A'_v

$$A'_{v1} = A'_{v0}(1 + \Delta A'_{v\text{зад}});$$

Заданные значения z_0 и $\Delta z_{\text{зад}}$ также определяют верхнюю A'_{v1} и нижнюю A'_{v2} границы измерения A'_v .

Точкам (z_1, A'_{v1}) и (z_2, A'_{v2}) соответствуют вполне определенные значения управляющего воздействия s_1 и s_2 , которые можно рассчитать, пользуясь формулой (5):

$$\begin{aligned} s_1 &= C^{-\frac{1}{b_2}} z_1^{\frac{b_1}{b_2}} A'_{v1}^{\left(\frac{1}{b_2}\right)}; \\ s_2 &= C^{-\frac{1}{b_2}} z_2^{\frac{b_1}{b_2}} A'_{v2}^{\left(\frac{1}{b_2}\right)}. \end{aligned}$$

Характеристика регулятора, задаваемая уравнением (2), должна проходить через точку (s_0, A'_{v0}) , т.е. характеристику регулятора можно провести через точки с координатами (s_0, A'_{v0}) и (s_1, A'_{v1}) или (s_0, A'_{v0}) и (s_2, A'_{v2}) . Получается две прямые с разными углами наклона α к оси ординат Y (рис. 2).

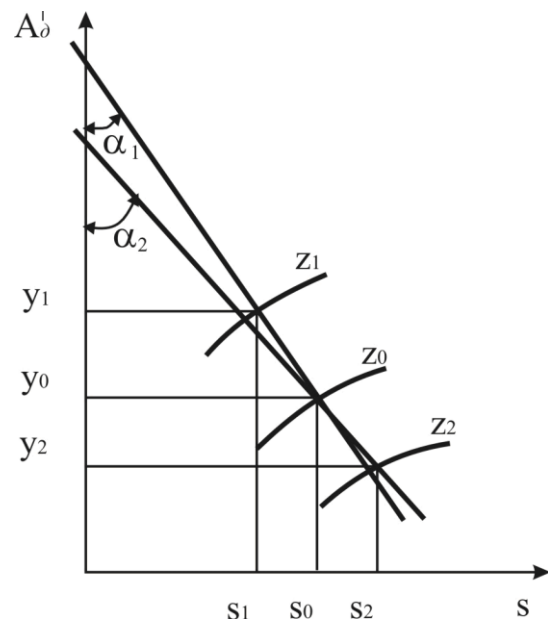


Рис. 2. Семейство статических характеристик САУ

Уравнения этих прямых:

$$\frac{s-s_0}{s_1-s_0} = \frac{A'_{\alpha} - A'_{\alpha 0}}{A'_{\alpha 1} - A'_{\alpha 0}} \text{ и } \frac{s-s_0}{s_2-s_0} = \frac{A'_{\alpha} - A'_{\alpha 0}}{A'_{\alpha 2} - A'_{\alpha 0}}.$$

Отсюда угловые координаты ($tg\alpha_1$, $tg\alpha_2$), представляющие коэффициенты усиления регулятора, будут:

$$\hat{e}_{\alpha 1} = \frac{s_1-s_0}{A'_{\alpha 1} - A'_{\alpha 0}}; \quad \hat{e}_{\alpha 2} = \frac{s_2-s_0}{A'_{\alpha 2} - A'_{\alpha 0}}.$$

Из двух значений коэффициентов надо выбрать большее значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптивное управление станками / Под ред. Б.С. Балакшина. М.: Машиностроение, 1997.
2. Самоподнастраивающиеся станки / Под ред. Б.С. Балакшина. М.: Машиностроение, 1998.

УДК 681.51

Д.З. ДЖУРУНТАЕВ

Снижение вычислительных затрат при анализе схем с помощью неявного метода

Задача разработки методов и алгоритмов, экономичных по затратам машинного времени, является одной из наиболее важных в проблеме создания математического аппарата системы автоматизированного схмотехнического анализа. С этой позиции рассматривается проблема снижения вычислительных затрат при использовании неявных методов для анализа электронных схем высокой степени сложности. В практике автоматизации схмотехнического проектирования неявные методы, которые позволяют вести интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) — математической модели схемы (ММС) с относительно большими шагами, находят широкое применение в различных программах анализа нелинейных электронных схем (НЭС). Однако трудоемкость вычислений одного шага интегрирования и необходимый объем памяти при использовании неявных методов для решения ММС оказываются значительными, особенно при анализе схем высокой степени сложности, что существенно ограничивает область их предпочтительного применения.

Для реализации формулы неявного интегрирования в отличие от явных методов требуется определить не только вектор — функцию $F(V, t)$, но также и матрицу Якоби Y , элементами которой являются частные производные F по вектору переменных состояния V . Поэтому при анализе переходных процессов с помощью неявных методов трудоемкость вычислений на одном шаге дополнительно зависит от способов определения матрицы Якоби Y .

В данной работе предлагается один из возможных способов уменьшения трудоемкости вычислений, когда математическая модель схемы (ММС) представлена в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ):

$$\dot{V} = F(V, t), \quad V(0) = V_0, \quad (1)$$

где $F(V, t)$ — вектор нелинейных функций;

V_0 — начальное значение вектора переменных состояния $V(t)$ при $t = 0$.

Пусть для решения системы ОДУ (1) используется неявный метод первого порядка

$$U_{k+1} = U_k + h \cdot F(U_{k+1}, t_{k+1}), \quad (2)$$

где U_k и U_{k+1} — векторы приближенных решений системы ОДУ, полученные соответственно в точках t_k и t_{k+1} ;

$F(U, t)$ — вектор производных U по t ;

k — номер шага интегрирования. Обычно на практике вместо формулы (2) используют ее решение, полученное относительно U_{k+1} итерационным методом Ньютона, т.е.

$$U_{k+1}^{i+1} = U_k^i + [E - h \cdot F'(U_{k+1}^i)]^{-1} \cdot [h \cdot F(U_{k+1}^i) - (U_{k+1}^i - U_k)], \quad (3)$$

где каждый элемент матрицы Якоби $F' = \partial F / \partial U_j$ определяется как

$$\partial F_i / \partial U_j, \quad (4)$$

где i — номер итерации,

E — единичная матрица.

При этом считается, что в окрестности точного решения матрица Якоби неособенная (ее определитель отличен от нуля) и исходное приближение взято достаточно близким к точному решению.

Далее перепишем формулу (3) в виде системы линейных алгебраических уравнений (ЛАУ), т.е. в следующем виде:

$$Q_{k+1}^i \cdot (U_{k+1}^{i+1} - U_{k+1}^i) = \varphi(U_{k+1}^i), \quad (5)$$

где $Q_{k+1}^i = E - h \cdot F'(U_{k+1}^i)$;

$$\varphi(U_{k+1}^i) = h \cdot F(U_{k+1}^i) - (U_{k+1}^i - U_k).$$

Введем обозначение: $N_{ММС} = N_Q + N_\varphi$, (6)

где N_Q — количество операций, необходимое для вычисления матрицы Q ;

N_φ — то же, для определения вектора-невязки φ .

Количество операций N_φ согласно данным работы [1] составляет

$$N_\varphi \approx 22n \text{ операций типа умножения,} \quad (7)$$

где n — порядок системы ОДУ (1).

Количество операций N_Q зависит от способов вычисления элементов матрицы Якоби Y .

В общем случае получение явной формулы для вычисления Y_{ij} практически невозможно. Поэтому

задача определения элементов матрицы Якоби рассматривается как задача анализа чувствительности функции $F(U, t)$ к изменениям переменных состояния и решается методом приращения, т.е. для вычисления элементов Y_{ij} используется соотношение

$$B_{ij} = \frac{F_i(U_j + \Delta U_j) - F_i(U_j)}{\Delta U_j}, \quad (8)$$

где $\Delta U_j = U_j^{i+1} - U_j^i$.

Согласно формуле (8) для определения матрицы Якоби Y требуется n обращений к уравнениям ММС и, следовательно,

$$N_Q \approx (22 \cdot n + 1) n \text{ операций типа умножения.} \quad (9)$$

Тогда с учетом (7), (9) и зависимости $n = 0,42 \cdot \alpha$ получим

$$N_{\text{ММС}} \approx (22 \cdot n + 23) \cdot n \approx (3,88 \cdot \alpha + 9,7) \cdot \alpha \quad (10)$$

Отсюда видно, что с увеличением n и, следовательно, с повышением степени сложности анализируемых схем объем вычислений $N_{\text{ММС}}$ значительно увеличивается. Однако вводя некоторые ограничения на структуру анализируемых НЭС, можно существенно упростить и формализовать вычислительную процедуру для определения матрицы Y и тем самым уменьшить количество операций $N_{\text{ММС}}$. Наложение ограничений на структуру схемы сводится к недопустимости в последней неправильных размещений, а также ветвей, параметры которых связаны с переменными состояния заранее неизвестными функциональными зависимостями. Пусть анализ ведется применительно к схемам, в набор компонентов которых входят независимые источники напряжения, биполярные транзисторы, диоды, конденсаторы, резисторы и катушка индуктивности. Тогда при замене нелинейных компонентов их моделями, используемыми в программах ПА1 и ПА6 [1], систему (1) можно представить в следующем виде:

$$\frac{dU}{dt} = C^{-1} \cdot I = C^{-1} \cdot (A \cdot U + I_A + B \cdot U_E), \quad (11)$$

где вектор $I = \begin{bmatrix} I_C \\ U_L \end{bmatrix}$;

вектор $U = \begin{bmatrix} U_C \\ I_L \end{bmatrix}$;

диагональная матрица $C = \begin{bmatrix} C_1 & 0 \\ 0 & L \end{bmatrix}$;

A и B — постоянные матрицы, определяемые с учетом топологических связей между элементами подмножеств хорд и ребер дерева графа эквивалентной схемы (ЭС);

C_1 — диагональная подматрица нелинейных и линейных емкостей;

L — диагональная подматрица индуктивностей;

I_C — вектор емкостных токов;

U_L — вектор напряжений на индуктивных элементах;

I_A — вектор, ненулевыми компонентами которого являются активные токи переходов транзисторов и токи переходов диодов (компоненты I_A , соответствующие линейным емкостям и индуктивным элементам, равны нулю);

U_E — вектор источников напряжения;

$[R]$ — диагональная матрица сопротивлений резистивных хорд.

Элементы матрицы Якоби, определяемые по формуле (4), применительно к системе (11) выражаются как

$$B_{ij} = \frac{\partial}{\partial U_j} (C_i^{-1}) \cdot I_i + C_i^{-1} \left[A_{ij} + \frac{\partial}{\partial U_j} (I_{Ai}) \right]. \quad (12)$$

Заметим, что при автоматизации формирования ММС описание топологии анализируемой схемы задается в виде формуляра, представляющего собой множество строк с элементами, соответствующими ветвям графа ЭС. При этом строки формуляра, соответствующие емкостям рп-переходов транзисторов $C_{\delta i}$ и C_{Ki} и диодов $C_{D\gamma}$ располагаются в следующей последовательности: сначала строки рп-переходов всех транзисторов, затем строки рп-переходов диодов, причем строка коллекторного перехода какого-либо транзистора должна непосредственно следовать за строкой эмиттерного перехода того же транзистора, где $i = 1, 2, \dots, m$; $\gamma = 1, 2, \dots, z$; m и z — числа соответственно транзисторов и диодов в анализируемой схеме. С учетом отмеченного выше, а также используя формулы для вычисления емкостей рп-переходов C_{δ} , C_K и C_D , токов через эти переходы и формулы для активных токов I_A , получим: для рп-переходов i -го транзистора

$$\left[\frac{\partial (C_j^{-1})}{\partial U_j} \cdot I_j \right]_i = \left\{ -C_j^{-1} \cdot \left[\frac{\partial (C_{\delta j})}{\partial U_j} + \frac{C_{dj}}{m\phi_{Tj}} \right] \cdot \frac{dU_j}{dt} \right\}_i, (j = \hat{Y}, \hat{E}), \quad (13)$$

$$\left[\frac{\partial (I_{A\hat{Y}})}{\partial U_{\hat{Y}}} \right]_i = \left[-\frac{B+1}{\tau} \cdot C_{d\hat{Y}} + \frac{B_U}{\tau_U} \cdot C_{dK} - \frac{1}{R_{Y\hat{Y}}} \right]_i, \quad \left[\frac{\partial (I_{AK})}{\partial U_K} \right]_i = \left[-\frac{B_U+1}{\tau_U} \cdot C_{dK} + \frac{B}{\tau} \cdot C_{d\hat{Y}} - \frac{1}{R_{Y\hat{E}}} \right]_i, \quad (14)$$

для рп-перехода γ -го диода

$$\left[\frac{\partial (C_D^{-1})}{\partial U_D} \right]_{\gamma} \cdot I_{D\gamma} = -C_{D\gamma}^{-1} \cdot \left[\frac{\partial (C_{\delta D})}{\partial U_D} + \frac{\partial C_{dD}}{m\phi_{TD}} \right]_{\gamma} \cdot \frac{dU_{D\gamma}}{dt}, \quad (15)$$

$$\left[\frac{\partial (I_{AD})}{\partial U_D} \right]_{\gamma} = - \left(\frac{C_{dD}}{\tau_D} + \frac{1}{R_{YD}} \right)_{\gamma}, \quad (16)$$

$$\text{где } \frac{\partial C_{\delta \xi}}{\partial U_{\xi}} = \begin{cases} C_{\delta \alpha \xi} \cdot \frac{n_{\xi}}{\phi_{\alpha \xi} - U_{\xi}} & \text{if } U_{\xi} \leq 0, \\ n_{\xi} \cdot \frac{C_{\delta \alpha \xi}}{\phi_{\alpha \xi}} & \text{if } U_{\xi} > 0, \end{cases}$$

$\xi = \alpha, \kappa, D$; U_{α} , U_K и U_D — напряжения

соответственно на эмиттерном, коллекторном переходах транзистора и на переходе диода.

Остальные символы, входящие в выражения (13)-(16), являются обозначениями параметров

моделей транзистора и диода [1].

Далее, подставляя выражения (13)-(16) в (12), получим формулу для вычисления матрицы Якоби Y в явной форме, т.е.

$$Y = C^{-1} (P + A), \quad (17)$$

где матрица $P = \begin{bmatrix} \Gamma_m & 0 & 0 \\ 0 & D_Z & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$; $\Gamma_m = \begin{bmatrix} \tilde{A}_1 & & 0 \\ & \tilde{A}_2 & \\ & & \ddots \\ 0 & & & \tilde{A}_m \end{bmatrix}$;

Γ_m — клеточно-диагональная матрица m -го порядка, каждая клетка Γ_i которой соответствует одному двухпереходному транзистору, $i = 1, 2, \dots, m$;

D_Z — диагональная матрица, порядок Z которой определяется числом диодов в схеме. Линейным емкостям и индуктивностям соответствует нулевая подматрица на диагонали матрицы P . При использовании формулы (17) для определения матрицы Якоби Y основной интерес представляет алгоритм вычисления элементов подматриц Γ и D :

$$\tilde{A}_i^{11} = - \left[\frac{\partial(C_{dY})}{\partial U_Y} + \frac{C_{dY}}{m\varphi_{TY}} \right]_i \cdot \frac{dU_{Yi}}{dt} - \left(\frac{B+1}{\tau} \cdot C_{dY} \right)_i - \left(\frac{1}{R_{dY}} \right)_i, \quad (18)$$

$$\tilde{A}_i^{12} = \left(\frac{B_e}{\tau_e} \cdot C_{dK} \right)_i, \quad \tilde{A}_i^{21} = \left(\frac{B}{\tau} \cdot C_{dY} \right)_i,$$

$$\tilde{A}_i^{22} = - \left[\frac{\partial(C_{dK})}{\partial U_K} + \frac{C_{dK}}{m\varphi_{TK}} \right]_i \cdot \frac{dU_{Ki}}{dt} - \left(\frac{B_e+1}{\tau_e} \cdot C_{dK} \right)_i - \left(\frac{1}{R_{dK}} \right)_i, \quad (19)$$

$$D_\gamma = - \left[\frac{\partial(C_{dD})}{\partial U_D} + \frac{C_{dD}}{m\varphi_{TD}} \right]_\gamma \cdot \frac{dU_{D\gamma}}{dt} - \left(\frac{C_{dD}}{\tau_D} \right)_\gamma - \left(\frac{1}{R_{TD}} \right)_\gamma. \quad (20)$$

Представление матрицы Якоби Y в форме (17) позволяет заметно упростить процедуру вычисления Y , так как матрицы C и P являются сильно разреженными и их ненулевые элементы могут быть вычислены в подпрограммах нелинейных компонентов.

Далее, подставим выражение (17) в (3) и получим формулу неявного интегрирования в виде

$$U_{k+1}^{i+1} = U_{k+1}^i + [(E - h \cdot C^{-1} \cdot (P + A))_{k+1}^i]^{-1} \cdot \varphi(U_{k+1}^i), \quad (21)$$

где вектор-невязка $\varphi U_{k+1}^i = [h^* F U_{k+1}^i - U_{k+1}^i - U_k]$;

k — номер шага интегрирования;

i — номер итерации;

E — единичная матрица.

Из теории матричных преобразований известно, что

$$A_1^{-1} \cdot A_1 = A_1 \cdot A_1^{-1} = E, \quad A_1 \cdot A_2^{-1} = A_2^{-1} \cdot A_1^{-1}, \quad (22)$$

где A_1 и A_2 — невырожденные квадратичные матрицы. С учетом (22) формула (21) принимает вид

$$\begin{aligned} U_{k+1}^{i+1} &= U_{k+1}^i + [(C^{-1} \cdot C - h \cdot C^{-1} \cdot (P + A))_{k+1}^i]^{-1} \cdot \varphi(U_{k+1}^i) = \\ &= U_{k+1}^i + [(h \cdot C^{-1})_{k+1} \cdot (h^{-1} \cdot C - (P + A))_{k+1}^i]^{-1} \cdot \varphi(U_{k+1}^i) = \\ &= U_{k+1}^i + [(h^{-1} \cdot C - (P + A))_{k+1}^i]^{-1} \cdot [(h \cdot C^{-1})_{k+1}^i]^{-1} \times \\ &\times [h \cdot F(U_{k+1}^i) - (U_{k+1}^i - U_k)] = U_{k+1}^i + [Q_{k+1}^i]^{-1} \cdot \varphi^*(U_{k+1}^i), \end{aligned} \quad (23)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{k+1}^{*i} &= [h^{-1} \cdot C - (P + A)_{k+1}^i]; \\ \varphi^*(U_{k+1}^i) &= [I_{k+1}^i + (h^{-1} \cdot C)_{k+1} \cdot (U_{k+1}^i - U_k)]; \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

$$I_{k+1}^i = C_{k+1}^i * F(U_{k+1}^i).$$

При использовании модифицированной формулы (23) для решения системы (1) в отличие от формулы (3) не возникает на каждой итерации необходимость вычисления полной матрицы Якоби Y (т.е. всех элементов матрицы Y) и вместо этого вычисляются лишь значения вектора I и ненулевых элементов подматриц P и C . Вектор I и ненулевые элементы матрицы C определяются в подпрограмме вычисления правых частей системы ОДУ (1) и, следовательно, для нахождения матрицы C и вектора I не требуются дополнительные вычислительные затраты. Матрица A постоянная и поэтому достаточно вычислить её элементы один раз перед первым шагом интегрирования.

Таким образом, использование формулы (24) приводит к значительному снижению объема вычислений N_{MMC} , требуемого для определения матрицы Q^* и вектора φ^* , т.е.

$$N_{MMC}^* = N_{Q^*} + N_{\varphi^*},$$

где N_{Q^*} — количество операций типа умножения, требуемое для вычисления ненулевых элементов матрицы Q^* ;

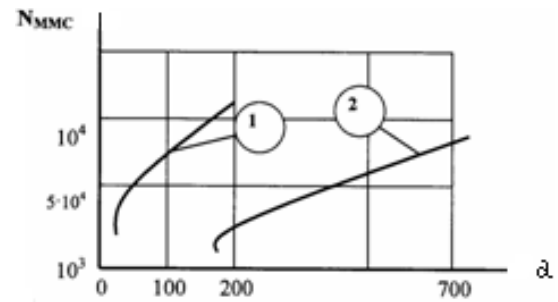
N_{φ^*} — то же, для вычисления φ^* .

В случае применения метода сканирования М-матрицы для определения вектора правых частей системы ОДУ $F(U, t)$ объем вычислений N_{MMC}^* составляет $26n$ операций типа умножения или с учетом зависимости $n = 0,42 \cdot \alpha$ имеем

$$N_{MMC}^* \approx 26 \cdot n \approx 10,92 \cdot \alpha \text{ операций типа умножения, } (25)$$

где α — число двухполюсных ветвей в эквивалентной схеме.

На рисунке изображены кривые 1 и 2 зависимости $N_{MMC} = f(\alpha)$, соответствующие оценкам (10) и (25). Из рисунка видно, что эффективность формулы (23) значительно повышается с увеличением сложности анализируемых нелинейных электронных схем. Так, при анализе схем с числом ветвей α , равным 30 и 300, использование формул (17) и (23) по сравнению с формулами вычисления элементов матрицы Якоби (9) и неявного интегрирования (3) позволяет уменьшить количество операций N_{MMC} в (10-100) раз.



Зависимости объема вычислений от степени сложности схем

В заключение отметим, что эффективность предлагаемого алгоритма реализации формулы неявного интегрирования проявляется только при анализе электронных схем, в которых отсутствуют неправильные размещения. Это ограничение можно сделать менее жестким. Возможна следующая его формулировка: в схеме недопустимы емкостные контуры, в которые одновременно входят резистивные ребра и ребра емкостей р-п-переходов транзисторов и диодов. Такая формулировка допускает неправильное размещение в линейной части схемы и приводит лишь к некоторому усложнению алгоритма определения постоянной матрицы A , причем объем вычислений N_{MMC}^* не увеличится.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наренков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. М.: Высшая школа, 1990. С.335.

РЕЗЮМЕ

УДК 378.662.014.3. Г.Г. ПИВЕНЬ, Ю.Н. ПАК.
Инновационное образование: проблемы, перспективы, решения.

В рамках Болонских реформ рассматриваются проблемные вопросы дальнейшей модернизации высшей технической школы на пути к инновационному университету.

УДК 378.147(574). Н.И. БОЛОТИНА.
Инновации и среда обучения в вузе.

Конкурентоспособность современных специалистов во многом зависит от подготовки в стенах вузов творческих, умеющих принимать решения личностей. В этой связи актуальность приобретают новые формы и методы преподавания, переориентация роли преподавателя в современном учебном процессе.

УДК 330.322(574). С.Г. НАДИРОВА, С.Р. НАДИРОВА.
Инвестиционная политика и анализ инвестиционного климата Республики Казахстан.

Рассматриваются проблемы инвестиционной политики и современного инвестиционного процесса в Казахстане, пути их решения в целях обеспечения конкурентоспособности отечественной экономики и роста благосостояния населения.

УДК 006.074. Г.С. ЖЕТЕСОВА, Ж.С. АЙТЕНОВА.
Определение основных факторов для достижения эффективности системы менеджмента качества предприятий на рынке услуг.
Определены основные факторы для достижения эффективности системы менеджмента качества предприятий на рынке услуг.

УДК 622.012.2. А.Е. ВОРОБЬЕВ, Т.В. ЧЕКУШИНА, С.Б. АЛИЕВ, Д.С. АЛИЕВА.
Структура внешних займов Республики Казахстан.

Казахстан является одной из немногих стран мира с низким отношением госдолга к ВВП — менее 10%. Данный показатель в среднем в странах ЕС составляет около 50%. Долг республики неукоснительно увеличивается, а экспорт отстает в темпе роста. Такая ситуация требует оптимизации системы управления валовым внешним долгом.

УДК 622.8. П.В. ЕМЕЛИН.
Оценка влияния факторов в математической модели расчета температурного поля выработанного пространства добычного участка.

Представлена математическая имитационная модель процесса низкотемпературного окисления угольных скоплений в выработанном пространстве с соблюдением термодинамического и динамического подобия. Проведенные исследования и анализ функциональной зависимости по расчету температуры позволили установить степень и построить иерархию влияния факторов, входящих в функцию, на результирующий признак T_i как в отдельности, так и сгруппированных по общим характерным свойствам.

УДК 622.831. Б.Н. ЦАЙ, Н.Б. БАХТЫБАЕВ.
Влияние разгрузочных щелей на образование условной зоны неупругих деформаций пород вокруг выработки.

ЭОЖ 378.662.014.3. Г.Г. ПИВЕНЬ, Ю.Н. ПАК.
Инновационный бизнес: проблемалары, перспективалары, шешімдері.

Болон реформалары шеңберінде жоғары техникалық мектепті инновациялық университетке апаратын жолда әрі қарай жаңартудың проблемалық мәселелері қарастырылады.

ЭОЖ 378.147(574). Н.И. БОЛОТИНА.
ЖОО-да оқыту инновациялары және ортасы.

Бүгінгі мамандардың бәсекеге қабілеттілігі көбінесе ЖОО қабырғаларында шешім қабылдай білетін, творчестволық жеке тұлғаларды дайындауға байланысты болады. Осыған байланысты оқытудың жаңа түрлері мен әдістері, қазіргі оқу процесінде оқытушы ролінің қайта бағдарлануы маңыздылықты иеленеді.

ЭОЖ 330.322(574). С.Г. НАДИРОВА, С.Р. НАДИРОВА.
Қазақстан Республикасының инвестициялық саясаты және инвестициялық климатын талдау.

Қазақстандағы инвестициялық саясат және қазіргі инвестициялық процесс проблемалары, отандық экономиканың бәсекеге қабілеттілігін және тұрғындардың әл-ауқатының өсуін қамтамасыз ету мақсатында оларды шешу жолдары қарастырылады.

ЭОЖ 006.074. Г.С. ЖЕТЕСОВА, Ж.С. АЙТЕНОВА.
Қызметтер рыногындағы кәсіпорындардың сапа менеджменті жүйесінің тиімділігіне қол жеткізу үшін негізгі факторларды анықтау.

Қызметтер рыногындағы кәсіпорындардың сапа менеджменті жүйесінің тиімділігіне қол жеткізу үшін негізгі факторлар анықталған.

ЭОЖ 622.012.2. А.Е. ВОРОБЬЕВ, Т.В. ЧЕКУШИНА, С.Б. АЛИЕВ, Д.С. АЛИЕВА.
Қазақстан Республикасының сыртқы қарыздарының құрылымы.

Қазақстан мемлекеттік қарыздың ІЖӨ-ге төмен қатынасы бар көп емес елдердің біреуі болып табылады — 10% кем. Берілген көрсеткіш ЕО елдерінде орта есеппен 50% жуығын құрайды. Республиканың қарызы міндетті ұлғаяды, ал экспорт өсу қарқынында қалады. Мұндай жағдай жалпы сыртқы қарызды басқару жүйесін оңтайландыруды талап етеді.

ЭОЖ 622.8. П.В. ЕМЕЛИН.
Өндіру учаскесінің қазылынды кеңістігінің температуралық өрісін есептеудің математикалық моделіндегі факторлардың әсерін бағалау.

Термокинетикалық және динамикалық ұқсастық сақталған қазылынды кеңістікте көмірдің жиналуының төмен температуралық тотығу процесінің математикалық имитациялық моделі ұсынылған. Жүргізілген зерттеулер және температураны есептеу бойынша функционалдық тәуелділікті талдау функцияға кіретін факторлардың жеке алғанда да, жалпы оған тән қасиеттері бойынша топтастырылған да, T_i нәтижелері белгісіне әсер ету дәрежесін анықтауға және иерархиясын салуға мүмкіндік берді.

ЭОЖ 622.831. Б.Н. ЦАЙ, Н.Б. БАХТЫБАЕВ.
Шығару саңылауларының қазба маңайындағы тау жыныстарының серпімсіз деформацияларының шартты аймағы.

UDC 378.662.014.3. G.G. PIVEN, Yu.N. PAK.
Innovation Education: Problems, Prospects, Decisions.

In the frames of Bologna reforms there are considered the problems of further modernizing higher technical school on the way to the innovation university.

UDC 378.147(574). N.I. BOLOTINA.
Innovations and Training Environment at Higher School.

Nowadays specialists' competitiveness depends mostly on their training at higher schools as creative, able to make decisions persons. In this connection new teaching forms and methods are becoming urgent as well as re-orienting the teacher's role in the modern teaching process.

UDC 330.322(574). S.G. NADIROVA, S.R. NADIROVA.
Investment Policy and Analysis of Investment Climate in Republic of Kazakhstan.

There are considered the problems of investment policy and modern investment process in Kazakhstan, their solution ways with the aim to provide competitiveness of home economics and the population welfare growth.

UDC 006.074. G.S. ZHETESOVA, Zh.S. AITENOVA.
Defining Principal Factors for Achieving Efficiency of Quality Management System of Service Market Enterprises.

There have been defined the main factors to achieve the efficiency of quality management system at the service market enterprises.

UDC 622.012.2. A.Ye. VOROBYOV, T.V. CHAKUSHINA, S.B. ALIYEV, D.S. ALIYEVA.
Structure of Foreign Loans of Republic of Kazakhstan.

Kazakhstan is one of few countries of the world with the low rate of the state debt to gross output — less than 10 per cent. In the countries of EU this average index is about 50 %. The debt of the Republic is constantly growing up and export growth is lagging behind, and such a situation can lead to negative consequences.

UDC 622.8. P.V. YEMELIN.
Estimation of Factors in Mathematical Model of Mining Section Goaf Temperature Pattern.

There is presented a mathematical imitation model of the process of coal accumulation low-temperature oxidation in the goaf keeping the thermo-kinetic and dynamic similarity. The studies shown and the functional dependence of the temperature calculation permitted to define the degree and to build the hierarchy of effecting factors entering the function on the resulting character T_i both separately and grouped according to their common characteristic properties.

UDC 622.831. B.N. TSAI, N.B. BAKHTYBAYEV.
Effect of Unloading Slots on Forming Conditional Zone of Rock Inelastic Deformations around Working.

Рассмотрено напряженно-деформированное состояние пород вблизи горных выработок и определены зоны разрушения при наличии разгрузочных щелей в почве выработки и без них. Определено влияние угла наклона разгрузочных щелей на формирование зон неупругих деформаций в приконтурной части горных выработок и на процесс пучения в почве.

УДК 622.274:553.3/9. Б.Т. БЕРКАЛИЕВ, Б.Ж. ХАМИМОЛДА, Ж.Т. ТНИМОВ. **Оценка эффективности повторной отработки запасов месторождений.**

Рассмотрены вопросы эффективности повторной отработки запасов месторождений, позволяющей улучшить показатели использования недр.

УДК 622.1. А.А. ПИМЕНОВ. **Характер полей напряжений пород Карагандинского угольного бассейна.**

На основании анализа геологических условий формирования Карагандинского угольного бассейна определены направления и величины главных горизонтальных напряжений, действующих в боковых породах.

УДК 622.807(574). А.К. АКИМБЕКОВ, Н.Н. АКИМБЕКОВА, А.В. КИМ. **Исследование процесса улавливания пыли в вихревой камере.**

Приведены результаты аналитических исследований процесса движения пыли во вращающемся воздушном потоке в специальной вихревой камере.

УДК 681.5.08:331.45. Ю.А. ПУШКАРЕВА, Ю.Д. ОБУХОВ. **Основные вопросы организации и проведения экспериментальных исследований шума и вибрации барабана для очистки отливок радиаторов.**

Разработаны рекомендации и указания по организации и проведению исследований шума и вибрации барабана для очистки отливок отопительных радиаторов.

УДК 622.411.332. А.Д. НУРГАЛИЕВА. **Влияние активного регулятора эжектирующего типа на управляемый поток воздуха.**

Дан анализ изменения депрессии в ветви вентиляционной сети в зависимости от изменения аэродинамических параметров активного регулятора и воздухопроводящей выработки.

УДК 553.08(574). Ш. БАЙЫСБЕКОВ. **Закон Ципфа и промышленное тонкодисперсное золото кор выветривания Шу-Или и Прибалхашья.**

Предложена уточненная поисковая модель промышленного золотополиметаллического месторождения для добычи и переработки из древних глинистых кор выветривания тонкодисперсно распределенных благородных, редких и цветных металлов, а также геолого-разведочный опыт дальнего зарубежья для оценки контрактных площадей на территории Казахстана.

УДК 550.835. Ю.Н. ПАК, М.В. ПОНОМАРЕВА, Д.Ю. ПАК. **Комплексирование альbedo гамма-излучения и рентгеновской флуоресценции для оперативного контроля качества твердого топлива.**

Предложена методика оперативного контроля зольности углей переменного состава, заключающаяся в комплексировании альbedo низкоэнергетического гамма-излучения и рентгеновской флуоресценции кальция.

УДК 622.272. Б.Е. АЙТУГАНОВ. **Технология**

ның түзілуіне әсері етуі.

Кен қазбалары жанындағы тау жыныстарының кернеулі-деформацияланған күйі қарастырылған және қазба топырағында шығару саңылаулары бар болғанда және олар болмағанда бұзылу аймақтары анықталған. Шығару саңылауларының көлбеу бұрышының кен қазбаларының контур жанындағы бөлігінде серпімсіз деформациялар аймақтарының қалыптасуына және топырақтағы қабару процесіне әсер етуі анықталған.

ӘОЖ 622.274:553.3/9. Б.Т. БЕРКАЛИЕВ, Б.Ж. ХАМИМОЛДА, Ж.Т. ТНИМОВ. **Кен орындары қорларын қайта қазымдау тиімділігін бағалау.**

Жер қойнауларын пайдалану көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік беретін, кен орындары қорларын қайта қазымдау тиімділігінің мәселелері қарастырылған.

ӘОЖ 622.1. А.А. ПИМЕНОВ. **Қарағанды көмір бассейнінің тау жыныстары кернеулері өрістерінің сипаты.**

Қарағанды көмір бассейні қалыптасуының геологиялық жағдайларын талдау негізінде бұйырлық тау жыныстарында қолданылатын, басты көлденең кернеулердің бағыттары мен шамалары анықталған.

ӘОЖ 622.807(574). Ә.Қ. ӘКИМБЕКОВ, Н.Н. ӘКИМБЕКОВА, А.В. КИМ. **Құйынды камерада шаң тұтылу процесін зерттеу.**

Арнайы құйынды камерада айналатын ауа ағынында шаңның қозғалу процесін аналитикалық зерттеу нәтижелері келтірілген.

ӘОЖ 681.5.08:331.45. Ю.А. ПУШКАРЕВА, Ю.Д. ОБУХОВ. **Радиаторлар құймаларын тазарту үшін барабанның шуы мен дірілін эксперименттік зерттеуді ұйымдастырудың және жүргізудің негізгі мәселелері.** Жылыту радиаторларының құймаларын тазарту үшін барабанның шуы мен дірілін зерттеулерді ұйымдастыру және жүргізу бойынша ұсыныстар мен нұсқаулар әзірленген.

ӘОЖ 622.411.332. А.Д. НУРГАЛИЕВА. **Эжекциялаушы типті активті реттегіштің басқарылатын ауа ағынына әсер етуі.**

Активті реттегіштің және ауа өткізетін қазбаның аэродинамикалық параметрлерінің өзгеруіне байланысты желдету торабының тармағындағы депрессияның өзгерісін талдау берілген.

ӘОЖ 553.08(574). Ш. БАЙЫСБЕКОВ. **Ципф заңы және Шу-Іленің және Балқаш өңірінің мору қыртыстарының өнеркәсіптік жұқа дисперстік алтыны.**

Ежелгі балшықты мору қыртыстарынан жұқа дисперстік таралған асыл, сирек және түсті металдарды өндіру және қайта өңдеу үшін өнеркәсіптік алтын-полиметалл кен орнының нақтыланған ізденістік моделі, сондай-ақ Қазақстан территориясындағы келісім-шарттық аудандарды бағалау үшін алыс шет елдің геологиялық-барлау тәжірибесі ұсынылған.

ӘОЖ 550.835. Ю.Н. ПАК, М.В. ПОНОМАРЕВА, Д.Ю. ПАК. **Қатты отанның сапасын жедел бақылау үшін альbedo гамма-сәуле шығаруды және рентгендік флуоресценцияны кешендеу.**

Кальцийдің альbedo төмен энергетикалық гамма-сәуле шығаруды және рентгендік флуоресценцияны кешендеуден тұратын, айнымалы құрамды көмірдің күлділігін жедел бақылау әдістемесі ұсынылған.

ӘОЖ 622.272. Б.Е. АЙТУГАНОВ. **Металдар**

There has been considered stressed-and-strained state of rocks near mining workings and defined the zones of breakage in the presence of and without the unloading slots in the working soil. There has been defined the effect of the unloading slots slope on forming the inelastic deformation zones in the contour part of mining workings and on the soil heaving.

UDC 622.274:553.3/9. B.T. BERKALIYEV, B.Zh. KHAMIMOLDA, Zh.T. TNIMOV. **Estimation of Mineral Resources Repeated Working out Efficiency.**

There are considered the problems of the efficiency of mineral resources repeated working out permitting to improve the depths usage indices.

UDC 622.1. A.A. PIMENOV. **Character of Rocks Stress Fields in Karaganda Coal Basin.**

On the basis of the analysis of the Karaganda coal basin forming geological conditions there have been defined the directions and values of the main horizontal stresses acting in the side rocks.

UDC 622.807(574). A.K. AKIMBEKOV, N.N. AKIMBEKOVA, A.V. KIM. **Studying Process of Dust Arresting in Vortex Chamber.**

There are given the results of analytical studies of the dust motion process in the rotating air flow in a special vortex chamber.

UDC 681.5.08:331.45. YU.A. PUSHKAREVA, YU.D. OBUKHOV. **Principal Problems of Organizing and Carrying out Experimental Studies of Noise and Vibration of Drum for Radiators Castings Cleaning.**

There have been worked out recommendations and instructions to organize and carry out the studies of the heating radiators castings cleaning drum.

UDC 622.411.332. A.D. NURGALIYEVA. **Effect of Active Regulator of Ejecting Type on Controlled Air Flow.**

There has been given the analyses of the depression in the ventilation network branch depending on changing the aero-dynamic parameters of the active regulator and air-conducting opening.

UDC 553.08(574). Sh. BATYSBEKOV. **Industrial Finely-Dispersed Gold of Weathering Crusts in Shu-Ili and Balkhash.**

There has been suggested the verified prospecting model of gold-and-polymetal deposit for mining and processing finely-dispersed noble, rare and non-ferrous metals from the ancient clay weathering crusts, as well as the geological prospecting experience from far abroad to estimate the contract areas on the territory of Kazakhstan.

UDC 550.835. Yu.N. PAK, M.V. PONOMARYOVA, D.Yu. PAK. **Complexing of Gamma-Radiation and X-Ray Fluorescence Albedo for On-Line Control of solid Fuel.**

There is suggested a method of on-line control of variable composition coals ash-content consisting in complexing.

UDC 622.272. B.Ye. AITUGANOV. **Technology**

доизвлечения металлов из недр.

Рассмотрен способ повышения эффективности подземных работ за счет уменьшения затрат на выщелачивание металлов и закладочного массива и оставленных запасов в целиках.

УДК 621.771.014. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, Ж.А. АШКЕЕВ, А.Р. ТОЛЕУОВА, Н.Н. ВОРОБЬЕВА. **Формирование структуры в равноканальной ступенчатой матрице.**

Рассмотрено формирование структуры материалов методом прессования в равноканальной ступенчатой матрице.

УДК 621.742÷666.7. А.З. ИСАГУЛОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, И.Е. МЕДВЕДЕВА. **Исследование антипригарных покрытий при литье в жидкостекольные формы.**

Рассмотрены результаты проведенных исследований по выявлению оптимальных составов антипригарных покрытий при литье в жидкостекольные формы. Исследования показали, что хорошим антипригарным действием для жидкостекольных смесей обладает быстросохнущая краска на основе поливинилбутирала.

УДК 662.74.074.82:669.168(574). А.Г. КАЛИАКПАРОВ. **Особенности способа термоокислительного коксования углей на Аксуском заводе ферросплавов.**

Рассмотрены особенности способа термоокислительного коксования углей на Аксуском заводе ферросплавов.

УДК 621-752(031). Ж.Б. БАКИРОВ, Г.Г. ТАТКЕЕВА. **Анализ колебаний в системе виброзащиты оператора.**

Рассмотрена двухмассовая модель виброзащитной системы оператора. При произвольных кинематических воздействиях решение получено операторным методом. Для частного случая гармонического воздействия получены выражения для коэффициентов передач абсолютного и относительного перемещения сидения. Проведен анализ зависимости их от параметров системы виброзащиты.

УДК 621.972-82. Б.Н. ГЛОТОВ. **Тенденции развития показателей гидравлических ручных молотков.**

Приведены результаты анализа параметрической информации по современным моделям гидравлических ручных молотков, выполненного с целью определения тенденций развития, выделения существующих классов и определения значений базовых показателей, используемых при оценке технического уровня.

УДК 622.232.001.12:548. А.Ю. КЛИМОВ. **Эффективность работы насосно-аккумуляторного привода передвижки механизированного комплекса.**

Рассмотрена работа механизированного комплекса, включающего механизированные крепи, очистной комбайн и призабойный конвейер. Проведены сравнительные исследования насосного и насосно-аккумуляторного привода передвижки конвейера и крепи с использованием теории массового обслуживания.

УДК 539.3. М. НЕМЕРЕБАЕВ. **Определение частот свободных колебаний цилиндрических сетчатых оболочек из композитных материалов.**

Проведено исследование пределов применимости модели технической теории, основанных на модели Кирхгофа-Лява, к расчету частот собственных колебаний сетчатых цилиндрических оболочек из

ды жер қойнауларынан қосымша алу технологиясы.

Металдарды сілтісіздендіруге жұмсалатын шығындарды және толтыру массиві мен кентіректерде қалдырылған қорларды азайту есебінен жер асты жұмыстарының тиімділігін арттыру тәсілі қарастырылған.

ЭОЖ 621.771.014. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, Ж.А. АШКЕЕВ, А.Р. ТӨЛЕУОВА, Н.Н. ВОРОБЬЕВА. **Құрылымның тең арналы сатылы матрицада қалыптасуы.**

Тең арналы сатылы матрицада баспалау әдісімен материалдардың құрылымын қалыптастыру қарастырылған.

ЭОЖ 621.742÷666.7. А.З. ИСАҒҰЛОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, И.Е. МЕДВЕДЕВА. **Сұйық шыны қалыптарына құю кезінде күйікке қарсы жабындарды зерттеу.**

Сұйық шыны қалыптауға құю кезінде күйікке қарсы жабындардың оңтайлы құрамдарын айқындау бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижелері қарастырылған. Зерттеулер сұйық шыны қоспалар үшін поливинилбутираль негізіндегі жылдам кебетін бояу күйікке қарсы жақсы әсер ететінін көрсетті.

ЭОЖ 662.74.074.82:669.168(574). А.Г. ҚАЛИАКПАРОВ. **Ақсу ферроқорытпалар заводында көмірді термиялық-тотықтырғыш кокстау тәсілінің ерекшеліктері.**

Ақсу ферроқорытпалар заводында көмірді термиялық-тотықтырғыш кокстау тәсілінің ерекшеліктері қарастырылған.

ЭОЖ 621-752(031). Ж.Б. БӘКІРОВ, Ғ.Ғ. ТАТКЕЕВА. **Оператордың дірілді қорғау жүйесіндегі тербелістерді талдау.**

Оператордың дірілді қорғау жүйесінің екі массалы моделі қарастырылған. Ерікті кинематикалық әсерлер кезінде шешім операторлық әдіспен алынған. Гармониялық әсердің жеке жағдайы үшін отырығыштың орнын абсолют және салыстырмалы ауыстыру берілістерінің коэффициенттері үшін өрнек алынған.

ЭОЖ 621.972-82. Б.Н. ГЛОТОВ. **Гидравликалық қол балғалар көрсеткіштерінің даму бағыттары.**

Қолданылып жүрген кластардың даму бағыттарын, бөлінуін анықтау және техникалық деңгейді бағалау кезінде пайдаланылатын, базалық көрсеткіштердің мәндерін анықтау мақсатында орындалған, гидравликалық қол балғаларының қазіргі модельдері бойынша параметрлік ақпаратты талдау нәтижелері келтірілген.

ЭОЖ 622.232.001.12:548. А.Ю. КЛИМОВ. **Механикаландырылған кешенді жылжытудың сорғы-аккумуляторлық жетегінің жұмыс істеу тиімділігі.**

Механикаландырылған бекітпеден, тазарту комбайнынан және забой жанындағы конвейерден тұратын, механикаландырылған кешеннің жұмысы қарастырылған. Жаппай қызмет көрсету теориясын пайдаланып, конвейер мен бекітпені жылжытудың сорғылық және сорғы-аккумуляторлық жетегін салыстырмалы зерттеулер келтірілген.

ЭОЖ 539.3. М. НЕМЕРЕБАЕВ. **Композит материалдан жасалған цилиндр тәрізді тор көзді қабыршықты еркін тербеліске есептеу.**

Кирхгоф-Ляв моделіне негізделген, техникалық теория моделінің композиттік материалдардан жасалған цилиндрлік торлы қабықшалардың меншікті тербелістерінің жиіліктерін есептеуге қолданылғыштығы шектерін зерт-

of Metal Additional Mining from Depths.

There is considered the method of increasing the efficiency of the underground operations at the expense of decreasing the costs for leaching the metals, filling mass and the reserves left in pillars.

UDC 621.771.014. A.B. NAIZABEKOV, Zh.A. ASHKEYEV, A.R. TOLEUOVA, N.N. VOROBYOVA. **Forming Structure in Equal-Channel Stage Matrix.**

There has been considered the forming of the materials structure by means of pressing in the equal-channel matrix.

UDC 621.742:666.7. A.Z. ISAGULOV, V.Yu. KULIKOV, I.Ye. MEDVEDEVA. **Studying Antiburn Coatings when Casting into Liquid-Glass Moulds.**

There are considered the results of the studies carried out to reveal the optimal compositions of antiburn coatings when casting into liquid-glass moulds. The studies showed that a good antiburn action for liquid-glass mixes has a fast drying paint on the base of polyvinylbutirale.

UDC 662.74.074.82:669.168(574). A.G. KALIAPAROV. **Peculiarities of Method of Coal Thermal-Oxidative Coking at Aksuski Ferroalloy Shops.**

There are considered the peculiarities of coal thermal-oxidative coking at the Aksuski ferroalloy shops.

UDC 621-752(031). Zh.B. BAKIROV, G.G. TATKEYEVA. **Analysis of Oscillations in Operator's Vibration-Protection System.**

There is considered a two-mass model of operator's vibration protection. At arbitrary kinematical effect the solution has been obtained by the operator method. For a private case of harmonic effect there have been obtained expressions for the seat movement absolute and relative gain factor. There has been carried out the analysis of the protection system dependence on their parameters.

UDC 621.972-82. B.N. GLOTOV. **Tendencies of Developing Indices of Hydraulic Hand Hammer.**

There are presented the results of the analysis of parametrical information of modern models of hydraulic hand hammers carried out with the aim to define the development tendencies, to define the existing classes and basic indices values used in the technical level assessment.

UDC 622.232.001.12:548. A.Yu. KLIMOV. **Efficiency of Mechanized Complex Movement Pump-and-Accumulator Drive Operation.**

There is considered the operation of a mechanized complex consisting of powered supports, cleaning cutter-loader and face conveyor. There have been carried out comparative studies of the pump and pump-and-accumulator drive of the conveyer moving and the support using the theory of mass service.

UDC 539.3. M. NEMEREBAYEV. **Determining Frequency of Free Oscillations of Cylindrical Net Shells Made of Composite Materials.**

There has been carried out a study of the technical theory model usability limits based on Kirchhoff model, to the calculation of the own oscillations frequencies of net cylindrical shells made of composite materials.

композитных материалов.

теу жүргізілген.

УДК 621.879.064. З.А. МУЛДАГАЛИЕВ, А.С. НУРМАГАНБЕТОВ. **Нагружение рабочих органов землеройных машин при их движении в глинистом растворе.** Произведен расчет сил сопротивления движению, возникающих в растворе для различных режимов течения.

ӨОЖ 621.879.064. З.А. МОЛДАҒАЛИЕВ, А.С. НҰРМАҒАНБЕТОВ. **Жер қазатын машиналардың жұмыс органдарының балшықты ерітіндіде қозғалуы кезінде жүктелуі.** Ерітіндіде әр түрлі ағыс режимдері үшін пайда болатын, қозғалысқа кедергі күштерін есептеу жүргізілген.

UDC 621.879.064. Z.A. MULDAALIYEV, A.S. NURMAGANBETOV. **Loading Excavating Parts of Earth-Moving Machine in Their Movement in Clay Solution.**

There is presented the calculation of the resistance to the movement appearing in the solution for various flow regimes.

УДК 666.9:666.942. А. ШАЙКЕЖАН, М. МИХАЙЛОВА. **О расчете высокотемпературной теплоемкости купсидина.** Определено уравнение теплоемкости купсидина, встречающегося в электротермофосфорном шлаке.

ӨОЖ 666.9:666.942. А. ШӘЙКЕЖАН, М. МИХАЙЛОВА. **Күспидиннің жоғары температуралы жылу сыйымдылығын есептеу туралы.** Электротермофосфорлық қожда кездесетін, күспидиннің жылу сыйымдылығының теңдеуі анықталған.

UDC 666.9:666.942. A. SHAIKEZHAN, M. MIKHAILOVA. **About Calculating High-Temperature Heat Capacity of Coupsidine.** There has been determined heat capacity equation for coupsidine which can be met in electro-thermal-phosphor slag.

УДК 666.92. Д.О. БАЙДЖАНОВ, Е.В. ТКАЧ, Г.Д. НАУРЫЗБАЕВ, К.А. КАШАЕВ. **Разработка составов и способов пригетовления гидрофобизирующих модификаторов типа ГД-А.** Рассматривается технология гидрофобизирующих модификаторов в твердой отпусковой форме для получения бетонов гидромелиоративного строительства.

ӨОЖ 666.92. Ж.О. БАЙЖАНОВ, Е.В. ТКАЧ, Г.Д. НАУРЫЗБАЕВ, К.А. КАШАЕВ. **ГД-А типті гидрофобтаушы түр өзгертікіштерді дайындау құрамдары мен тәсілдерін әзірлеу.** Гидромелиоративтік құрылыс бетондарын алу үшін гидрофобтаушы түр өзгертікіштердің қатты босату түріндегі технологиясы қарастырылады.

UDC 666.92. D.O. BAIDZHANOV, Ye.V. TKACH, G.D. NAURYZBAYEV, K.A. KASHAYEV. **Working out Compositions for Preparing Water-Repelling Modifiers of GD-A-Type.** There is considered the technology of water-repelling modifiers in solid form to make concretes for hydro-reclamation construction.

УДК 624.15. А.С. ҚАДЫРОВ, Б.К. ҚҰРМАСHEVA. **Щелевые фундаменты. Конструкция и механизация работ.** Рассмотрены конструкция щелевых фундаментов, состав работ по устройству щелевых фундаментов, а также необходимые машины и механизмы для проходки щели.

ӨОЖ 624.15. А.С. ҚАДЫРОВ, Б.К. ҚҰРМАСHEVA. **Саңылаулы іргетастар. Конструкциясы және жұмыстарды механизацияландыру.** Саңылаулы іргетастардың конструкциясы, саңылаулы іргетастар құрылысы бойынша жұмыстардың құрамы, сондай-ақ саңылаудан өту үшін қажетті машиналар мен механизмдер қарастырылған.

UDC 624.15. A.S. KADYROV, B.K. KURMASHEVA. **Slot Foundations. Structure and Operations Mechanization.** There are considered structures of slot foundations, operations to organize slot foundations as well as the machines and mechanisms necessary for making a slot.

УДК 624.04. Н.Т. ЖАДРАСИНОВ, А.Г. ЗАЙКИНА. **Оптимизация параметров стержневых конструкций по жесткостным характеристикам.** Разработан метод подбора оптимальных параметров статически неопределимых конструкций, с учетом соблюдения критериев прочности и экономии материала. Приведен новый метод оптимизации стержневых конструкций учитывающий соотношения жесткостей элементов. Подбор оптимальных жесткостей, от которых зависит функция объема, произведен с использованием метода координатного спуска.

ӨОЖ 624.04. Н.Т. ЖАДЫРАСЫНОВ, А.Г. ЗАЙКИНА. **Өзекті конструкцияларды қаттылық сипаттамалары бойынша оңтайландыру.** Беріктік критерийлерінің сақталуын және материалдың үнемделуін есепке алғанда, статикалық анықталмаған конструкциялардың оңтайлы параметрлерін таңдау әдісі әзірленген. Элементтер қаттылықтарының қатысын есепке алатын, өзекті конструкцияларды оңтайландырудың жаңа әдісі келтірілген. Оларға көлем функциясы тәуелді болатын, оңтайлы қаттылықтарды таңдау координата бойынша түсу әдісін пайдалану арқылы жүргізілген.

UDC 624.04. N.T. ZHADRASINOV, A.G. ZAIKINA. **Optimizing Parameters of Column Structures by Rigidity Characteristics.** There has been worked out a method of choosing optimal parameters of statically undeterminable structures taking into account the criteria of rigidity and material saving. There has been presented a new method of optimizing column structures taking into account elements rigidity rate. The choice of optimal rigidities on which the volume function depends has been carried out using the method of coordinate descent.

УДК 622:647. Т.К. БАЛГАБЕКОВ. **Расчеты по внедрению компенсирующего устройства, оборудованного электромеханическим приводом, на пластинчатый конвейер.** Рассматриваются вопросы внедрения компенсирующего устройства, оборудованного электромеханическим приводом на пластинчатый конвейер с концевыми приводами, приводятся необходимые формулы для решения этих задач.

ӨОЖ 622:647. Т.К. БАЛҒАБЕКОВ. **Қатпарлы конвейерге электрлі-механикалық қозғалтқышпен жабдықталған теңелту қондырғысын енгізу есептері.** Электрмеханикалық жетекпен жабдықталған, компенсациялаушы құрылғыны соңғы жетектері бар қатпарлы конвейерге ендіру мәселелері қарастырылады, осы есептерді шешу үшін қажетті формулалар келтіріледі.

UDC 622:647. T.K. BALGABEKOV. **Calculations for Introducing Compensating Device Equipped with Electric Mechanical Drive into Apron Conveyor.** There are considered the problems of introducing a compensating device equipped with an electric mechanical drive into an apron conveyor with the end drives; there are presented formulae necessary for these problems solution.

УДК 622.232.075. Т.У. САРСЕМБАЕВ, О.Т. БАЛАБАЕВ, С.Ж. КОСБАРМАКОВ. **Исследование параметров погрузочной способности выемочной машины.** Рассмотрен вопрос определения погрузочной способности исполнительного органа и проведен анализ полученных зависимостей.

ӨОЖ 622.232.075. Т.У. СӘРСЕМБАЕВ, О.Т. БАЛАБАЕВ, С.Ж. ҚОСБАРМАҚОВ. **Алу машинасының тиеу қабілетінің параметрлерін зерттеу.** Атқару органының тиеу қабілетін анықтау мәселесі анықталған және алынған тәуелділіктерді талдау жүргізілген.

UDC 622.232.075. T.U. SARSEMBAYEV, O.T. BALABAYEV, S.Zh. KOSBARMAKOV. **Studying Parameters of Mining Machine Loading Capacity.** There is considered the problem of determining the actuator loading capacity and there has been carried out the analysis of the dependences obtained.

УДК 622.647. И.И. ТАЗАБЕКОВ. **Контроль эксплуатационных параметров пластинчатых конвейеров с применением микропроцессорного весоизмерителя.** Среднее значение линейной плотности полотна с грузом на межприводном участке рассчитывается после определения статической нагрузки на межприводном участке по разности показаний конвейерных весов, установленных после

ӨОЖ 622.647. И.И. ТАЗАБЕКОВ. **Микропроцессорлық салмақ өлшеуішті қолдану арқылы қатпарлы конвейерлердің пайдаланушылық параметрлерін бақылау.** Жетек аралық учаскедегі жүгі бар төсемнің сызықтық тығыздығының орташа мәні, тізбекті орналасқан тиеу пункттарынан кейін орнатылған конвейерлік таразылар көрсеткіштерінің айырымы бойынша жетек аралық учаскеде статикалық жүктемені анықтаған соң есептеледі.

UDC 622.647. I.I. TAZABEKOV. **Apron Conveyor Operating Parameters Control Using Microprocessor Weightometer.** The average value of linear density of the loaded apron at the inter-drive section is calculated after determining static loading at the inter-drive section by the difference of the indications on the conveyor scales installed after the successively located loading points.

последовательно расположенных пунктов погрузки.

УДК 621.878/879. Е.С. БЕСТЕМБЕК, А.М. ТАЙШИКОВА. **Фрезерные машины для резания мерзлых и прочных грунтов.**

Показаны особенности резания мерзлых и прочных грунтов машинами, оборудованными вертикальными дисковыми фрезами.

УДК 656.2. К.С. ТАЛАСПЕКОВ. **Концепция развития структур железнодорожных транспортных комплексов.**

Статья посвящена изложению основных системных принципов моделирования железнодорожных транспортных комплексов широкого класса (железнодорожная сеть, железнодорожные линии и участки, железнодорожные станции и узлы и т.д.), основанных на современных достижениях науки и техники в области моделирования сложных систем.

УДК 622.333:681.51. Л.А. АВДЕЕВ, Т.Т. ОМАР. **Автоматизированная система прогноза выбросоопасности в подготовительных забоях угольных шахт.**

Предлагается автоматизированная система прогноза выбросоопасности в подготовительных забоях угольных шахт.

УДК 621.0892. Т.Л. ТЕН, В.В. ЯВОРСКИЙ, В.М. ЮРОВ. **Информационные характеристики процесса измерения.**

Проведен термодинамический анализ процесса измерения. Основным признаком классификации измерений является возможность (или невозможность) непосредственного использования результата измерения в качестве управляющего воздействия.

УДК 621:314.632:681.323:697.34. Н.И. КАРАСЕВ, А.Б. КРИЦКИЙ, Н.И. ТОМИЛОВА, Б.Н. ФЕШИН. **Направления исследований теплоснабжающих систем мегаполисов средствами программно-информационных комплексов.**

Рассматриваются направления исследований систем теплоснабжения мегаполисов средствами программно-информационных комплексов.

УДК 681.51:621.91. С.С. УСУПОВ. **Статический расчет системы автоматического управления упругими перемещениями технологической системы.**

Представлен статический расчет системы автоматического управления, предназначенного для стабилизации размера динамической настройки за счет изменения продольной подачи. Определены требуемые коэффициенты усиления элементов и диапазон управляющих воздействий.

УДК 681.51. Д.З. ДЖУРУНТАЕВ. **Снижение вычислительных затрат при анализе схем с помощью неявного метода.**

Рассмотрены вопросы снижения вычислительных затрат, необходимых для формирования математической модели схемы. Получены формулы вычисления матрицы Якоби Я и неявного метода интегрирования и на их основе разработаны алгоритмы.

ЭОЖ 621.878/879. Е.С. БЕСТЕМБЕК, А.М. ТАЙШИКОВА. **Тоң және берік топырақтарды кесуге арналған жоңғылау машиналары.**

Тоң және берік топырақтарды тік дискілі жоңғылармен жабдықталған машиналармен кесу ерекшеліктері көрсетілген.

ЭОЖ 656.2. К.С. ТАЛАСПЕКОВ. **Темір жол көлігі кешендері құрылымдарының даму бағыттары.**

Мақала ғылым мен техниканың күрделі жүйелерді модельдеу облысындағы қазіргі жетістіктеріне негізделген, кең класты темір жол көлігі кешендерін (темір жол көлігі, темір жол желілері мен учаскелері, темір жол станциялары мен тораптары және т.б.) модельдеудің жүйелі принциптерін баяндауға арналған.

ЭОЖ 622.333:681.51. Л.А. АВДЕЕВ, Т.Т. ОМАР. **Көмір шахталарының дайындау забойларында жарылыс қауіптілігін болжаудың автоматтандырылған жүйесі.**

Көмір шахталарының дайындау забойларында жарылыс қауіптілігін болжаудың автоматтандырылған жүйесі ұсынылады.

ЭОЖ 621.0892. Т.Л. ТЕН, В.В. ЯВОРСКИЙ, В.М. ЮРОВ. **Өлшеу процесінің ақпараттық сипаттамалары.**

Өлшеу процесін термодинамикалық талдау жүргізілген. Өлшемдерді жіктеудің негізгі белгісі басқарушы әсер ретінде өлшеу нәтижесін тікелей пайдалану мүмкіндігі (немесе мүмкін еместігі) болып табылады.

ЭОЖ 621:314.632:681.323:697.34. Н.И. КАРАСЕВ, А.Б. КРИЦКИЙ, Н.И. ТОМИЛОВА, Б.Н. ФЕШИН. **Мегаполистердің жылуымен қамту жүйелерін программалық-ақпараттық кешендер құралдарымен зерттеу бағыттары.**

Мегаполистерді жылумен қамту жүйелерін программалық-ақпараттық кешендер құралдарымен зерттеу бағыттары қарастырылады.

ЭОЖ 681.51:621.91. С.С. УСУПОВ. **Технологиялық жүйенің серпінді орын ауыстыруларын автоматтық басқару жүйесін статикалық есептеу.**

Бойлық берудің өзгеруі есебінен динамикалық баптау мөлшерін тұрақтандыру үшін тағайындалған, автоматтық басқару жүйесін статикалық есептеу ұсынылған. Элементтерді күшейтудің талап етілетін коэффициенттері және басқарушы әсерлер диапазоны анықталған.

ЭОЖ 681.51. Д.З. ЖҰРЫНТАЕВ. **Анық емес әдістің көмегімен сұлбаларды талдау кезінде есептеу шығындарын төмендету.**

Сұлбаның математикалық моделін құру үшін қажетті, есептеу шығындарын азайту мәселелері қарастырылған. Якоби Я матрицасын және интегралдаудың анық емес әдісін есептеу формулалары алынған және олардың негізінде алгоритмдер әзірленген.

UDC 621.878/879. Ye.S. BESTEMBEK, A.M. TAISHIKOVA. **Milling Machines for Cutting Frost and Hard Grounds.**

There have been shown peculiarities of cutting frost and hard grounds by the machines equipped with vertical disk mills.

UDC 656.2. K.S. TALASPEKOV. **Conception of Developing Structures of Railway Transport Complexes.**

The article is devoted to the main system principles of modeling railway transport complexes of the wide class (railway network, railway lines and sections, railway stations and so on) based on the modern achievements of science and engineering in the field of modeling complicated systems.

UDC 622.333:681.51. L.A. AVDEYEV, T.T. OMAR. **Automated System of Outburst Danger Forecast in Preparatory Faces of Coal Mines.**

There is suggested an automated system of forecasting outburst danger in preparatory faces of coal mines.

UDC 621.0892. T.L. TEN, V.V. YAVORSKI, V.M. YUROV. **Information Characteristics of Measuring Process.**

There has been carried out a thermal-dynamic analysis of a measuring process. The main sign of measuring classification is the possibility (or impossibility) to use the immediate result of the measuring as a controlling effect.

UDC 621:314.632:681.323:697.34. N.I. KARASYOV, A.B. KRITSKI, N.I. TOMILOVA, B.N. FESHIN. **Tendencies of Studying Heat Supplying Systems of Megapolises by Means of Program-and-Information Complexes.**

There are considered the directions of studying heat supply systems of megapolises by means of program information complexes.

UDC 681.51:621.91. S.S. USUPOV. **Static Calculation of Automated Control System for Technological System Elastic Movements.**

There is presented static calculations of automated control system designed for stabilizing the volume of dynamic adjustment due to the longitudinal feed changing. There have been determined the required coefficients of elements strengthening and controlling effects range.

UDC 681.51. D.Z. DZHURUNTAYEV. **Decreasing Calculation Costs in Analyzing Schemes by Non-Evident Method.**

There are considered the problems of decreasing calculation costs necessary to form a scheme mathematical model. There have been obtained formulae to calculate Yakobi Ya matrix and non-evident integrating method and worked out algorithms on their base.

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагаются дискета с файлами, направление организации. Приводится аннотация на русском языке, указывается индекс УДК. Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через два интервала (между строками 6 мм) на одной стороне листа форматом 210x297 мм; **поля со всех сторон по 2 см**; страницы нумеруются. На дискете текст необходимо набирать в редакторе Word 97 либо Word 2000 (не ниже) **шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегель) — 14**.

Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в тексте.

Рекомендуется компьютерная графика. Рисунки могут иметь расширения, совместимые с Word 97, Word 2000, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP.

Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегель) 14. Рисунки должны быть хорошего качества.

Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегель) 14.

Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType или Equation.

В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов — в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты. Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов.

Публикация неверно оформленных статей задерживается.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано две статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать данными, полученными экспериментальным путем или методами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести

результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не допускается использование в статьях фрагментов текста, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2007. №2. 104 с.

№ 1351-ж тіркеу куәлігін 2000 жылдың 4 шілдесінде Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігі берген

Регистрационное свидетельство № 1351-ж от 04.07.2000 года выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

Редакциялық-баспалық бөлім меңгерушісі — Зав. редакционно-издательским отделом
Т.В. Рустемова

Редакторлар — Редакторы

Р.С. Исакова, Қ.К. Сағадиева
Аудармашылар — Переводчики

А.С. Қордабаева, Н.М. Драк
Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка
М.М. Утебаев

Басуға қол қойылды	27.06.2007	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	16,3	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	3623	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

