

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

* 3 (36)
2009

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.)

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

МЕНШІК ИЕСІ

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

СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

А.М. Газалиев

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

Редакционный совет

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

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	5
КУЗНЕЦОВА Ю.А., СМЕРНОВ Ю.М. Электронный обучающий комплекс	5
КРИЦКИЙ А.Б., МАРКВАРДТ Р.В., САТЕНОВ А.О., ФЕШИН Б.Н. Система дистанционного обучения операторов робототехнического комплекса Robotino	8
РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	12
КАТРЕНОВ Б.Б. Вероятностная модель термической прочности гранул из Балхашского медного концентрата	12
ИВАНЯЙСКИЙ А.В., ИВАНЯЙСКИЙ В.А. Гидролиз этилсиликата при воздействии на несущую среду вихревой кавитацией	14
ЖАКАТАЕВ Т.А. Расчет распространения поверхностных волн в жидком расплаве металла при продувке ее турбулентными струями сверху	16
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., АНДРЕЯЩЕНКО В.А. Влияние внешних факторов при угловом прессовании	19
ТУРСУНБАЕВА А.К. ИК-спектроскопические исследования сорбции золота и цветных металлов	21
ШЕРОВ К.Т. Исследование способа повышения точности измерения и снижения трудоемкости пригоночных работ	23
БУКЕТОВА А.Е. Влияние структурных факторов гидроксиоксидов на стабильность комплексов с катионами меди (II)	26
АХМЕТОВ А.Б., АХТАНОВА Р.Ш., НАСЫБУЛЛИНА С.Х. Влияние состава связующих на восстановление железа в железоуглеродистых брикетах	29
ШЕРОВ К.Т. Металкесуші білдектердің функционалдық байланысты беттерінің орналасу дәлдігін метрологиялық қамтамасыз ету	32
РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.	34
ДЕМИН В.Ф., ТУТАНОВ С.К., ДЕМИН В.В., ЖУРОВ В.В., ДЕМИНА Т.В. Проявления горного давления в вентиляционной выемочной выработке при технологии очистных работ с возвратноточной схемой проветривания	34
ДОЛГОНОСОВ В.Н. Исследование деформации ползучести глинистых грунтов	37
КЕНЖИН Б.М. Результаты исследования гидравлического сейсмоисточника в режиме прямоугольного импульса	40
НИЗАМЕТДИНОВ Н.Ф., ДОЛГОНОСОВ В.Н., СТАРОСТИНА О.В. Особенности напряженного состояния массива горных пород	42
АБДРЕШОВА С.Б., БАХТАЕВ Ш.А., ШАРИПОВА С.А., ДЮСЕБАЕВ М.К. Исследование эффективности применения озона для обезвреживания воды от нефтепродуктов	45
ҚҰЛНИЯЗ С.С. Конвейерлі көтергіні орнатуының нәтижелі енісі және ұзарту коэффициенттері	46
РАЗДЕЛ 4. ТРАНСПОРТ. СТРОИТЕЛЬСТВО	49
АКАНОВ Х.Г., НУРМУХАНОВА А.З. Исследование движения материала загрузки барабанных смесителей с горизонтальной осью вращения	49
БАЙДЖАНОВ Д.О., ТОКАНОВ Д.Т., КРОПАЧЕВ П.А., ЖОЛМАГАМБЕТОВ С.Р., КОПБАЛИНА Н.С. Натурные исследования и усиление монолитных железобетонных конструкций углеродными фиброволокнами	51
БӘКІРОВ Ж.Б., ТӘҢІРБЕРГЕНОВА А.Ә. Ііліп бұралудағы құрылғы сенімділігін есептеу	53
МАГАЙ С.Д. Мониторинг за потенциалом влаги в почвогрунтах	56
НЭМЕН В.Н., ЛИТВИНЕНКО В.А., ПЕТРЕНКО С.И., ГРОЗНОВ В.В. Армокирпичная перемычка	58
БАКИРОВ Ж. Б., МИХАЙЛОВ В.Ф. Анализ колебаний механических систем при случайном параметрическом и внешнем возбуждении	60
МАЛЫБАЕВ С.К., ДАНИЯРОВ Н.А., БАЛАБАЕВ О.Т., КОСБАРМАКОВ С.Ж., НУРГАЛИЕВ Д.М. Опыт эксплуатации магистрального ленточного конвейера фирмы «H+E LOGISTIK GMBH» на руднике «Нурказган»	62

УТЕНОВ Е.С. Расчет осадок фундаментов с учетом влияния локальных изменений сжимаемости и напряженного состояния основания здания	65
НУРМУХАНОВА А.З., АКАНОВ Х.Г. Расчет полезной мощности, потребляемой барабанным смесителем.....	68
РАЗДЕЛ 5.ЭНЕРГЕТИКА. АВТОМАТИКА. ЭКОНОМИКА.....	70
СИЛКОВ Д.М. Нечеткий регулятор скорости электродвигателя последовательного возбуждения.....	70
БЕЙСЕНБИ М.А., ТАЙЛАК Б.Е. Исследование порождения детерминированного хаоса и криптографическая система защиты информации в компьютерных сетях	72
ТЕН Т.Л., КОГАЙ Г.Д. Моделирование взаимодействия элементов в информационной структуре ИИС.....	75
КАВЕРИН В.В. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока в режиме динамического торможения	77
КАЛИНИН А.А. Оценка эффективности гидродинамических нагревателей как энергетических преобразователей	80
КАВЕРИН А.В. Спектральный анализатор речевых команд для управления машинами и механизмами.....	83
ЮШКО В.С., ЮШКО В.В. Основы управления рекламным проектом	85
РЕЗЮМЕ	89
Правила оформления и представления статей	95

УДК 378:001.895
Ю.А. КУЗНЕЦОВА,
Ю.М. СМЕРНОВ

Электронный обучающий комплекс

Происходящая в настоящее время реформа высшего образования связана по своей сути с переходом от парадигмы обучения к парадигме образования. В этом плане следует признать, что самостоятельная работа студентов (СРС) является не просто важной формой образовательного процесса, а должна стать его основой.

Конечно же, умение и способность завтрашних студентов работать самостоятельно закладываются еще в школе. Но с введением ЕНТ изменилась направленность обучения школьников в старших классах: в большинстве школ оно нацелено на алгоритмизацию мышления и решение простых типовых задач, не предусматривающих хоть какого-нибудь творческого подхода. Именно поэтому зачастую студент-первокурсник приходит в вуз со слабой теоретической подготовкой и несформированным понятийным аппаратом. Поэтому на начальных этапах в вузе главная задача процесса обучения – «научить учиться» студентов первых курсов – почти полностью ложится на плечи преподавателей общеобразовательных кафедр.

Снижение уровня образования в средней школе и, как следствие, катастрофическое падение интереса молодежи к самому предмету «Физика» приводит к тому, что преподаватель вуза вынужден выполнять функции школьного учителя для наиболее слабо

подготовленных студентов. Зачастую это происходит в ущерб основной деятельности преподавателя.

Не стоит забывать и об увеличении среднего возраста преподавательского состава. Увеличена численность молодых и достаточно квалифицированных преподавателей, но им на подготовку тоже необходимо время.

Это предполагает переориентацию вчерашнего школьника на активные методы овладения знаниями, развитие его творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей личности. Это не просто значительное увеличение числа часов на самостоятельную работу. На начальном этапе любой вид занятий как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствии, должен способствовать развитию навыков самостоятельной и творческой работы.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности этой работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные практикумы, банки заданий и задач, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы. Это позволит организовать

проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

В наше время глобальной информатизации не стоит обсуждать тот факт, что создание подобного комплекса немыслимо без использования ИКТ. Более того, преимущества электронной формы представления информации вносят принципиально новые черты в обучающую среду. В том числе возможность индивидуализации обучения на основе интерактивности и развития его в дистанционной форме. Количество электронных обучающих средств с каждым годом неуклонно растет. Появляется новое программное обеспечение, с помощью которого можно разработать тот или иной обучающий ресурс. Тем самым такое учебно-методическое обеспечение переходит из разряда экзотических инноваций в категорию информационных продуктов, становящихся типичным средством обучения.

Предоставление студентам учебной информации в электронном виде, несомненно, обладает рядом преимуществ как для студентов дневной формы обучения, так и дистанционной. Перечислим лишь некоторые из них:

- большое разнообразие средств и, как следствие, сокращение времени на создание учебных материалов на электронных носителях по сравнению с традиционными, при необходимости быстрая их модернизация;

- программный продукт в своей технологической основе имеет значительную по объему интерактивную составляющую, обладает способностью хранения больших объемов информации. А визуализация и озвучивание учебного материала задействуют органы чувств, которые не могут задействовать печатные издания, что позволяет сделать более доступной для понимания содержательную часть учебных материалов;

- возможность построения индивидуальной схемы обучения;

- легкость копирования и распространения;
- возможность быстрой модернизации;
- удобство хранения информации, комфортность и продуктивность труда пользователей и т.д.;

- возможность освоения материала в любое удобное время. Конечно, любое печатное издание тоже можно прочитать в любое время суток, но традиционное издание в силу многих причин проигрывает электронному изданию по многим пунктам;

- возможность самопроверки полученных знаний;
- ускоряется процесс тестирования и проверки знаний и навыков, отслеживание и направление траектории обучения.

Как показывает практика, форма и содержание современного электронного учебного комплекса должны зависеть от специфики преподавания дисциплины и построения учебного процесса на основе самостоятельной работы студентов.

Во-первых, это – увеличение роли самостоятельной работы на занятиях непосредственно в аудиториях, во-вторых, повышение активности

студентов по всем направлениям самостоятельной работы во внеаудиторное время, что всегда сопровождается рядом трудностей, связанных с неготовностью к подобной деятельности большинства студентов.

На кафедре физики КарГТУ создан **Электронный Обучающий Комплекс** для всех форм обучения. В основе этого комплекса лежит базовая версия электронного учебника по физике, состоящая из трех частей (автор – доцент В.Б. Ясинский), включающих теоретический материал, виртуальную физическую лабораторию, примеры решения задач, а также различные справочные материалы.

Изначально эти учебники были предназначены для студентов заочной формы обучения, где внеаудиторная работа является доминирующей. Но очень скоро ими заинтересовались и студенты дневной формы обучения. В результате на начальных этапах учебники активно использовались в процессе аудиторных занятий (рис. 1).

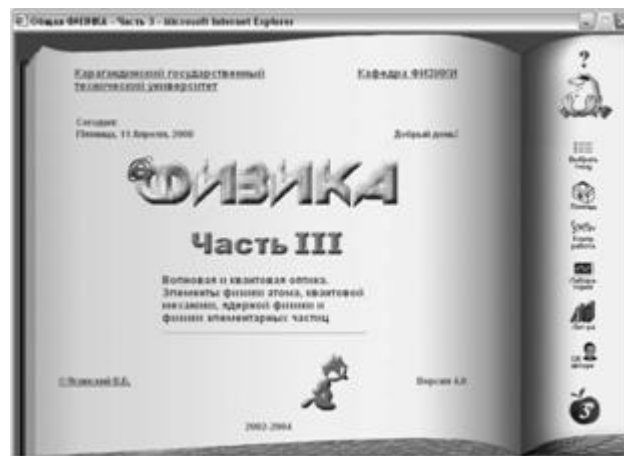


Рис. 1. Стартовая страница базовой версии электронного учебника по дисциплине «Физика 2»

Дальнейшее развитие образовательного процесса показало, что использование одного лишь учебника лишает учебный процесс мобильности – не станешь ведь каждый раз переписывать или дополнять учебник в зависимости от тех или иных обстоятельств. Как минимум, это требует больших временных затрат. Именно поэтому в дополнение к существующим электронным учебникам стали разрабатываться и другие электронные учебные ресурсы (ЭУР), вошедшие впоследствии в состав нынешнего электронного обучающего комплекса. На сегодняшний день разработанный на кафедре комплекс включает в себя:

- **Базовые версии учебников**, содержащие теоретическую часть по всем разделам курса физики [1], виртуальную лабораторию, справочные материалы, используемые студентами всех специальностей в аудиторное и внеаудиторное время.

- **Сборники контрольных заданий**, содержащие по 19 вариантов заданий для контрольных работ заочников с обширным справочным материалом, примеры решения типовых задач и требования к

оформлению работ. Данные сборники хороши, в первую очередь, тем, что программная оболочка позволяет оперативно реагировать на различные изменения и корректировать содержание контрольных заданий.

– **Обучающая программа** для освоения некоторых разделов «Механики» курса «Физика 1» [2], разработанная старшими преподавателями с привлечением студентов, разработана и успешно используется на СРС, СРСП и практических занятиях. Программа включает в себя разделы: «Задание», «Тест на соответствие», «Задачи», «ИДЗ» и «Контрольный тест». На каждом компьютере программа ведет журнал для преподавателя, в котором отмечаются студенты, номера полученных ими индивидуальных домашних заданий и результаты прохождения контрольного теста. Предусмотрена также возможность централизованного сбора информации из журнала с использованием сетевых подключений. Использование этой программы позволяет студентам повысить эффективность занятий, а преподавателям – быстро и беспристрастно оценить результаты обучения.

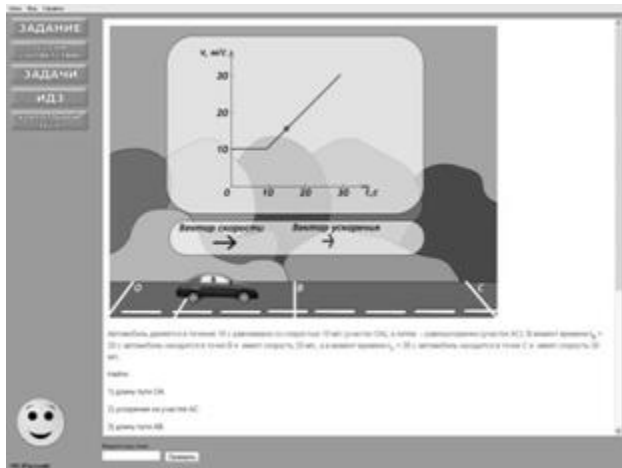


Рис. 2. Рабочее окно обучающей программы по дисциплине «Физика 1»

– **Виртуальная физическая лаборатория.** Здесь представлены лабораторные работы по всем разделам курса физики. Причем эти работы, позволяя моделировать реальные физические явления, не требуют ни инсталляции, ни дополнительных программных ресурсов, что особенно актуально для студентов из отдалённых районов, обучающихся по дистанционной технологии. По каждой работе в этой лаборатории имеется не только «лабораторный стенд», на котором, собственно, и производится эксперимент, но и необходимый теоретический материал. Описывается также и методика проведения эксперимента. Для самопроверки знаний студента предусмотрены контрольные вопросы. Если представленного материала для студента будет недостаточно, то он сможет обратиться к традиционным печатным изданиям, ссылки на которые также имеются.

– **Видеофильмы к лабораторным работам** для студентов дневного отделения, выполняющих лабораторные работы непосредственно на стендах. За счет просмотра видеоролика дома время выполнения работы в условиях лаборатории на реальном физическом макете резко сокращается.

– **Банк слайд-лекций и мультимедийных презентаций.** Их использование позволяет наглядно показать динамику или тонкости объясняемых явлений и законов. Компьютерное демонстрационное сопровождение разрабатывают и используют во время занятий все преподаватели кафедры физики. Причем, кроме статичных слайдов на лекциях демонстрируются и модельные эксперименты, выполненные с помощью различных программных продуктов.

Огромное методическое значение при разработке ЭУР имеет постановка аудиосопровождения. Ведь в речи каждого человека его эмоциональное состояние сказывается в целой гамме выразительных моментов – в интонациях, ритме, темпе, паузах, усиливающих построениях, разрывах и т.п. Определенная самобытность голоса и построения речи лектора, с возможными оговорками, поправками и паузами позволяет создать психоэмоциональный фон, на котором непроизвольно создаются ассоциативные маркеры, «зацепки», облегчающие переход кратковременной памяти в долговременную. Поэтому в **мультимедийных презентациях**, как правило, предусматривается запись голоса лектора. Но все же полное отсутствие визуально-психологического контакта с лектором является существенным недостатком этого типа ЭУР.

Хорошо известно, что большая часть информации в живом разговоре собеседников передается не вербально, а интонацией говорящего, мимикой, жестами, позой лектора и т. д.

В традиционном учебном процессе существенным дополнением вербальной коммуникации являются невербальные средства общения:

- кинесика (жесты, мимика, пантомимика),
- паралингвистика (качество голоса, его диапазон, тональность),
- экстралингвистика (включение в речь пауз, смеха, покашливаний и т.д.),
- проксемика (пространственная и временная организация общения),
- визуальное общение (контакт глазами).

Именно поэтому с дидактической, психологической и эмоциональной точек зрения в мультимедийных презентациях **необходимо присутствие собеседника-лектора на экране.**

В настоящее время на кафедре осваивается ещё один вид электронного образовательного ресурса – **видеолекции.** Положительный эффект от их применения достигается как в очном, так и в заочном дистанционном обучении. В зависимости от назначения существуют различные формы записи видеолекций:

Видеолекция-хроника. К этому типу видеолекций следует отнести традиционные лекции,

записанные в вузах в обычных аудиториях с целью создания пособий для абитуриентов и (или) студентов. Это самый простой и малобюджетный тип видеолекций, так как здесь используется только мел и доска, а режиссура сводится к простой смене планов: лектор - доска и наоборот,

Студийные видеолекции. В них преподаватели-лекторы на соответствующем тематическом фоне, оставаясь за столом практически неподвижными в течение всей лекции, излагают учебный материал, сопровождая свой рассказ показом произведений живописи, графики, цветных и черно-белых документальных фотографий и т.д.

Интерактивные видеолекции. Это уже не традиционно записанная лекция. Подобный ресурс представляет собой полноценный мультимедийный контент. В основе его разработки лежит создание видеолекций с последующим встраиванием в неё мультимедиа (гиперссылок, видео, тестирования). Причем для записи видеолекции, например, в среде **Lecturnity**, полностью отпадает потребность в специально оборудованной видеостудии с обученным штатом сотрудников – для записи достаточно обычного ПК со сравнительно невысокими системными требованиями, web-камеры и микрофона. Мультимедиа в среде **Lecturnity** создаются на основе сгенерированных учебных материалов, созданных с помощью системы презентаций в программе **Microsoft Power Point**.

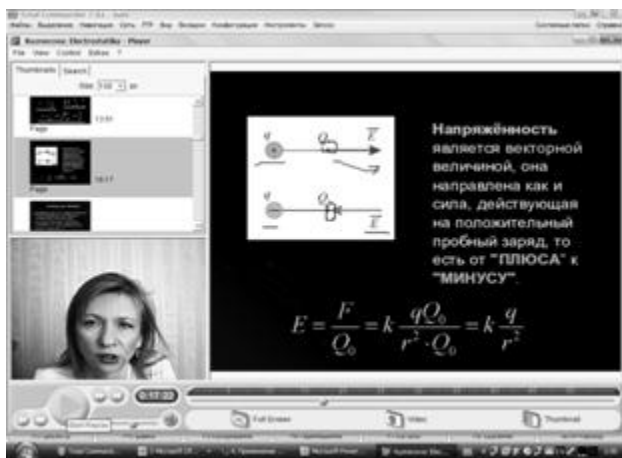


Рис. 3. Интерактивная видеолекция, созданная в среде Lecturnity

Неоспоримым достоинством видеолекции является возможность их неоднократного воспроизведения *индивидуальными пользователями* в домашних условиях (видеорепетитор). Помимо своего главного назначения – создания теоретической основы обучения, видеолекция с её практически неограниченными возможностями развивает интерес к учебной деятельности и конкретной учебной дисциплине, формирует у обучающихся ориентиры для самостоятельной работы над курсом.

– **Контролирующие пособия** – для контроля качества самостоятельной подготовки бакалавров. Программа представляет собой модуль для проведения тестирования методом случайного предъявления вопросов из заранее подготовленного файла тестов. Реализованная форма проведения тестов позволяет студентам психологически подготовиться к промежуточному контролю, заранее проверить свои знания по предмету.

Практика использования описываемого Электронного Учебного Комплекса показала, каждая часть должна функционировать самостоятельно, не мешая работе другой. Разрабатываться они тоже могут совершенно независимо друг от друга. При совместном использовании всего комплекса (например, при дистанционном обучении) можно предусмотреть и возможность перекрёстного вызова одних элементов комплекса из других, но это не должно быть системой, а обуславливаться только явной необходимостью. Кроме того, желательно чтобы ни один из компонентов комплекса не требовал наличия на компьютере студента никакого дополнительного программного обеспечения, кроме самой операционной системы.

По мере возможностей следует избегать и процесса инсталляции элементов Электронного Учебного Комплекса, что позволит существенно облегчить переход от базовых версий комплекса к его интернет-версиям.

Применяемые в настоящее время технологии самостоятельной работы с привлечением электронных образовательных ресурсов показали, что они позволяют слушателям достигать более высокого уровня знаний в условиях высшей школы и формировать компетенции, необходимые для эффективного осуществления будущей профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясинский В.Б. Опыт создания электронных обучающих ресурсов // Материалы третьего Университетского семинара, посвящённого 55-летию КарГТУ «Использование современных информационно-коммуникационных технологий в технической педагогике». Караганда, 2008. С. 16-37.
2. Сон Т.Е. Мультимедийная обучающая программа для практических занятий по физике // Тезисы докладов научной методической школы-семинара по проблеме «Физика в системе инженерного и педагогического образования стран ЕврАзС». М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. С. 307-308.
3. Кузнецова Ю.А. Опыт разработки видеолекций средствами авторского инструмента Lecturnity // Там же. С. 207-209.

УДК
004.42:378.14(574)=512.122

**А.Б. КРИЦКИЙ,
Р.В. МАРКВАРДТ,
А.О. САТЕНОВ,
Б.Н. ФЕШИН**

Система дистанционного обучения операторов робототехнического комплекса Robotino

В международном проекте «Синергия» (Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ), Московский энергетический институт (технический университет) Омский государственный технический университет, Севастопольский национальный технический университет, Балтийский государственный технический университет), путем объединения образовательных ресурсов решаются задачи подготовки специалистов-разработчиков международного уровня. Через Internet пользователям-операторам (студентам, магистрантам, аспирантам и инженерам) предоставляется дистанционный доступ к уникальным учебным стендам лабораторий мехатроники и робототехники университетов участвующих в программе «Синергия» [1, 2].

Лабораторный мехатронный комплекс «Robotino», как объект автоматизированной системы дистанционного обучения по профессиональным дисциплинам специальности 050702-«Автоматизация и управление», имеется только в КарГТУ. Робот представляет собой автономную конструкцию, включающую: всенаправленный привод; три электродвигателя; стальной корпус с бампером; систему автономного питания; девять инфракрасных датчиков расстояния; аналоговый индуктивный датчик; систему наблюдения (USB Web-камера); цифровые оптические датчики; встроенный контроллер PC104. Комплекс «Robotino» поддерживает интерфейсы VGA, RS232, USB, Ethernet и имеет слоты расширения Firewire и Can-Bus, а также открытую платформу для присоединения дополнительных датчиков: ультразвуковых; навигационных; 8 цифровых входов и выходов; 10 аналоговых выходов; 2 реле. Робот поставляется в комплекте с RobotinoView – программным обеспечением (ПО) с графическим интерфейсом. Связь с компьютером может осуществляться по беспроводной сети (Wireless LAN). Робот оснащен встроенной точкой доступа. ПО RobotinoView показывает состояние управляющих сигналов, датчиков, входов и выходов. Программа для робота может быть написана на основе выбора необходимых функциональных блоков из имеющегося списка, их комбинирования и настройки в графическом режиме, задания математических параметров управления с помощью функций и коэффициентов.

Программирование RobotinoView возможно с помощью языков высокого уровня C++ APL для Windows и C++ APL для Linux. Возможно автономное программирование робота при подключении к нему монитора и клавиатуры.

Для системы дистанционного обучения была сооружена платформа длиной 195 см, шириной 145 см, высота 90 см и подставками для трех веб-камер

«iCam», высотой (относительно платформы) 30 см. Покрытие веб-камер представлено на рис. 1, 2.

При работе с роботом в компьютерном классе, оснащенном Wireless LAN, робот будет виден на всех компьютерах, при этом один пользователь будет иметь права администратора с возможностью управления роботом и его программирования, а остальные смогут наблюдать за параметрами устройств робота и изображением с веб-камеры.

В лаборатории был установлен компьютер с системным обеспечением: процессор Intel Core2 Duo частотой 2,60 ГГц; оперативная память 1 Гб; жесткий диск 500 Мб; материнская плата Gigabyte; видеокарта GeForce 8400GS; операционная система Windows XP Professional; пакет Microsoft Office 2003; программа для работы с веб-камерами WebCam XP 5; USB HUB 4-port USB 2.0 PH150 Apacer; блок питания HUB 4-port USB 2.0 PH150 Apacer; стандартные USB удлинители длиной 1 м (5 штук).

USB HUB 4-port USB 2.0 PH150 Apacer и блок питания HUB 4-port USB 2.0 PH150 Apacer были использованы для коммутации веб-камер с системным блоком, так как в обычных USB удлинителях происходит потеря сигнала при последовательном соединении более 3 штук. USB HUB 4-port USB 2.0 PH150 Apacer и блок питания HUB 4-port USB 2.0 PH150 Apacer в комплекте выполняют роль активного удлинителя, в котором потери сигнала минимальны. В описываемой системе отсутствовала обратная программная связь между Robotino и компьютером. Поэтому сравнение траекторий (заданной (эталонной) и фактической) движения робота может быть осуществлено посредством визуального восприятия.

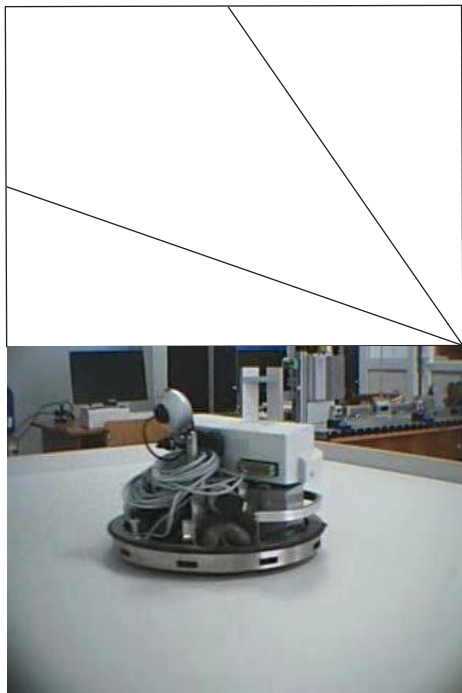
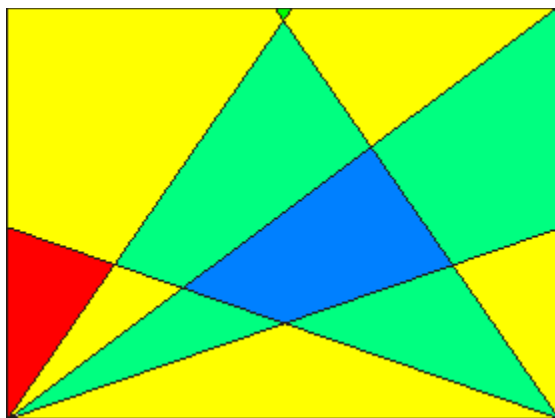


Рис. 1. Покрытие веб-камеры № 2



- поле зрения 3 веб-камер;
- поле зрения 2 веб-камер;
- поле зрения 1 веб-камеры;
- «мертвая» зона

Рис. 2. Результирующее покрытие 3 веб-камер

В ходе экспериментов была предпринята попытка осуществить визуализацию движения робота с помощью профессиональной цифровой видеокамеры SONY DSH 170P. Но это оказалось не рентабельно, так как процесс получения готового материала при этом затягивался на большой срок за счет необходимости выполнять оцифровку полученного видеоизображения с последующим сжатием информации. Возможные результаты получались либо как видео хорошего качества и большого размера, либо маленького размера и плохого качества. По сравнению с веб-камерой, визуализация движения робота профессиональной цифровой видеокамерой оказалась дороже.

Дистанционное обучение решает следующие задачи: 1. Изучение конструкции и принципов

действия элементов робота (датчиков, исполнительных приводов, устройств обратной связи, интерфейсных устройств...); 2. Изучение принципов программирования режимов работы робота на языках высокого и низкого уровня, изучение принципов формирования траектории движения робота, формализации процесса движения и обработки изображений; 3. Приобретение навыков дистанционного управления роботом посредством совершенствования программ движения робота и скорости их воспроизведения.

Robotino® View – интуитивная графическая программная среда для Robotino®, позволяющая создать и выполнить управляющие программы [4]. Пользователь-оператор должен обладать правами администратора, быть в состоянии установить Robotino® View, следуя инструкциям в диалоговых окнах. Если пользователи без прав администратора используют Robotino® View, то они должны будут включать программы, выпущенные из ограничений под Windows® XP в центре безопасности урегулирования для брандмауэра Robotino® View.

Robotino® View автоматически определяет языковой набор в системе Windows® и выбирает соответствующий языковой интерфейс. Пользователь может изменить значение языка в любое время через Extras -> languages (английский или немецкий). Как только язык был изменен, Robotino® View должно быть перезапущено. Пользователь может сразу выполнить перезапуск. Если он выполнит перезапуск в более позднее время, то будет учтено последнее изменение языка.

Программа движения робота в среде Robotino® View представляет собой набор схем, содержащих функциональные блоки, задающие алгоритмы перемещения робота. В среде Robotino® View применяются следующие понятия: «Блок функции» – наименьшая единица функции для приведения в действие робота; «Блок-схема функции» – схема, в которой связываются блоки-функции, взятые из библиотеки; «Контроль за последовательностью» – процедура, позволяющая контролировать связи нескольких блок-схем функций; «Программа» – программа является картотекой данных блок-схемы, функции или контроля за последовательностью; «Сеть» – блоки-функции, связанные одной или несколькими сетями; «Точки сети» – точки сети в пределах сети позволяют структурирование и графическое представление сети. Управляющие программы для Robotino могут быть созданы в двух вариантах: через пункт главного меню File/New/Function Block Diagram / Sequence Control; через символ  «новая блок-схема функции» или  «новая последовательность управляет».

В системе дистанционного обучения были разработаны алгоритмы для 3 видов выполнения работы с робототехническим устройством. Содержательно эти алгоритмы представлены ниже.

Алгоритм построения траектории с визуализацией: 1. Составить траекторию движения; 2. Разбить траекторию движения на составные части; 3.

Программировать каждое отдельное движение; 4. Составить конечную траекторию; 5. Установить робототехнический объект согласно начальному положению траектории; 6. Включить объект визуализации; 7. Установить связь с объектом по Wi-Fi каналу; 8. Начать видеозапись; 9. Начать эксперимент; 10. По завершении прохождения объектом установленной траектории остановить видеозапись; 11. Произвести разъединение связи с объектом; 12. Сохранить полученные видеозаписи в директорию с кодом траектории.

Алгоритм выполнения дистанционной лабораторной работы: 1. Получить лабораторную работу; 2. Изучить теоретическую часть; 3. Выбрать задание согласно варианту; 4. Провести анализ и разбить траекторию движения на составные части; 5. Программировать каждое отдельное движение; 6. Составить конечную траекторию; 7. Отправить готовую программу для выполнения; 8. Получить видеозаписи исполнения нашей программы; 9. Сравнить полученные видеозаписи с оригиналами (идеальными траекториями); 10. Если видеозаписи не совпадают, то возвратиться к пункту 4, если видеозаписи идентичны, то составить отчет по лабораторной работе.

Алгоритм выполнения визуализации дистанционной лабораторной работы: 1. Получить код программы; 2. Загрузить код в программную оболочку; 3. Установить робототехнический объект согласно начальному положению траектории; 4. Включить объект визуализации; 5. Установить связь с объектом по Wi-Fi каналу; 6. Начать видеозапись; 7. Начать эксперимент; 8. По завершении прохождения объектом установленной траектории остановить видеозапись; 9. Произвести разъединение связи с объектом; 10. Сохранить полученные видеозаписи в директорию; 11. Отправить полученные видеозаписи.

Исходными данными для первоначального положения робототехнического объекта принимают верхний левый угол платформы, а если отдельно не указана скорость движения или вращения, то скорость движения устанавливают равной 300 мм/с, скорость вращения – 45°/с. Разработаны 20 вариантов движения робототехнического устройства. Один из них показан на рис. 3. При этом используются следующие условные обозначения:

-  движение вперед;
-  движение левым боком;
-  движение правым боком;
-  движение задним ходом;
-  поворот на 90 градусов против часовой стрелки;
-  поворот на 90 градусов по часовой стрелке;
-  поворот на 180°;
-  поворот на 270 градусов по часовой стрелке;
-  поворот на 270 градусов против часовой стрелки;

 поворот на 360°.

Описание траектории № 5: вперед до середины, разворот на 90° по часовой стрелке, вперед до середины, разворот на 90° против часовой стрелки, вперед до конца, правым боком до конца, левым боком до конца, задним ходом до конца, разворот на 180°.

Фрагмент программы движения робототехнического устройства по одной ветви представлен на рисунке 4.

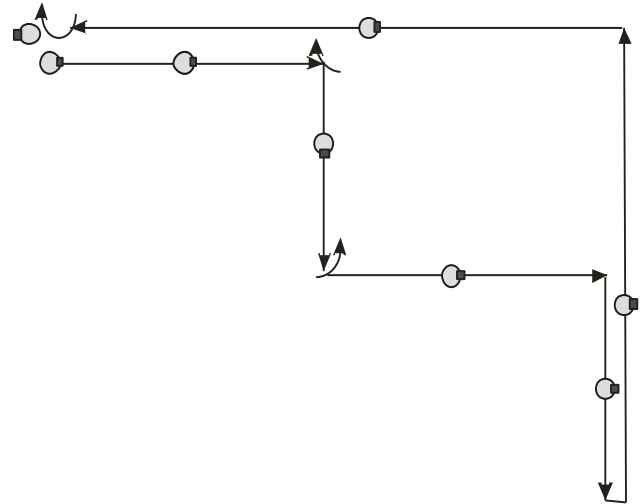


Рис. 3

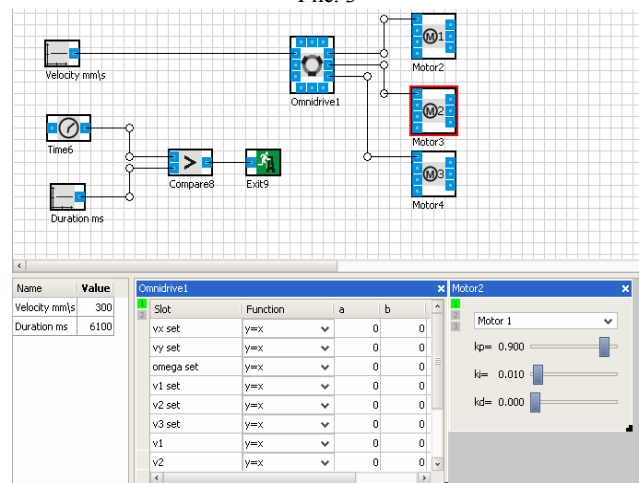


Рис. 4. Движение вперед до конца

После того как будут сохранены все отдельные заданные движения робота, формируется файл слежения за последовательностью. Открывается каталог «Программы» и находятся блок-функции. Перетаскиваются необходимые блоки на рабочее поле и устанавливаются необходимые связи. Первым блоком должен быть блок «Start». Готовая программа запускается на исполнение, а после удостоверения в правильном выполнении последовательность блок-функций программы отправляется по сетевым каналам для исполнения непосредственно на Robotino. Последующие действия пользователя заключаются в визуальном сравнении эталонного и фактического

видеофайлов. Сравнение может происходить с помощью видеопроигрывателя, поддерживающего формат .WMV.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Festo Didactic PCS Compact Workstation Flow Chart. 2007. 300 с.
2. Фешин Б. Н., Огурцов Г.Е., Парфенов С.А. Исследование многосвязной системы автоматического регулирования давления, расхода, уровня и температуры процессорной станции FESTO / Караганд. гос. техн. ун-т. // Тр. ун-та. 2009. № 2.
3. Internet-сайт фирмы FESTO www.festo.com/
4. Инструкция для программы RobotinoView: англ. яз. 2007. 250 с.

Раздел 2

Машиностроение. Metallургия

УДК 519.2+539.4.01:66.099.2

Б.Б. КАТРЕНОВ

Вероятностная модель термической прочности гранул из Балхашского медного концентрата

Огромное значение в металлургии имеет подготовка сырья к металлургическим переделам или его окускование. Традиционными методами подготовки металлургического сырья являются окатывание, брикетирование и агломерация. В металлургии меди исходное сырье – медный концентрат, представляющий собой смесь дисперсных частиц, – подвергают окатыванию, получая при этом гранулы разных размеров. При этом большое значение имеет получение гранул с высокими прочностными характеристиками, обеспечивающими сохранение гранул при транспортировке и загрузке их в печь обжига, а также в ходе их обжига в печи. Использование окускованного сырья снижает пылевынос из обжиговых печей, неизбежный при переработке неокускованных концентратов. Требования по ограничению пылеуноса все более ужесточаются с экологической точки зрения [1]. Загружаемые в обжиговую печь гранулы должны обладать высокой термической прочностью, т.е. не разрушаться во время обжига с образованием мелочи. Термической прочностью называют прочность гранул на сжатие при высоких температурах. Избыточное содержание мелочи ухудшает газопроницаемость слоя и приводит к повышенному пылеуносу и

механическим потерям исходных материалов в ходе обжига в печи. Знание термической прочности окатышей необходимо для прогноза выхода мелочи при частичном их разрушении во время обжига в печи в целях выбора оптимальных условий обжига, обеспечивающих наименьший выход мелочи. Согласно вероятностной теории прочности [1] эта прочность определяется из уравнения:

$$P_c = 0,5 \left(\frac{2m_G g}{\pi d \rho_N} \right)^6, \quad (1)$$

где P – вероятность сохранности гранул (выход целых гранул);

ρ_c – эффективное поверхностное натяжение, Н/м;

d – размер (диаметр) куса, м;

m_G – нагрузка, действующая на окатыш, кг.

Здесь ρ является единой физико-химической характеристикой связности окускованного сырья. Поверхностное натяжение представляет собой равновесную физико-химическую характеристику, присущую всем телам, имеющим поверхность. Она более непосредственно и строго отображает главный результат и сущность разрушения – образование новой поверхности. Данное уравнение (1)

представляет собой базовую модель статической прочности, однако, получив вторичную зависимость поверхностного натяжения от температуры и подставив ее в базовую модель, можно определить и термическую прочность. Для нахождения вторичной зависимости потребуется проведение экспериментов.

Рассмотрим пример изучения термической прочности сырых и высушенных гранул из Балхашского медного концентрата. Лабораторные опыты по определению термической прочности проводили на специально смонтированной лабораторной установке. Лабораторная установка предназначена для нагревания одиночной гранулы до заданной температуры, после достижения которой проводилось постепенное наложение статической нагрузки. Для нагревания использовали двустворчатую печь Суола с открытой нихромовой спиралью. В отверстие печи вставлялась изолирующая кварцевая трубка, в которой помещалась металлическая подставка для гранулы на уровне центра печи. Рядом с гранулой находился спай хромель-алюмелевой термопары. После того как гранула разрушалась, фиксировали разрушающую статическую нагрузку, которую пересчитывали на поверхностное натяжение по формуле:

$$\rho_N^{\gamma} = 6,26 \overline{m_G} / d. \quad (2)$$

Опыты при каждой температуре проводили повторно на пяти гранулах. Исследование термической прочности окатышей проводили по матрице трехфакторного планирования эксперимента на пяти уровнях по методу рационального планирования многофакторного эксперимента [2] с вариацией плотности раствора лигносульфоната (x_1 , г/см³), диаметра гранул (x_2 , мм) и температуры обжига (x_3 , °C). Условия и результаты опытов приведены в таблице.

Условия и результаты опытов по определению характеристик термической прочности окатышей из медной шихты

№ опыта	X_1 , г/см ³	X_2 , мм	X_3 , °C	$\overline{m_G}^{\gamma}$, кг	$\overline{m_G}^P$, кг	ρ_N^{γ} , Н/м	ρ_N^D , Н/м
1	1,02	5	25	5,093	3,922	6376,81	4911,34
2	1,02	9	400	1,382	3,388	961,58	2356,70
3	1,02	7	200	2,137	4,094	1911,40	3661,66
4	1,02	13	800	0,050	0,104	24,08	50,39
5	1,02	11	600	3,369	2,025	1917,74	1152,94
6	1,06	5	400	1,757	2,350	2200,84	2942,24
7	1,06	9	200	6,480	5,786	4507,79	4024,87
8	1,06	7	800	0,050	0,074	44,71	66,19
9	1,06	13	600	3,246	2,621	1563,23	1262,17
10	1,06	11	25	9,144	8,702	5203,77	4952,49
11	1,04	5	200	4,135	3,272	5177,71	4097,38
12	1,04	9	800	0,266	0,085	185,48	59,33
13	1,04	7	600	3,207	1,511	2868,65	1351,88
14	1,04	13	25	7,769	9,180	3741,17	4420,97
15	1,04	11	400	2,079	4,251	1183,14	2419,26
16	1,09	5	800	0,140	0,060	175,28	75,64
17	1,09	9	600	1,452	2,181	1009,95	1517,33
18	1,09	7	25	6,576	6,630	5881,16	5929,56
19	1,09	13	400	7,216	5,616	3475,1	2704,36
20	1,09	11	200	7,679	7,413	4370,50	4218,89

21	1,08	5	600	0,580	1,279	726,16	1602,39
22	1,08	9	25	8,350	7,926	5808,09	5513,29
23	1,08	7	400	3,720	3,360	3327,49	3004,80
24	1,08	13	200	7,299	8,113	3515,13	3906,85
25	1,08	11	800	0,348	0,113	198,04	64,52

По результатам опытов были получены графики зависимости ρ -расчет и выведены частные зависимости с определением их значимости (рис.1-3).

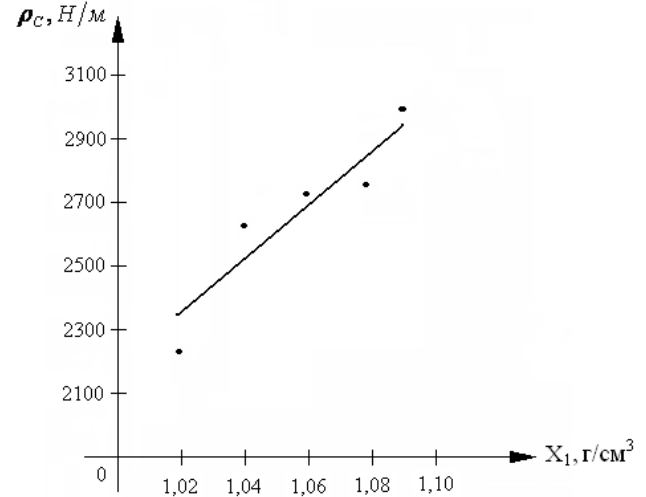


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения от раствора лигносульфоната

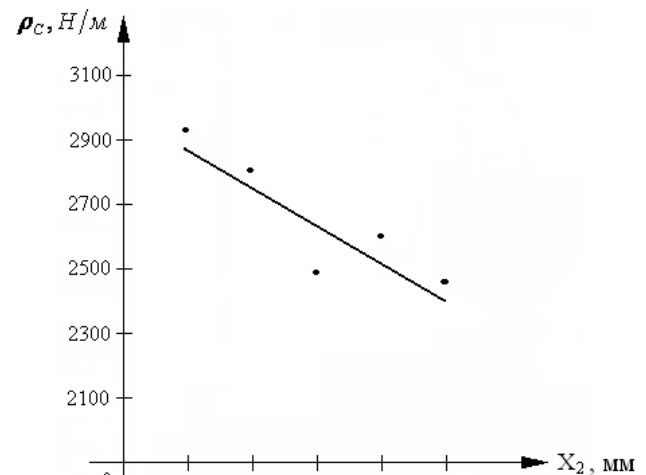


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от диаметра гранул

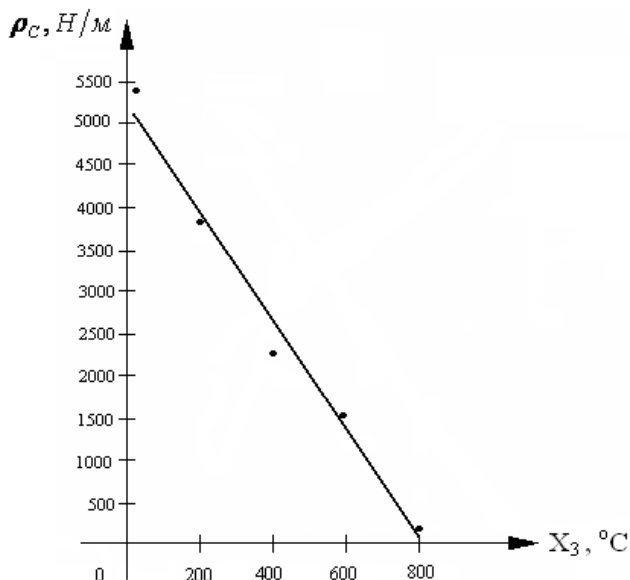


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения от температуры

$$\rho_N^D = 8585,98 \times \tilde{O}_1 - 6429,77, \quad R = 0,89, \quad t_R = 7,34 > 2 \quad (3)$$

$$\rho_N^D = 3179,44 - 58,36 \times \tilde{O}_2, \quad R = 0,87, \quad t_R = 6,28 > 2 \quad (4)$$

Полученные три частные зависимости были объединены уравнением Протодьяконова [2], расчеты по которому сопоставили с экспериментальными данными ρ_N^D (см. табл.).

Подставляя уравнение (6) в базовую модель (1), получаем вероятностную модель термической прочности. Расчетные значения для средней разрушающей нагрузки с целью сопоставления с экспериментальными данными таблицы вычисляли по обращенной формуле (2) с введением в нее расчетных значений ρ_N^D :

$$\rho_N^D = 5311 + 6,56 \times \tilde{O}_3, \quad R = 0,98, \quad t_R = 56,58 > 2. \quad (5)$$

$$\rho_N^D = 1,419 \times 10^{-7} [8585,98 \times \tilde{O}_1 - 6429,77] \times [3179,44 - 58,36 \times \tilde{O}_2] \times [5311 - 6,56 \times \tilde{O}_3], \quad (6)$$

$$R = 0,90, \quad t_R = 21,71 > 2.$$

$$\overline{m}_G^P = \rho_C^P \times d / 6,26, \quad R = 0,93, \quad t_R = 30,44 > 2. \quad (7)$$

Таким образом, полученная вероятностная модель может быть использована для расчета сохранности и разрушаемости гранул при температурах обжига и подбора таких условий обжига, при которых степень разрушения гранул была бы минимальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышев В.П., Телешев К.Д., Нурмагамбетова А.М. Разрушаемость и сохранность конгломератов. Алматы: Гылым, 2003. 336 с.
2. Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, 1977. 37 с.

УДК 66.094.941

А.В. ИВАНЯЙСКИЙ,
В.А. ИВАНЯЙСКИЙ

Гидролиз этилсиликата при воздействии на несущую среду вихревой кавитацией

Известно, что потенциальная связующая способность этилсиликата наиболее полно используется в связующих I и II типов и наименее полно – в связующих III типа. Поэтому наиболее актуально получение связующих II типа без использования органических растворителей [1].

При вихревом кавитационном воздействии на несущую среду, представляющую собой смесь этилсиликата и воды, происходит интенсивное перемешивание исходных компонентов и увеличение количества поверхностей раздела, на которых протекает реакция гидролиза.

В присутствии в системе этилсиликат-вода до 0,1% соляной кислоты процесс гидролиза этилсиликата проходит в две стадии: на первой, при интенсивном вихревом кавитационном воздействии, образуется эмульсия воды и этилсиликата. Реакция гидролиза при этом гетерогенна, проходит на границах раздела этилсиликата и воды и длится до тех пор, пока в системе не накопится достаточное количество спирта, выделяющегося при гидролизе и являющегося растворителем для воды и для

этилсиликата. Время протекания этой стадии 3-4 минуты в зависимости от доли воды в системе.

При выделении достаточного для гомогенизации системы количества этилового спирта наступает вторая стадия, при которой реакция гидролиза этилсиликата проходит во всем объеме, как и в среде органического растворителя, но при более высоких концентрациях взаимодействующих растворенных этилсиликата и воды. При этом катализатор равномерно распределен по всему объему системы. На первой стадии расчетное соотношение молей воды и этоксильных групп в смеси не может быть реализовано в реакции гидролиза из-за гетерогенности системы. Гидролиз, в который вовлекается контактирующий с водой этилсиликат, протекает во всем объеме несущей среды, при условии возникновения в нем эффекта вихревой кавитации. При этом вода практически не находится в избытке, что приводит к резкому уменьшению кремниевых кислот (с длиной молекулярной цепи, равной длине цепи молекул исходного этилсиликата) и к реакции

поликонденсации. Образующееся небольшое количество кремниевых кислот, плохо растворимых в воде и этилсиликате, находится на гетерогенной стадии процесса в виде взвесей, растворяющихся в полученном при гидролизе этиловом спирте. При этом возможно получение связующих растворов I типа (истинных растворов кремниевых полимеров).

Переход системы этилсиликат-вода из гетерогенного в гомогенное состояние сопровождается резким температурным скачком (табл. 1) из-за резкого возрастания интенсивности реакции при гомогенизации. Длительность гомогенной стадии гидролиза $\leq 120-180$ секунд и зависит от соотношения этилсиликата и воды, а также концентрации катализатора HCl. При этом с увеличением концентрации соляной кислоты уменьшается живучесть системы.

Наши исследования показали, что с увеличением на 0,1% в растворах соляной кислоты срок живучести сокращается на 10%. При концентрациях $\text{HCl} \geq 0,5\%$ при отсутствии интенсивного принудительного охлаждения, из-за резкого повышения температуры гидролизаты через 120-180 секунд после перехода в гомогенное состояние коагулируют, образуя желеподобную массу (рис. 1-4, табл. 1).

Установлено, что оптимальная концентрация HCl в гидролизате 0,1%-0,2% об. При меньших концентрациях катализатора увеличивается длительность гетерогенной стадии и появляются нерастворимые осадки.

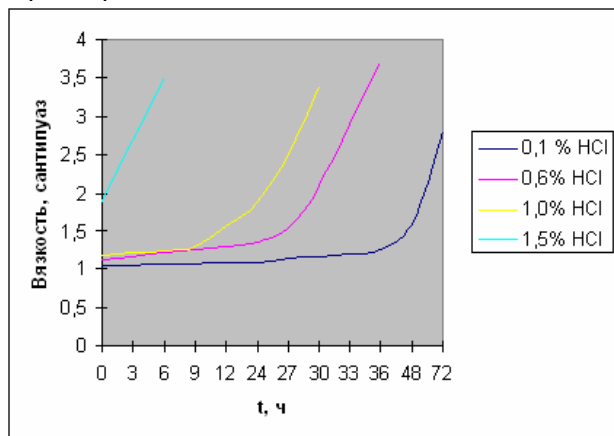


Рис. 1. Влияние концентрации HCl на загустевание гидролизанных растворов этилсиликата. 50% этилсиликата и 50% подкисленной воды

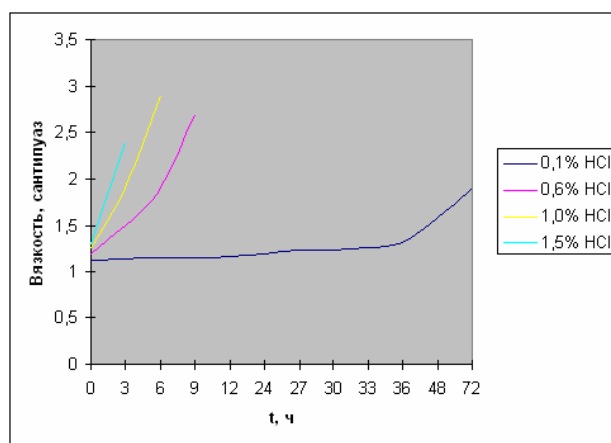


Рис. 2. Влияние концентрации HCl на загустевание гидролизанных растворов этилсиликата. 60% этилсиликата и 40% подкисленной воды

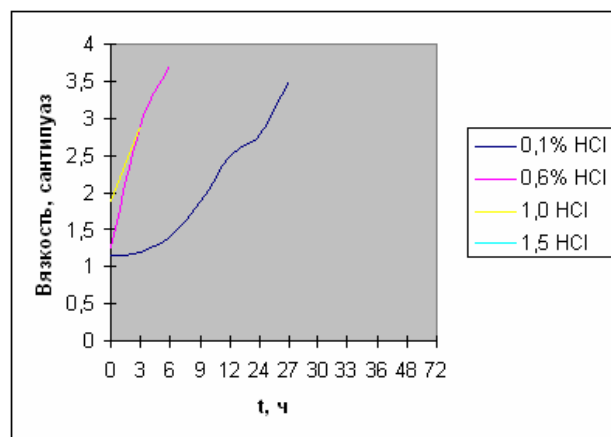


Рис. 3. Влияние концентрации HCl на загустевание гидролизанных растворов этилсиликата. 70% этилсиликата и 30% подкисленной воды

При доле воды $M=1,3$ реакция гидролиза этилсиликата до конца протекает в гетерогенной стадии, так как концентрация этилового спирта не достигает величины, необходимой для гомогенизации. Получаемые при этом гидролизаты – мутные, с пониженной вяжущей способностью. Процесс гидролиза в данном случае аналогичен такому, который происходит при совмещённом гидролизе без ввода органических растворителей [2].

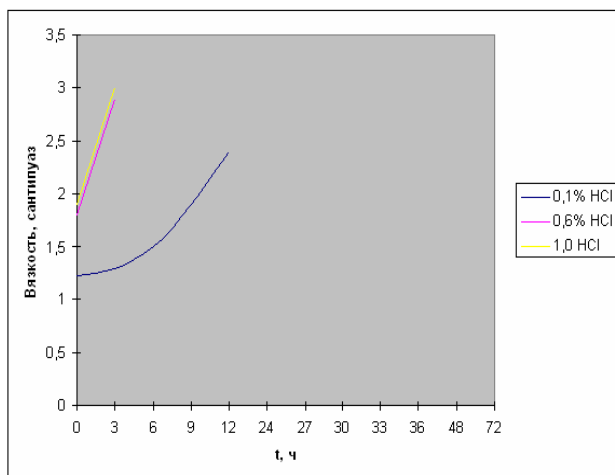


Рис. 4. Влияние концентрации HCl на загустевание гидролизованных растворов этилсиликата. 80% этилсиликата и 20% подкисленной воды

Таблица 1

Вязкость гидролизованного раствора
50% ЭТС и 50% воды

Время выдержки растворов, ч	Вязкость, сантипуаз			
	% HCl			
	0,1%	0,6%	1,0%	1,5%
0	1,04	1,12	1,17	1,9
3	1,05	1,16	1,22	2,7
6	1,06	1,22	1,24	3,5
9	1,07	1,25	1,29	гель
12	1,08	1,29	1,55	—
24	1,09	1,35	1,9	—
27	1,13	1,54	2,5	—
30	1,15	2,1	3,4	—
33	1,2	2,9	гель	—
36	1,26	3,7	—	—
48	1,6	гель	—	—
72	2,8	—	—	—

Таблица 2

Вязкость гидролизованного раствора
60% ЭТС и 40% воды

Время выдержки растворов, ч	Вязкость, сантипуаз			
	% HCl			
	0,1%	0,6%	1,0%	1,5%
0	1,12	1,19	1,25	1,3
3	1,13	1,5	1,9	2,4
6	1,14	1,9	2,9	гель
9	1,15	2,7	гель	—
12	1,16	гель	—	—
24	1,19	—	—	—
27	1,22	—	—	—
30	1,23	—	—	—
33	1,25	—	—	—

36	1,31	—	—	—
48	1,6	—	—	—
72	1,9	—	—	—

Таблица 3

Вязкость гидролизованного раствора с содержанием
70% ЭТС и 30% воды

Время выдержки растворов, ч	Вязкость, сантипуаз			
	% HCl			
	0,1%	0,6%	1,0%	1,5%
0	1,15	1,25	1,9	2,5
3	1,18	2,9	2,9	гель
6	1,4	3,7	гель	—
9	1,9	гель	—	—
12	2,5	—	—	—
24	2,8	—	—	—
27	3,5	—	—	—

Таблица 4

Вязкость гидролизованного раствора с содержанием
80% ЭТС и 20% воды

Время выдержки растворов, ч	Вязкость, сантипуаз			
	% HCl			
	0,1%	0,6%	1,0%	1,5%
0	1,22	1,8	1,9	гель
3	1,29	2,9	3	—
6	1,5	гель	гель	—
9	1,9	—	—	—
12	2,4	—	—	—

Для быстрого прохождения этапа гетерогенной стадии реакции гидролиза необходимо обеспечить равномерное распределение исходных компонентов по всему объёму несущей среды, что обеспечивается при возникновении в нём эффекта вихревой кавитации, приводящего не только к интенсивному смешению исходных компонентов, но и к возникновению множества поверхностей раздела фаз, на которых протекает реакция гидролиза этилсиликата. Быстрое прохождение гетерогенной фазы позволяет резко сократить время гидролиза этилсиликата и, соответственно, общее время приготовления связующей суспензии.

При гомогенной стадии гидролиза этилсиликата равномерное распределение катализатора по всему объёму несущей среды, при воздействии на неё эффектом кавитации, также позволяет уменьшить время протекания реакции.

При этом установленное количество катализатора HCl = 0.1-0.2% об., находящееся в системе этилсиликат-вода, является оптимальным при проведении реакции гидролиза этилсиликата без применения органического растворителя и при вихревой кавитационном воздействии на несущую среду. Живучесть полученных растворов составляет 1-3 суток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литъё по выплавляемым моделям: Монография / Под ред. Я.И. Шкленника, В.А. Озерова. М.: Машиностроение, 1971. С. 218-234.
2. А.с. 1773548. СССР. МКИЗ В 22 С 1/16. Способ гидролиза этилсиликата / Б.К. Уразбаев, А.В. Иванайский, Б.И. Клочков, Т.С. Иванайская // БИ 1992 - №41.

УДК 669.1

Т.А. ЖАКАТАЕВ

Расчет распространения поверхностных волн в жидком расплаве металла при продувке ее турбулентными струями сверху

При обработке жидких расплавов металлов (в плавильной ванне, ковше, конвертере) широко применяются осесимметричные турбулентные дозвуковые или сверхзвуковые струи [1-3]. Процессы перемешивания различных слоев жидкого расплава в результате воздействия струи и распространения гармонических волн обуславливают технологическую эффективность химического взаимодействия примесей.

При продувке расплава сверху в центральной зоне образуется воронка (выдуваемая полость) (рис. 1). Воронка имеет симметричную форму, следовательно имеет место круговая, цилиндрическая симметрия. В зоне под контуром (a-b-c-d-e) в результате действия динамического напора струи возникает избыток (прирост) статического давления. В результате в радиальном направлении побегит цилиндрическая волна. Процессы перемешивания газовой струи с расплавом и различных примесей в самом расплаве будут определяться гидродинамикой этих волновых течений.

Кинематическая вязкость сталеплавильных шлаков изменяется в области $\nu = 3(10^{-6} \div 10^{-4})$ м²/с, а кинематическая вязкость жидкой стали изменяется соответственно в области $4 \cdot 10^{-7} \div 8 \cdot 10^{-7}$ м²/с [4-6]. Для воды этот параметр равен $9 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Отсюда видно, что жидкий металл является сильно текучей средой. Поэтому мы можем предположить, что на границе у стенки сосуда бегущая жидкостная волна не будет испытывать какое-либо сильное трение. Таким образом, отсутствие существенного трения у поверхности стенки будет создавать эффект бегущей в неограниченном пространстве свободной волны. Другими словами, это означает, что мы имеем волну непрерывно распространяющуюся только в одну сторону, как бы в бесконечность: от центра во все стороны равномерно радиально. Это является результатом и проявлением того, что круговая волна на конце не закреплена, то есть свободна. Прирост давления, возникающий в центральной зоне, рассеивается (исчезает) при достижении волной стенки камеры, так как пространство сверху свободно. Согласно уравнению Бернулли $p + \rho V^2/2 = \text{const}$ прирост давления просто переходит в всплесковое, скользящее колебание волны в пристенном пограничном слое (по касательной к стенке в плавильной ванне). Таким образом, обратной волны давления не будет.

Отсюда следует, что решение для круглой мембраны, жестко закрепленной по краям, какое обычно рассматривается и имеется в классической математической физике [7-11], в данном случае не

применимо. Поэтому нет готовых решений для инженеров именно в такой постановке задачи.

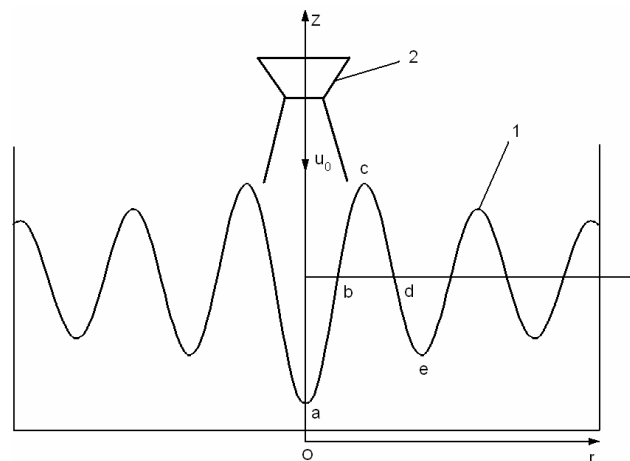


Рис. 1. Схема продувки расплава турбулентной струей сверху: 1 – (a-b-c-d-e) – поверхностная волна; 2 – сопло

Рассмотрим волновое уравнение для круглой мембраны в операторном виде [7-11]

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = a^2 \Delta U, \quad (1)$$

где U – смещение точек поверхности плоской волны по оси OZ , м;
коэффициент a^2 имеет размерность м²/с², $a^2 = T/\gamma$;
 T – сила натяжения на единицу длины, Н/м;
 γ – поверхностная плотность массы, кг/м²;
 t – время, с.

Оператор Лапласа для цилиндрического случая имеет вид

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial U}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}, \quad (2)$$

где ρ , φ , z – радиальная, угловая и осевая координаты.

Решение (1) по методу Фурье ищется в виде произведения двух функций (так называемый метод разделения переменных)

$$U = U_1(t) \cdot U_2(r, \varphi), \quad (3)$$

где $U_1(t) = \alpha \cos \omega t + \beta \sin \omega t$.

В результате подстановки (3) в (1) получается следующее уравнение [7-11]:

$$\frac{\partial^2 U_2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial U_2}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2 U_2}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 U_2}{\partial z^2} + k^2 U_2 = 0, \quad (4)$$

где

$$k^2 = \frac{\omega^2}{a^2}. \quad (5)$$

Далее при обычном классическом решении функция U_2 представляется в виде произведения следующих двух функций $U_2 = T(\varphi) \cdot R(r)$. В нашем случае рассматриваемое течение обладает круговой симметрией, поэтому можем принять, что $T(\varphi) = 1$. Следовательно зависимость по круговой координате φ отсутствует.

В этом случае уравнение для $R(r)$ примет вид

$$R''(r) + \frac{1}{r} \cdot R'(r) + k^2 R(r) = 0. \quad (6)$$

Общее решение (6) имеет вид [7-11]

$$R(r) = C_1 J_0(kr) + C_2 K_0(kr), \quad (7)$$

где $J_0(kr)$, $K_0(kr)$ – цилиндрические функции

Бесселя первого и второго рода и нулевого порядка.

Независимое решение $K_0(kr)$ содержит член $J_0(kr) \cdot \lg_0(kr)$, поэтому при $r \rightarrow 0$ устремляется в бесконечность: $K_0(kr) \rightarrow \infty$. По этой причине данное решение не рассматривается, так как в центре сосуда волна имеет ограниченные размеры. Таким образом, в искомом решении (7) остается только функция

$$R(r) = C_1 J_0(kr) = C_1 \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(-1)^s}{(s!)^2} \cdot \left(\frac{kr}{2}\right)^{2s}, \quad (8)$$

где s – принимает целые значения;

C_1 – константа, которая определяется из начальных и граничных условий.

При возрастании целого параметра n коэффициенты степенного ряда (8) $a_n = \frac{(-1)^n}{(n!)^2} \rightarrow 0$.

Следовательно данный ряд имеет произвольный радиус сходимости. Отсюда следует, что по формуле (5) в принципе бегущая волна может иметь любую частоту, следовательно ограничений по частоте нет.

На рис. 2 показан общий вид функции $J_0(kr)$, из которого видно, что данная функция имеет медленно затухающую амплитуду. Поэтому она очень хорошо подходит для описания бегущей в бесконечность волны при отсутствии жестких граничных условий и при конечных значениях $(k \cdot r)$. Неопределенность в выборе частоты ω устраняется следующим образом. Произведем наложение почти гармонической функции 1 (рис. 2, участок f-g-h-i-j) на линию 1 (рис. 1, участок a-b-c-d-e) так, чтобы эти точки совпали. Таким образом, удовлетворяется граничное условие 1-го рода. Тем самым можно устранить неопределенность по частоте и определить нужную частоту, которая дает правильное решение. Следовательно, из произвольного бесконечного множества частот выделяется одна-единственная, которая устанавливается описанным выше способом. Это, в принципе, является решением обратной задачи: расчет эффективной частоты бегущей волны на

основе жесткого влияния граничного условия в центральной зоне цилиндрической волны.

Следующий вопрос заключается в установлении вида функции $Z = f(r)$ для выдуваемой из жидкости цилиндрической куполоподобной полости, поверхности. Нами установлено [12, 13], что следующая интегральная формула удовлетворительно описывает поле скорости во всей зоне течения осесимметричной турбулентной струи конечного начального размера $d_0 = r_0 / 2$

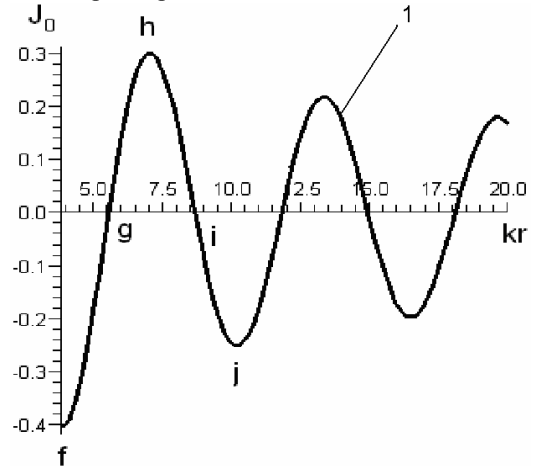


Рис. 2. Цилиндрическая функция Бесселя первого рода нулевого порядка. Решение (8)

$$u = u_0 \cdot n_p \cdot \omega_u, \quad (9)$$

$$\text{где } \omega_u = \frac{1}{\sqrt{\pi c z}} \cdot \left[\int_0^{2\pi} \int_0^{r_0} \exp\left(-\frac{r^2 + y^2 - 2ry \cos \alpha}{c^2 z^2}\right) r dr d\alpha \right]^{1/2};$$

$$n_p = \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_n}};$$

ρ_0, ρ – плотности струи газового потока на выходе из сопла и в произвольной точке с координатами (z, r) , кг/м³;

u_0, u – соответственно скорости на выходе струи и в произвольной точке, м/с;

z – продольная координата по оси струи, м;

$c = 0,082$ – эмпирическая константа;

d_0 – выходной диаметр сопла, м.

Таким образом, по формуле (9) можно рассчитать динамическое давление $P_d = \rho u^2$, которое оказывает струя на поверхность жидкости. Из условия равенства поверхностной плотности сил на границе выдуваемой фигуры (полости внутри жидкости) получим

$$P_d \cdot F = F_a, \quad (10)$$

где F – площадь боковой поверхности выдуваемой фигуры;

$F_a = \rho_g g V$ – сила Архимеда;

ρ_g – плотность жидкого расплава, кг/м³;

g – ускорение свободного падения;

V – объем выдуваемой полости, м³.

Отсюда следует, что можно точно рассчитать пространственную геометрическую форму вытесненного объема, то есть фигуру, описываемую линией a-b-c-d-e (рис. 1). Таким образом,

поставленная задача замыкается, т.е. неизвестные вычисляются.

Уравнение (6) в общем случае, когда аргумент z и функция W могут быть вещественными, имеет вид [14-17]

$$W''(z) + \frac{1}{z} \cdot W'(z) + (k^2 - p^2)W(z) = 0, \quad (11)$$

где p -новый числовой параметр. Однако такой физический образ, когда две плоские вещественные волны будут распространяться (разбегаться) в разные стороны и все время будут связаны между собой именно комплексным образом ($W=U+iV$) (?), не представляется автору реальным в кругу обычных, встречаемых на практике задач.

Следует отметить, что мы не можем воспользоваться следующим известным решением для цилиндрической волны [7-11]:

$$U(x, y, t) = \frac{1}{2\pi a} \iint_{(B)} \frac{\varphi_1(\alpha, \beta) d\alpha d\beta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\alpha - x)^2 - (\beta - y)^2}} + \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{1}{2\pi a} \iint_{(B)} \frac{\varphi(\alpha, \beta) d\alpha d\beta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\alpha - x)^2 - (\beta - y)^2}} \right] \quad (12)$$

в силу того, что $\left. \frac{\partial U}{\partial t} \right|_{t=0} = \varphi_1(\alpha, \beta)$ – функция начального распределения скорости – является неизвестной величиной. Специфика задачи не позволяет определить данную функцию. При этом функция $\varphi(x, y)$ является функцией начального распределения $U|_{t=0} = \varphi(\alpha, \beta)$, (B) – двумерная область.

Перспективным является путь численного моделирования и решения задач на ЭВМ. Поэтому нами был проведен анализ устойчивости и сходимости разностной схемы для уравнения (6).

Производные аппроксимировали следующими разностными формулами [18]:

$$\frac{du}{dx} \approx \frac{u_{i+1} - u_i}{h}, \quad \frac{d^2 u}{dx^2} \approx \frac{u_{i-1} - 2u_i + u_{i+1}}{h^2}, \quad (13)$$

где $u_i = u(x_i)$, $x_i = i \cdot h$, $i = 0, 1, 2, \dots, N$ – дискретные значения функции, аргумента и индекс шага h .

Для осуществления анализа привели (13) к следующему виду, удобному для итерации:

$$u_i^{(k)} = F(u_{i-1}^{(k-1)}, u_{i+1}^{(k-1)}), \quad (14)$$

где $k=1, 2, 3 \dots$ – индекс итерации. При оценке формулы (14) по норме оказалось, что итерационная схема устойчива в области как положительных, так и отрицательных значений шагов h : $k^2 h^2 \geq 0$.

Для графического и аналитического изучения различных специальных функций (Бесселя, Лежандра, Ганкеля и т.д.) очень удобно (как показала практика) использовать пакеты прикладных программ Maple 10 и Mathcad 14. Достаточно подробные сведения о важнейших математических функциях можно узнать по интернету.

Выводы

1. Установлено, что в результате малого трения и гашения прироста давления на стенке бегущая поверхностная волна имеет аналогию с волной, распространяющейся в бесконечность. Следовательно волна не закреплена по краям. Это определяет своеобразие граничных условий и методологию решения задачи.

2. Процесс распространения такой поверхностной волны можно описать Бесселевыми цилиндрическими функциями нулевого порядка первого рода.

3. Граничное условие в центре определяется в результате динамического давления турбулентной струи при обдувании поверхности жидкости сверху.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлургия чугуна /Под ред. Ю.С. Юсфина. М.: Академкнига, 2004. 774 с.
2. Ефимов В.А., Эльдарханов А.С. Технологии современной металлургии. М.: Новые технологии, 2004. 560 с.
3. Сизов А.М. Газодинамика и теплообмен газовых струй в металлургических процессах. М.: Металлургия, 1987. 256 с.
4. Арсентьев П.П., Коледов Л. А. Металлические расплавы и их свойства. М.: Металлургия, 1976. 375 с.
5. Айзатулов Р.С., Харлашин П.С., Протопопов Е.В., Назюта Л.Ю. Теоретические основы сталеплавильных процессов. М.: МИСИС, 2004. 320 с.
6. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов. М.: Металлургия, 1986. 463 с.
7. Смирнов В. И. Курс высшей математики. М.: Наука, 1967. Т. 2. 655 с.
8. Франк Ф., Мизес Р. Дифференциальные и интегральные уравнения математической физики. М. Л.: Главная редакция общетехнической литературы, 1937. Ч.2. 998 с.
9. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. М.: Высшая школа, 1970. 710 с.
10. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. 5-е изд. 1977. 735 с.
11. Очан Ю.С. Методы математической физики. М.: Высшая школа, 1965. 385 с.
12. Жакатаев Т.А. Расчет поля температуры в осесимметричной турбулентной струе при конечном начальном размере // Вестник КарГУ им. Е. А. Букетова. Караганда: КарГУ, 2004. № 1(33). Сер. физика. С. 67-73.
13. Жакатаев Т.А. Расчет поля концентрации примеси в осесимметричной турбулентной струе конечного начального размера // Проблемы энергетики. Изв. вузов РФ. Казань: КЭУ, 2002. № 5-6. С. 3-9.
14. Сидоров Ю.Ф., Федорюк М.В., Шабунин М.И. Лекции по теории функций комплексного переменного. М.: Наука, 1982. 488 с.
15. Смирнов В.И. Курс высшей математики. М.: Наука, 1974. Т.3. Ч.2. 672 с.
16. Уиттекер Э.Т., Ватсон Дж.Н. Курс современного анализа. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. Ч.1. 342 с.
17. Уиттекер Э.Т., Ватсон Дж.Н. Курс современного анализа. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. Ч.2. 515 с.
18. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.: Наука, 1989. 431 с.

УДК 621.771

**А.Б. НАЙЗАБЕКОВ,
В.А. АНДРЕЯЩЕНКО****Влияние внешних факторов при угловом прессовании**

Равноканальное угловое прессование является одним из способов, применяемых для получения ультрамелкоструктурных материалов. Однако при получении образцов с ультрамелкозернистой структурой одной из существенных проблем является вероятность образования поверхностных трещин при проведении большого количества циклов деформирования с целью достижения высоких степеней деформаций по всему объему металла. Появление таких трещин существенно осложняет процесс получения ультрамелкоструктурных материалов.

Образование поверхностных трещин связано с возникновением напряжений непосредственно в поверхностных (приконтактных) слоях заготовки. Причем образование напряжений возникает как в зонах заготовки, где происходит растяжение материала заготовки, так и в тех участках, где наблюдается его сжатие.

Одним из факторов, оказывающих существенное влияние на возникновение такого рода напряжений, является температура инструмента, в котором происходит деформирование заготовки, а учитывая, что в процессе прессования контакт заготовка-инструмент происходит практически по всей ее площади, этот факт принимает достаточно актуальное значение при угловом прессовании.

Известно, что существуют различные способы поверхностной закалки металлов и сплавов, а также способов охлаждения. Одним из известных способов охлаждения, применяемых при закалке, является охлаждение тонких изделий между металлическими плитами. Когда нагретый образец располагают между двумя массивными плитами, происходит быстрый отвод тепла, ускоренное охлаждение поверхности, в результате чего возникают поверхностные термические напряжения [1].

Проведение процесса прессования можно сравнить с методом охлаждения между металлическими плитами в случае, если не подвергать нагреву материал оснастки.

Таким образом, становится понятной причина образования термических напряжений в приконтактных слоях материала заготовки. При проведении большого количества циклов деформирования происходит увеличение накопленной степени интенсивности деформации, и соответственно, исчерпание ресурса пластичности деформируемой заготовки [2]. Наложение напряжений, возникающих непосредственно в результате деформирования на термические напряжения, появляющиеся в результате контакта нагретой заготовки с холодным инструментом, может привести к достижению в некоторых зонах заготовки предела прочности,

результатом чего могут стать трещины на поверхности образцов, полученных угловым прессованием.

Для определения влияния температуры нагрева оснастки инструмента на возникновение поверхностных напряжений проведено моделирование процесса равноканального углового прессования с применением программного комплекса DEFORM 3D.

Оценивалась склонность к разрушению образцов, подвергнутых равноканальному угловому прессованию в инструменте, имеющем различные температуры нагрева: 400°C, 300°C, 200°C, а также в инструменте, имеющем комнатную температуру 20°C. При этом температура нагрева заготовки составляла 1000°C.

В результате проведенного моделирования выявлено, что нагрев инструмента существенно влияет на процесс деформирования заготовок.

Нагрев инструмента до 200-400°C вызывает снижение напряжений по сравнению с деформированием в инструменте, находящемся при комнатной температуре. Но температура инструмента в диапазоне 200-400°C не оказывает существенного влияния ни на численные значения напряжений, ни на характер их распределения. При деформировании гидростатическое давление распределяется равномерно по сечению заготовки, локализуясь преимущественно в зоне очага деформации, т.е. на участке стыка входного и выходного каналов инструмента. В случае когда инструмент не подвергается нагреву (температура инструмента составляет 20°C) численные значения растягивающих напряжений повышаются в среднем на 100 МПа по сравнению с деформированием в нагретом инструменте, в то время как разница максимальных растягивающих напряжений при нагреве инструмента от 200 до 400 °C составляет не более 30 МПа.

Склонность образца к разрушению при снижении температуры нагрева инструмента несколько возрастает и в большей степени отличается от склонности к разрушению образца, деформируемого в холодном инструменте, кроме того, площадь зон, предрасположенных к разрушению, также увеличивается.

Характер изменения гидростатического давления и склонности к разрушению в зависимости от температуры инструмента представлен на рис. 1.

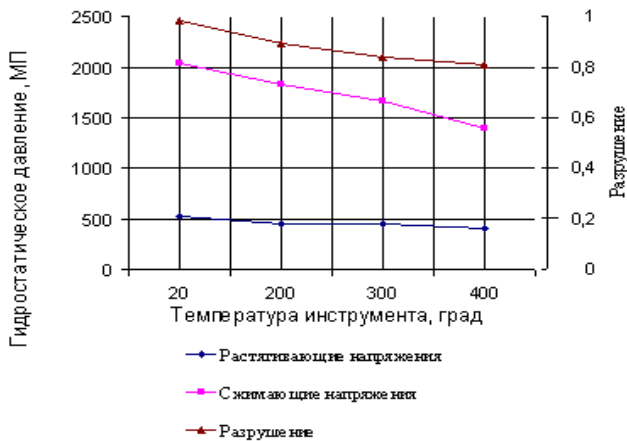


Рис.1. Изменение гидростатического давления и склонности заготовки к разрушению в зависимости от температуры инструмента

Температура инструмента оказывает существенное влияние на скорость охлаждения деформируемого в нем образца. Характер изменения температуры образца при деформировании его в инструменте с разной температурой нагрева представлен на рис. 2.

Из графика видно, что чем ниже температура инструмента, тем соответственно ниже температура образца, что позволяет выбрать необходимую темпе-

ратуру нагрева инструмента для осуществления равноканального углового прессования.

Кроме этого, температура нагрева инструмента оказывает существенное влияние на величину требуемого для осуществления деформирования усилия.

Распределение изменения усилия в зависимости от температуры инструмента приведено на рис. 3.

Таким образом, наиболее оптимальным нагревом инструмента можно считать диапазон температур 200-300°C. Нагрев инструмента до этого температурного диапазона позволяет снизить усилие деформирования, получить более равномерное распределение гидростатического давления, избежать резкого снижения температуры образца при деформировании и уменьшить склонность заготовки к разрушению.

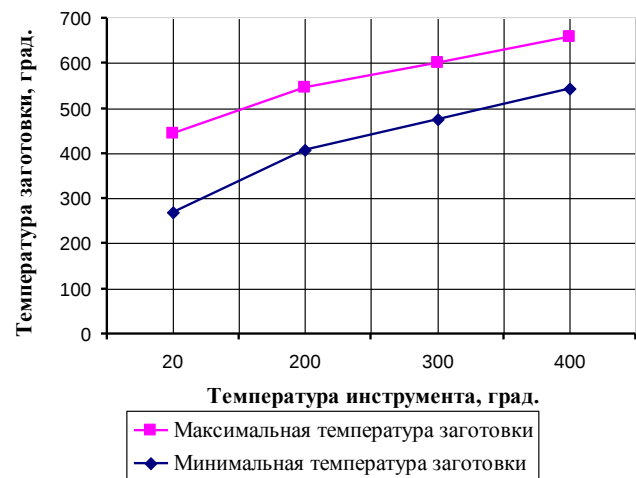


Рис. 2. Изменение температуры заготовки в зависимости от температуры инструмента

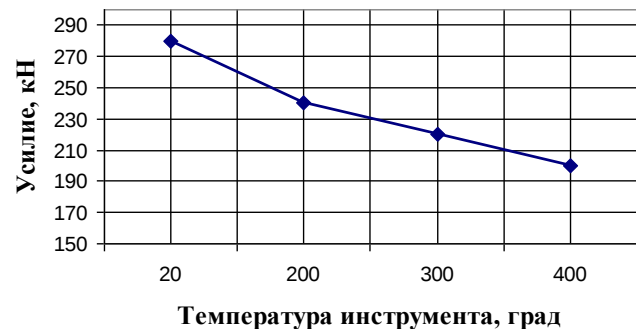


Рис. 3. Изменение усилия деформирования в зависимости от температуры инструмента

В результате проведенных исследований выявлено, что внешние факторы при РКУ-прессовании оказывают существенное влияние на процесс РКУ-прессования. Нагрев инструмента позволяет снизить склонность материала образца к разрушению, уменьшить требуемое для деформирования усилие за счет менее резкого охлаждения заготовки и получить более равномерное распределение гидростатического давления, влияющего на качество получаемых заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов М.: Металлургия, 1986. 480 с.

2. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во Уральск. гос. тех. ун-та, 2001. 836 с.

УДК 669.223.431(574)

А.К. ТУРСУНБАЕВА

ИК-спектроскопические исследования сорбции золота и цветных металлов

Геотехнология золота и цветных металлов из бедных и забалансовых руд определяется как метод добычи путем их избирательного растворения химическими реагентами на месте залегания. Растворенные в форме различных комплексных соединений металлы образуют продукты выщелачивания. Концентрация металла, выщелоченного из бедных руд, в таких растворах, как правило, не высока, к тому же наряду с золотом в растворы переходят сопутствующие цветные металлы. В современной геотехнологии извлечение золота и цветных металлов из растворов выщелачивания осуществляют сорбцией комплексов этих металлов различными синтетическими ионитами [1].

Научный и практический интерес представляет изучение механизма ионного обмена из многокомпонентных растворов выщелачивания при насыщении сорбента. Были проведены ИК-спектроскопические исследования процессов сорбции золота и цветных металлов синтетическим анионитом из растворов выщелачивания бедных руд растворами цианистого натрия.

Анализ работ [2, 3] показал, что для извлечения золота из растворов цианистого выщелачивания лучше всего использовать сорбент АМ-2Б, который обладает высокой сорбционно-обменной емкостью и селективностью по отношению к металлу, крупностью – $0,63 \div 1,6$ мм, удельным объемом набухшей смолы – $2,7 \div 3,2$ см³/г, удельной поверхностью – $0 \div 100$ м²/г, общим объемом пор $0,80 \div 0,87$ см³/г, механической прочностью 98÷99 % и полной обменной емкостью $3,3 \div 3,7$ мг-экв/г. АМ-2Б (ОСТ 95.291-79) – это анионит смешанной основности, макропористой структуры с бензиддиметиламинными и дибензиддиметиламмониевыми функциональными группами.

Спектры твердых проб регистрировали на двухканальном ИК-спектрофотометре «Спекорд М-80» в диапазоне $4000\text{--}200$ см⁻¹. ИК-спектры растворов получены на основе методики унифицированных по стандартному пропусканию капиллярных слоев. Цианистые соединения цинка, никеля, кобальта и серебра готовили растворением соответствующих гидратов в избытке цианида натрия с последующим высаливанием, а раствор цианистого золота получали путем длительного растворения металла в растворе цианида натрия [4].

ИК-спектроскопия сложных комплексных соединений является одним из источников информации о координационной насыщенности, строении комплекса, прочности и характере связи металл-лиганд. Валентные колебания нитрильной группы цианистых солей $\text{C}\equiv\text{N}$ расположены в области $2240\text{--}2260$ см⁻¹, где обычно нет других полос, и частота их мало меняется при переходе от простых

цианидов к цианистым комплексным соединениям тяжелых металлов. Поэтому, несмотря на малую интенсивность, полоса $\nu_{\text{C}\equiv\text{N}}$ достаточно характеристична, а ее сопряжение может смещать полосу в сторону меньших частот.

Серебро, никель в зависимости от концентрации свободного цианида и других факторов могут существовать в виде комплексов переменного состава. Для толкования природы селективности анионитов необходимо знать форму сорбируемых цианистых анионов. В ионитах, насыщенных в технологических растворах, анионы CN^- содержатся в пределах $0,1\text{--}1,00$ мг-экв/г. Цианистые анионы металлов сорбируются анионитом в виде следующих комплексных анионов в порядке возрастания зарядов: $[\text{Au}(\text{CN})_2]^- > [\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} > [\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-} > [\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-} > [\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-} > [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$.

Приведенный анализ селективности анионного обмена показывает, что взаимодействие ионов с водой вне анионита приводит к активной сорбции тех ионов, которые являются наибольшими по размеру, имеют наименьший заряд и слабые основные свойства, а это объясняет представленный ряд средств и наблюдаемую на практике последовательность взаимного вытеснения анионов.

На рис. 1а представлены ИК-спектры цианида натрия в растворе (кривая 1), твердой соли (кривая 2) и анионита АМ-2Б, насыщенного в растворе цианида натрия (кривая 3). Спектр соли (кривая 2) имеет четкий максимум в области валентных колебаний групп CN^- – 2080 см^{-1} . Такой же четкий спектр имеет в этой области и анионит, насыщенный раствором цианида натрия (кривая 3). Однако спектр раствора цианида натрия получается менее рельефный, размытый в интервале $2000\text{--}2100$ см⁻¹. Объясняется это тем, что концентрация молекул воды в растворе немного выше, чем цианида натрия, вследствие чего происходит гидратация цианид-ионов. Полное совпадение ИК-спектров соли цианида натрия и анионита, насыщенного из его растворов, свидетельствует о прочности и сохранении CN^- группы при растворении соли и при сорбции.

ИК-спектры твердых солей цианистого цинка, железа, никеля, кобальта, растворов и анионита, насыщенного цианидными анионами металлов, соответственно рис. 1 (б, в, г, д), имеют аналогичный вид, а спектр растворов также размыт, как и на спектрах рис. 1 (а).

Из цианистых растворов золота и серебра путем предварительного концентрирования и последующего высаливания спиртом получены цианидные комплексные соли. Затем для них записаны ИК-спектры твердых солей, их растворов и, соответственно, анионита. Как видно из рис. 2 (а), цианидная соль серебра содержит смесь комплексных солей: $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{CN})_4]$; $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$; $\text{Na}_2[\text{Ag}(\text{CN})_3]$.

ИК-спектр анионита, насыщенного цианидными анионами серебра, имеет полную аналогию со спектром твердой соли (рис. 2а, кривая 2 и 3). Спектр раствора соли имеет сильно размытый максимум в интервале $2080-2140\text{ см}^{-1}$. Цианидная соль золота и анионит, насыщенный из раствора этой соли, имеют также аналогичные спектры с характерным максимумом в области 2150 см^{-1} , наличие которого указывает на то, что золото в цианидном растворе образует устойчивый комплексный анион с координационным числом 2 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$.

При анализе ИК-спектров анионита АМ-2Б, насыщенного цианидными комплексными анионами цинка (рис. 1б), серебра (рис. 2а) и золота (рис. 2б), не удалось обнаружить полосу поглощения для свободного цианид-иона в области $2060-2080\text{ см}^{-1}$, тогда как на ИК-спектре анионита, насыщенного из чистого раствора цианида натрия (кривая 3), эта

полоса отчетливо видна. Это объясняется тем, что свободный цианид-ион при ионном обмене из многокомпонентных цианидных растворов при насыщении анионита вытесняется комплексными цианидными анионами металлов (золота, серебра и др.).

Следует отметить, что ряд сродства практически полностью совпадает с известным порядком снижения частот валентных колебаний $\text{C}\equiv\text{N}$ групп (см. табл.).

Положение цианидного комплексного аниона в ряду сродства может быть предсказано по положению пика в области $2000-2200\text{ см}^{-1}$ на ИК-спектре. Сопоставление этих ИК-спектров позволяет оценить степень селективности анионита АМ-2Б к благородным металлам, определить связь между основностью анионита и его селективностью к золотоцианидному комплексу.

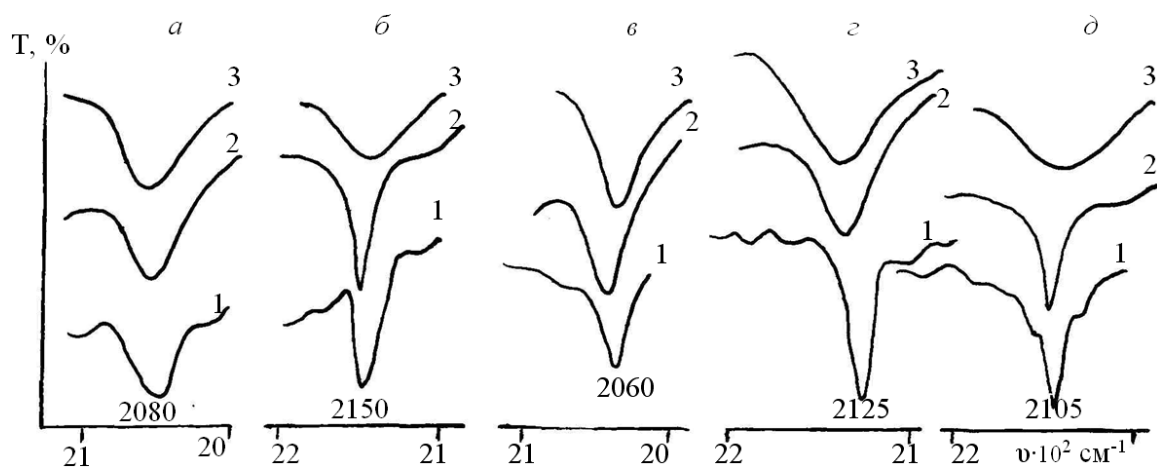


Рис. 1. ИК-спектры: цианида натрия (а), цианистой соли цинка (б), железа (в), кобальта (г) и никеля (д):

1 – анионита АМ-2Б, выделенного после сорбции из растворов: цианида натрия (а); цианистых анионов цинка (б); железа (в); кобальта (г); никеля (д); 2 – соли: цианида натрия (а); цинка (б); железа (в); кобальта (г); никеля (д); 3 – цианистых растворов: натрия (а); цинка (б); железа (в); кобальта (г); никеля (д)

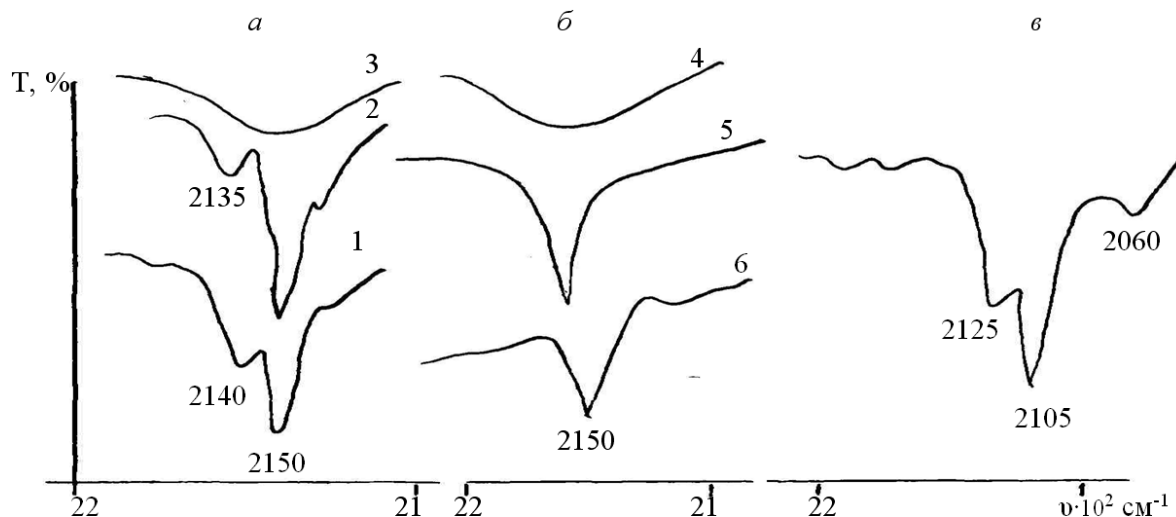


Рис. 2. ИК-спектры раствора цианида серебра (а) и золота (б), анионита АМ-2Б, насыщенного в поликомпонентном цианистом растворе, содержащего золото, серебро и металлы-примеси (в):

1 – раствора цианида серебра; 2 – твердой соли цианида серебра; 3 – анионита АМ-2Б после сорбции цианидных анионов серебра; 4 – раствора цианида золота; 5 – твердой соли цианида золота; 6 – анионита АМ-2Б после сорбции цианидных анионов золота

Ряд сродства цианидных комплексных анионов золота и цветных металлов

	$[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$	$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$	$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$
$\nu, \text{см}^{-1}$	2150	2150	2125	2110	2075	2060
$K_p \cdot \text{М} \cdot 10^{-3}$	1,72	0,87	0,62	0,22	0,11	0,09

На рис. 2в представлен ИК-спектр анионита АМ-2Б, насыщенного в поликомпонентном цианидном растворе, содержащем золото и металлы-примеси. На спектре четко видны полосы поглощения, соответствующие железоцианидному (2060 см^{-1}) и медноцианидному аниону (2095 см^{-1}), цианидным анионам кобальта (2105 см^{-1}) и никеля (2125 см^{-1}). Полоса поглощения (2150 см^{-1}) относится к цианидному комплексу золота, ввиду того, что положение полосы поглощения $\text{C}\equiv\text{N}$ группы в спектрах комплексных анионов определяется отношением координационного числа центрального иона и его валентности.

Относительно слабая интенсивность полос в области $2050\text{--}2100 \text{ см}^{-1}$ может указывать на достаточно низкое сродство бифункционального анионита АМ-2Б к ионам $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ($\nu=2060 \text{ см}^{-1}$), $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ ($\nu=2100 \text{ см}^{-1}$), $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ ($\nu=2100 \text{ см}^{-1}$) и CN^- (2080 см^{-1}).

Высокая селективность анионита АМ-2Б к золотоцианистому комплексу обусловлена

определенным размером пор матрицы этого сорбента, которые препятствуют проникновению ионов октаэдрической и тетраэдрической структуры комплексов $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$; $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$; $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$; $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ внутрь анионита.

ИК-спектроскопические исследования показали, что цианистые комплексные анионы не претерпевают изменений в результате сорбции их анионообменными смолами, а ИК-спектр насыщенной смолы позволяет определить форму цианистых комплексных анионов, находящихся в растворе.

Установлено, что цианидные комплексные анионы золота и цветных металлов сохраняют свою форму и устойчивость как при растворении соответствующих солей, так и при сорбции их анионитами, а связь активных групп анионита и сорбируемых анионов имеет ту же природу, что и в твердой соли. Исследуемый анионит АМ-2Б обладает высокой селективностью по отношению к золоту и рекомендуется для избирательного концентрирования благородных металлов из растворов сложного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии. М., 1982. 376 с.
2. Корольков Н.Л. Теоретические основы ионообменной технологии. Рига, 1970. 335 с.
3. Бейсембаев Б.Б. и др. Теория и практика кучного выщелачивания золота. Алматы, 1998. 199 с.
4. Зеленов В.И. Методика исследования золотосодержащих руд. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1978. 302 с.

УДК 621.941.24

К.Т. ШЕРОВ

Исследование способа повышения точности измерения и снижения трудоемкости пригоночных работ

В настоящее время в машиностроении одной из проблем является несовершенство системы простановки размеров функционально связанных поверхностей (ФСП) направляющих металлорежущих станков. Несовершенство существующей системы простановки размеров приводит к тому, что размеры закладываются с весьма большими допусками. Это приводит к удалению больших припусков при шабреннии на слесарных операциях и, следовательно, к увеличению трудоемкости пригоночных работ. В станкостроении при сборке металлорежущих станков V-образные направляющие и плоскости прилегания суппорта имеют зеркальное отображение направляющих станины станка и подгоняются ручным шабреннием по пятнам прилегания по станине [1]. Основной задачей при подгонке одной детали под другую является повышение точности обработки поверхностей подгоняемой детали. При использовании дополнительно создаваемых «скрытых баз» с помощью контрольной линейки (КЛ), с предельно достижимой точностью, можно определять отклонения размеров как КЛ, так и измеряемых деталей и шаблонов. Для этого используется

следующий прием. Между плоскостями, расположенными под углом φ V-образной поверхности, располагают дополнительную деталь, названную нами КЛ. На рис. 1 показана новая схема расположения «скрытых баз» по новой схеме простановки размеров.

Лыски G и D на КЛ располагают под углом ψ . Угол ψ равен: 1) для контакта с плоскостью B , $\psi = 45^\circ$; 2) для контакта с плоскостью B , $\psi = 55^\circ$. Одна из лысок КЛ G (рис. 1) должна быть расположена параллельно плоскости B каретки суппорта. Применение КЛ позволило определить положение плоскости F относительно поверхностей каретки с помощью размера h . Определенность положения плоскости F приводит к определенности положения плоскости Q . Из изложенного следует, что при использовании КЛ мы получаем новую систему измерения, позволяющую обеспечить определенность положений «скрытых баз». Разработанная нами КЛ предназначена для проверки по пятнам контакта, последовательно, обе плоскости V-образной плоской направляющей и одновременно осуществлять контроль угла между плоскостями V-образной

направляющей. КЛ обеспечивает одновременно контроль плоскостности и угла между плоскостями V-образной поверхности. Это достигается тем, что КЛ выполнена цилиндрической формы с двумя продольными лысками, расположенными под углом

$$\psi = \frac{180^\circ - \varphi}{2}, \quad (1)$$

где φ – угол равный половине угла V-образной поверхности;

ψ – угол между лысками КЛ.

На рис. 2 показан эскиз КЛ для контроля одной части угла V-образной поверхности призмы.

Измерение осуществляется в двух положениях КЛ относительно V-образной поверхности. Плоскостность проверяется по пятнам контакта на каждой из поверхностей при двух положениях КЛ. Угол V-образной поверхности проверяется по величине несовпадения одной и той же лыски в двух положениях относительно плоскостей контролируемой V-образной поверхности. На рис. 3 показаны два положения одной и той же КЛ относительно V-образной поверхности.

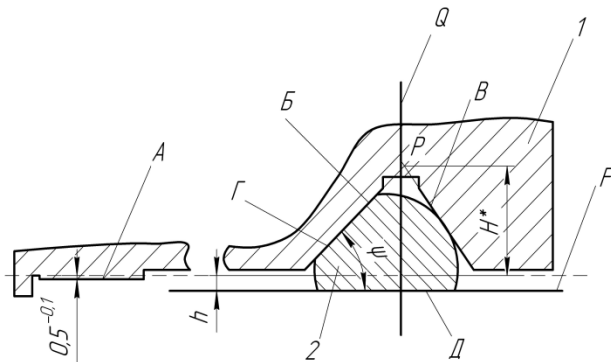


Рис. 1. Схема расположения «скрытых баз» по новой схеме простановки размеров:

1 – каретка суппорта; 2 – КЛ; Г и Д – лыски на КЛ

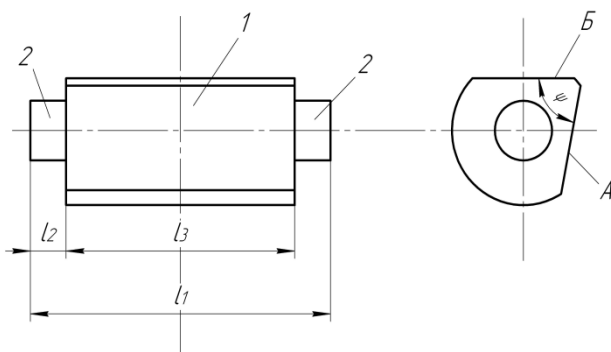


Рис. 2. Эскиз КЛ для контроля одной части угла V-образной поверхности призмы: 1 – КЛ; 2 – шейки; А – лыска для контроля плоскостности; Б – лыска для контроля угла φ – половина угла V-образной поверхности; ψ – угол между лысками А и Б; l_1 – общая длина КЛ; l_2 – длина шейки для захвата; l_3 – длина рабочей части

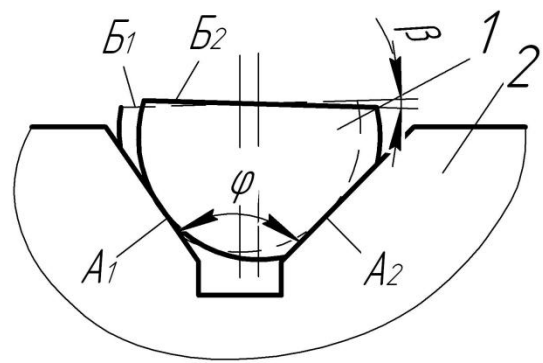


Рис. 3. Схема относительного положения одной КЛ в двух относительных положениях: 1 – КЛ; 2 – контролируемая V-образная поверхность; А₁, Б₁ – положения лысок КЛ при первой установке; А₂, Б₂ – положения лысок КЛ при второй установке; β – угол несовпадения лыски Б в двух положениях

Определение плоскостности и угла V-образной поверхности КЛ осуществляется следующим путём. КЛ 1 (рис. 2) с помощью шейки для захвата 2 накладывается на V-образную поверхность. Предварительно лыска А покрывается тонким слоем краски. Продольными перемещениями КЛ и по числу пятен контакта определяется плоскостность плоскостей V-образной поверхности. При смене положения КЛ определяется плоскостность другой плоскости V-образной поверхности. Угол V-образной поверхности определяется по величине несовпадения лыски Б в двух положениях. Если угол V-образной поверхности равен удвоенному значению угла φ , то угол $\beta = 0$. При отклонении угла V-образной поверхности от значения 2φ образуется несовпадения положений лыски Б на угол β . По величине угла β определяется действительное значение угла V-образной поверхности по формуле:

$$2\varphi_a = 2\varphi \pm \beta, \quad (2)$$

где $2\varphi_a$ – действительное значение угла V-образной поверхности.

Применение КЛ даёт предпосылки к обеспечению снижения трудоёмкости пригоночных работ за счёт назначения и выдерживания отклонений размеров механическими способами обработки. Для подтверждения вышеуказанных предположений необходимо было экспериментально получить пределы достижимой точности измерений отклонений параметров с помощью КЛ. Были изготовлены опытные образцы КЛ (рис. 4). После прохождения контрольных обмеров на измерительной машине «ОПТОН», были получены метрологические паспорта пригодности на КЛ отделом технического контроля ПО «Навоийский машиностроительный завод» (г. Навои, Узбекистан).



Рис. 4. Фотографии контрольных линеек

Применение разработанных нами КЛ связано с вопросом стабильности определения величин угловых отклонений V-образных поверхностей направляющих деталей станка. Для определения стабильности показаний проведены статистические исследования величин отклонений в точках на заданном расстоянии в поперечном и в продольном направлениях КЛ. Измерение осуществлялось на контрольной плите с помощью индикаторной стойки и индикатора часового типа с ценой деления 0,001 мм (рис. 5).

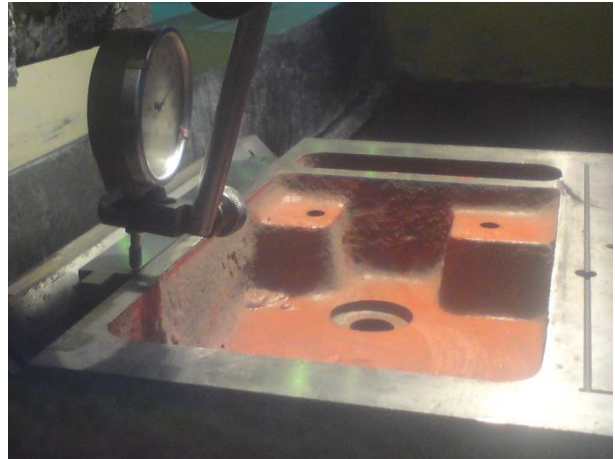
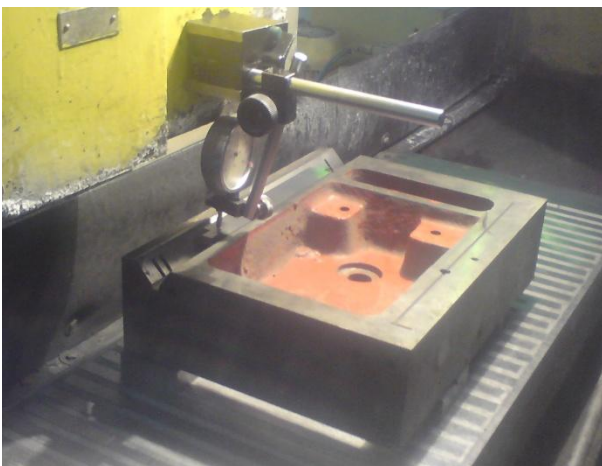


Рис. 5. Фотографии контролируемой детали, КЛ и индикаторной стойки с индикатором часового типа

Были измерены угловые значения V-образного паза направляющей плиты задней бабки токарного станка НТ-250И. Определялись следующие параметры стабильности показаний при измерении отклонений с помощью КЛ: статистические данные отклонений индикатора часового типа в двух точках позиционирования на расстояниях 26 мм для угла 45° и 22 мм для угла 35° в поперечном направлении и в продольном направлении на расстоянии соответственно 155 мм и 165 мм; статистические данные отклонений контрольной плоскости, характеризующие угловые отклонения в поперечном направлении, и отклонение V-образной поверхности в продольном направлении на упомянутых выше расстояниях.

В таблице приведены результаты статистических исследований стабильности результатов измерений в цеховых условиях для описанных выше экспериментов для одной КЛ.

Измерения осуществлялись в цехе № 2 станкостроительного подразделения ПО «Навоийский машиностроительный завод», за процессом измерений наблюдали представители завода. Индикаторная головка с ценой деления 0,001 мм была закреплена на магнитной стойке, установленной на шпинделе плоскошлифовального станка (рис. 5). Поперечное перемещение индикаторной стойки осуществлялось путём перемещения вручную шлифовальной бабки. Продольное перемещение осуществлялось движением стола станка. В результате измерения были получены следующие данные:

- разброс показаний индикатора часового типа при контроле отклонений в поперечном сечении на расстояниях 26 мм и 22 мм составлял соответственно ± 2 мкм и $\pm 1,5$ мкм; -измерения в продольном направлении по КЛ показали разброс в пределах ± 1 мкм; -углы 45° и 35° при измерении могут быть определены с точностью не ниже $\pm 30''$.

№ п/п	Рассчитываемые параметры	Обозначения параметров	Значения отклонений в мкм	
			в продольном направлении L = 165 мм	в поперечном направлении L = 22 мм
1	Поле рассеивания отклонений	ω	0,002	0,004

2	Среднее квадратическое отклонение рассеивания отклонений	σ	0,0004	0,0005
3	Возможный допуск на размер линейки	T_p	0,0024	0,0030
4	Возм. допуск на размер плиты задней бабки	T_d	0,005	0,009
5	Возможный квалитет точности на размеры плиты задней бабки	кв.точ.	3÷4 кв.	4÷5 кв.

Выводы

1. Данные проведенных экспериментов показали, что точность расположения V-образных направляющих деталей станка НТ-250И с помощью КЛ конструкции КарГТУ может быть повышена более чем в 10 раз по сравнению с отклонениями, заданными по чертежу.

2. Разработана и внедрена в производство новая методика измерения углов V-образных пазов направляющих станков и конструкций специальных КЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Технология станкостроения. М.: Машиностроение, 1990. 256 с.

УДК 669.015.5.001

А.Е. БУКЕТОВА

Влияние структурных факторов гидроксиоксидов на стабильность комплексов с катионами меди (II)

Промышленно используемые в гидрометаллургии меди высокоэффективные органические экстрагенты являются катионообменными комплексами, которые содержат различные функциональные группы. Экстрагируя медь из кислых растворов их солей, молекулы таких экстрагентов образуют с катионами металла внутрикомплексные соединения с вытеснением протонов из реагента [1, 2]. Общая формула гидроксиоксидов имеет вид $R^1-C_6H_3(OH)-C(R^2)=NOH$ [3,4].

Один из самых эффективных и селективных экстрагентов меди, промышленно используемый экстрагент LIX 984N, представляет собой эквимольную смесь равных количеств двух химических соединений: 5-нонилсалицилальдоксима (в дальнейшем альдоксим **1**) и 2-гидрокси-5-нонилацетофеноксима (в дальнейшем кетоксим **2**) [3]. Структура молекул приведена на рис. 1.

Экстрагент LIX 984N максимально эффективен при экстракции меди из кислых сульфатных растворов с низкими величинами pH (1,3-2), при низких концентрациях меди (2-7 г/дм³) в исходных растворах,

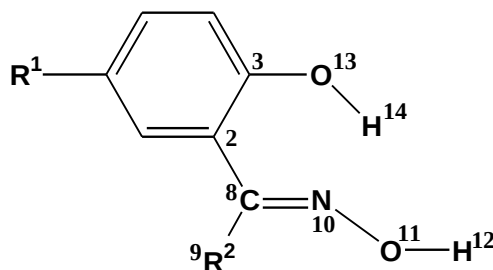
способствует быстрому разделению контактирующих фаз, обладает хорошей реэкстрактивной способностью, высоким массопереносом, нетоксичен, хорошо разбавляется в авиационном керосине и не является дорогим экстрагентом.

Известно, что молекула альдоксима **1** обладает сильной экстракционной активностью по отношению к катионам меди (II), а молекула кетоксима **2**, наоборот, является более слабым экстрагентом, гораздо легче освобождаясь от ионов меди. Кроме того, на кинетику обратимого процесса экстракции в случае кетоксима **2** более сильное влияние оказывают низкие температура и pH реакционной среды [4]. В связи с этим представляет интерес изучение особенностей электронных структур молекул альдоксима и кетоксима, входящих в состав экстрагента LIX 984N, а также структуры комплекса, образуемого этими молекулами с катионом меди (II) с целью определения влияния структурных факторов гидроксиоксидов на стабильность образующегося комплекса. В работе были проведены квантово-химические расчеты методами *ab initio* в

приближении Хартри-Фока с использованием базисного набора 6-31G(d,p) [5] и гибридного обменно-корреляционного функционала плотности B3LYP [6,7]. Для расчетов использована программа GAMESS [6], адаптированная для персональных компьютеров [7].

Анализ электронного строения рассматриваемых гидроксиоксимов и далее комплексов с катионами

меди (II) проведен по рассчитанным характеристикам молекул (табл. 1,2) где $E_{\text{полн}}$ – полная энергия системы; R – межъядерные расстояния; $\mu(D)$ – дипольный момент молекулы; q – величина заряда на атоме; P – порядок связи. Нумерация атомов в молекулах и образующем комплексе показана на рис. 1 и 2.



Альдоксим 1 Кетоксим 2

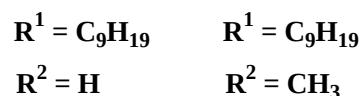


Рис. 1. Структурные формулы и нумерация атомов в молекулах 5-нонилсалицилальдоксима (1) и 2-гидроокси-5-нонилacetофеноксима (2)

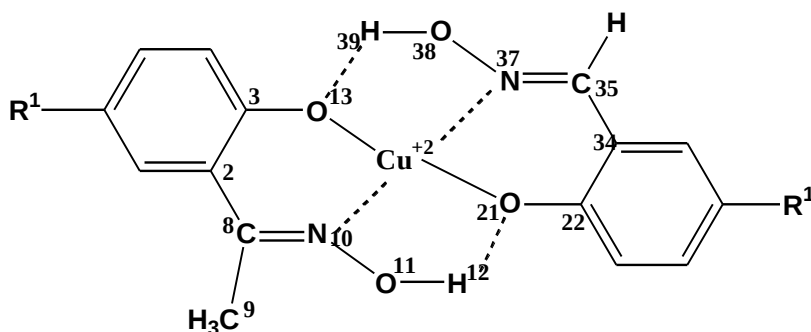
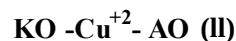


Рис.2. Нумерация атомов в комплексе $KO-Cu^{+2}-AO(II)$

Согласно расчетам структуры гидроксиоксимов (табл. 1) в молекулах 1 и 2 (рис. 1) в сопряжении с π -системой бензольного кольца находится как OH-группа, так и азометиновая $C=N$ связь в оксимной группировке. Поэтому изменения в её структуре должны передаваться через систему сопряженных связей на атом кислорода фенольной OH-группы, изменяя её кислотные свойства. Кроме того, влияние на кислотные свойства этой группы должно оказывать взаимодействие её водородного атома с атомом азота оксимной группы.

Таблица 1

Энергетические характеристики, заряды на атомах и длины связей в модельных молекулах альдоксима 1 и кетоксима 2

Параметры	$R = H$ (1)	$R = CH_3$ (2)
$E_{\text{полн.}} [GO], \text{ а.е.}$	-515,1421	-554,4336
$E_{\text{полн.}} [GO^-], \text{ а.е.}$	-514,5549	-553,8384
μ, D	1,082	1,720
$R(C_2-C_8), \text{ \AA}$	1,455	1,477
$R(C_8-N_{10}), \text{ \AA}$	1,288	1,295
$R(N_{10}-O_{11}), \text{ \AA}$	1,401	1,403
$R(O_{11}-H_{12}), \text{ \AA}$	0,967	0,967
$R(C_3-O_{13}), \text{ \AA}$	1,349	1,348
$R(O_{13}-H_{14}), \text{ \AA}$	0,984	0,988
$R(N_{10} \cdots H_{14}), \text{ \AA}$	1,801	1,721

$q(C_8)$	0,175	0,357
$q(H, C_9)$	0,110	-0,388
$q(N_{10})$	-0,288	-0,350
$q(O_{11})$	-0,409	-0,415
$q(O_{13})$	-0,572	-0,573
$q(H_{12})$	0,336	0,335
$q(H_{14})$	0,339	0,341
$P(O_{11}-H_{12})$	0,866	0,865
$P(O_{13}-H_{14})$	0,776	0,760

Структуры молекул 1 и 2 по анализу рассчитанных данных имеют планарное строение – фенольная OH-группа и оксимная группа расположены в одной плоскости с фенильным кольцом. Электронная плотность в азометиновой группе альдоксима 1 сдвинута на N атом, связанный с электроотрицательным кислородом оксимной OH-группы (табл. 1). Ещё более отрицательно заряженным является кислородный атом O_{13} фенольной OH-группы, однако с атомом водорода его взаимодействие менее сильное, чем в оксимной OH-группе, что следует из значений порядков этих связей (табл. 1). Поэтому диссоциации подвергается именно фенольная OH-группа, что подтверждается спектральными исследованиями [8].

Появление метильного заместителя в оксимной группе кетоксима 2 вызывает перераспределение

электронной плотности и некоторые структурные изменения в этой молекуле по сравнению с альдоксимом **1**. Так, небольшое удлинение связи C_2-C_8 приводит к удалению функциональной оксимной группы от фенольного кольца. При этом электроноакцепторное воздействие всей оксимной группировки на бензольное кольцо несколько снижается, что выражается в небольшом повышении общей электронной плотности в кольце: 0,082 в альдоксime и 0,058 в кетоксime, а также благодаря передаче по сопряженной π -системе связей незначительным возрастанием частичного отрицательного заряда на кислородном атоме фенольной OH-группы (табл. 1).

Увеличение отрицательного заряда (табл. 1) на атоме N привело к усилению его взаимодействия с водородом фенольной OH-группы, на что указывает уменьшение расстояния $R(N_{10} \cdots H_{14})$ в молекуле **2** по сравнению с альдоксимом **1**. В свою очередь, это вызвало ослабление связи $O_{13}-H_{14}$, что подтверждается небольшим её удлинением и уменьшением прочности (табл. 1). Можно предположить, что атом H_{14} в молекуле кетоксима **2** является более подвижным, а кислотность фенольной группы в этой молекуле должна быть выше, чем в альдоксime **1**.

Из работы [9] известно, что если атом N фенольного гидроксила участвует в образовании внутримолекулярной водородной связи, его кислотные свойства сильно снижены. Согласно выполненным расчетам, подобное взаимодействие $O_{13}-H_{14} \cdots N_{10}$ имеет место в молекулах гидроксиоксимов **1** и **2**, причем в кетоксime **2** оно усиливается за счет возрастания частичного отрицательного заряда на атоме N_{10} , так что атом H_{14} сдвигается ближе к азоту. В целом, можно отметить существенное влияние метильного радикала на упрочнение внутримолекулярной водородной связи между атомом азота оксимной группы и кислородом фенольной группы, что способствует снижению кислотности кетоксима **2**. Этот результат косвенно свидетельствует о дестабилизирующем действии кетоксима при образовании бидентатного комплекса с катионами меди Cu^{+2} .

Поскольку было определено, что молекулы альдоксима обладают более сильной экстракционной способностью, чем кетоксимные молекулы [3] и существует вероятность образования различных видов комплексов, в работе был проведен анализ для комплекса **I**, образованного двумя анионами альдоксима **1** с катионом меди Cu^{+2} (комплекс $AO-Cu^{+2}-AO$), и для комплекса **II**, образованного анионом кетоксима **2** и анионом альдоксима **1** с катионом меди (комплекс $KO-Cu^{+2}-AO$). Схематично структура комплекса **II** и нумерация атомов приведены на рис. 2 (для комплекса **I** структура и нумерация атомов остается такой же).

Согласно расчетам оба комплекса имеют непланарное строение, так как при их образовании происходит дстраивание d -оболочки катиона Cu^{2+} и заселение его sp -гибридной атомной орбитали, что подтверждается и спектроскопическими данными [8].

При этом пространственное расположение связей у атома меди приобретает тетраэдрическую направленность. Валентный угол у вершины тетраэдра $\angle O_{13}, Cu, O_{21}$ в комплексе $KO-Cu^{+2}-AO$ чуть больше, чем в симметричном комплексе $AO-Cu^{+2}-AO$ (табл. 2). Имеет место и разворот двух бензольных колец относительно друг друга.

Участие в образовании комплекса аниона кетоксима понижает прочность связывания катиона меди с анионом альдоксима по сравнению с комплексом $AO-Cu^{+2}-AO$. В комплексе $KO-Cu^{+2}-AO$ порядок связи катиона меди с кислородом фенольной группы альдоксима (табл. 2, $P(O_{21}-M)$) понижается до 0,476, а порядок связи с атомом азота (табл. 2, $P(N_{37}-M)$) до 0,446. В то же время прочность связей аниона кетоксима с катионом меди несколько выше, чем аналогичных связей в комплексе $AO-Cu^{+2}-AO$ (0,499 и 0,452 соответственно).

Энергия стабилизации комплекса **II** незначительно отличается от энергии стабилизации комплекса **I**, тем не менее, стабильность комплекса с кетоксимом несколько выше (табл. 2). Поскольку анион кетоксима дестабилизирует связи катиона меди с анионом альдоксима $M-O$ и $M \leftarrow N$, очевидно, что усиление водородной связи между кетоксимом и кислородом фенольной группы альдоксима ($R(O_{21} \cdots H_{12})$, табл. 2) является следствием этого. Аналогично видно и соответствующее ослабление водородной связи между альдоксимом и кислородом фенольной группы кетоксимной молекулы ($R(O_{13} \cdots H_{39})$, табл. 2).

Известно, что стабильность водородной связи зависит от катиона металла и вида заместителя в ароматическом кольце. Можно предположить, что несколько большая стабильность комплекса **II** определяется вкладами более прочных связей противоионов молекулы кетоксима с катионом меди и вкладом от образовавшейся водородной связи между молекулой кетоксима и кислородом фенольной группы альдоксима (табл. 2).

В случае участия в образовании комплекса **II** кетоксимной молекулы частичный отрицательный заряд на атоме азота оксимной группы кетоксима $q(N_{10})$ увеличивается (табл. 2, -0,0411 нм) по сравнению с электронной плотностью $q(N_{10(37)})$ на атоме азота в комплексе **I** (табл. 2, -0,0356 нм). При этом практически не происходит изменения электронной плотности на атоме азота альдоксима ($(q(N_{37}) = -0,0353$ нм). Опираясь на расчеты, можно отметить, что увеличение частичного отрицательного заряда на атоме N_{10} в молекуле кетоксима комплексе **II** является следствием ослабления его взаимодействия с катионом меди.

Таким образом, можно отметить, что участие аниона кетоксима в образовании комплекса оказывает слабое дестабилизирующее влияние на связи катиона меди с анионом альдоксима. Кроме того, в комплексе $KO-Cu^{+2}-AO$ происходит усиление водородной связи между кетоксимом и кислородом фенольной группы альдоксима ($R(O_{21} \cdots H_{12})$, табл. 2) и ослабление водородной связи между альдоксимом и кислородом фенольной группы кетоксимной молекулы ($R(O_{13} \cdots H_{39})$, табл. 2). Отсюда, согласно выполненным

расчетам участие аниона кетоксимной молекулы **2** в образовании хелатного комплекса с катионом Cu^{2+} , с одной стороны, стабилизирует комплекс за счет упрочнения связей с фрагментами кетоксимной молекулы, с другой стороны – оказывает

дестабилизирующее влияние на взаимодействие катиона с анионом альдоксима **1**.

Выражаю искреннюю благодарность за консультации при написании статьи д-ру хим. наук, профессору Н.М. Ивановой

Таблица 2

Энергетические характеристики, заряды на атомах и длины связей в модельных комплексах

$\text{AO-Cu}^{+2}\text{-AO}$ и $\text{KO-Cu}^{+2}\text{-AO}$

Параметры	$\text{AO-Cu}^{+2}\text{-AO}$	Параметры	$\text{KO-Cu}^{+2}\text{-AO}$
$E_{\text{полн.}}, \text{ а.е.}$	-2669,3782	$E_{\text{полн.}}, \text{ а.е.}$	-2708,668096
$E_{\text{стаб.}}, \text{ а.е.}$	-1,1640	$E_{\text{стаб.}}, \text{ а.е.}$	-1,170496
$\mu, \text{ D}$	0,546	$\mu, \text{ D}$	1,017
$R(\text{M-O}_{13(21)}), \text{ нм}$	0,1885	$R(\text{M-O}_{13}), \text{ нм}$	0,1868
$R(\text{M-N}_{10(37)}), \text{ нм}$	0,1935	$R(\text{M-O}_{(21)}), \text{ нм}$	0,1887
$R(\text{C}_2\text{-C}_8), \text{ нм}$	0,1442	$R(\text{M-N}_{10}), \text{ нм}$	0,1943
$R(\text{C}_8\text{-N}_{10}), \text{ нм}$	0,1293	$R(\text{M-N}_{37}), \text{ нм}$	0,1939
$R(\text{N}_{10}\text{-O}_{11}), \text{ нм}$	0,1385	$R(\text{C}_2\text{-C}_8), \text{ нм}$	0,1468
$R(\text{O}_{11}\text{-H}_{12}), \text{ нм}$	0,0988	$R(\text{C}_8\text{-N}_{10}), \text{ нм}$	0,1303
$R(\text{C}_3\text{-O}_{13}), \text{ нм}$	0,1324	$R(\text{N}_{10}\text{-O}_{11}), \text{ нм}$	0,1390
$R(\text{O}_{13}\cdots\text{H}_{39}), \text{ нм}$	0,1785	$R(\text{O}_{11}\text{-H}_{12}), \text{ нм}$	0,0990
$R(\text{O}_{21}\cdots\text{H}_{12}), \text{ нм}$	0,1785	$R(\text{C}_3\text{-O}_{13}), \text{ нм}$	0,1325
$\angle \text{O}_{13}, \text{M}, \text{O}_{21}, \text{ град.}$	169,1	$R(\text{C}_{22}\text{-O}_{21}), \text{ нм}$	0,1325
$q(\text{C}_{3(35)})$	0,169	$R(\text{N}_{37}\text{-O}_{38}), \text{ нм}$	0,1384
$q(\text{N}_{10(37)})$	-0,356	$R(\text{O}_{13}\cdots\text{H}_{39}), \text{ нм}$	0,1791
$q(\text{O}_{11(38)})$	-0,416	$R(\text{O}_{21}\cdots\text{H}_{12}), \text{ нм}$	0,1720
$q(\text{O}_{13(21)})$	-0,782	$\angle \text{M}, \text{O}_{13}, 3, \text{ град}$	127,6
$q(\text{H}_{12(39)})$	0,368	$\angle \text{O}_{13}, \text{M}, \text{O}_{21}, \text{ град.}$	166,4
$q(\text{M})$	1,023	$\angle \angle \text{M}, \text{O}_{13}, 3, 2 \text{ град}$	-10,5
$P(\text{O}_{13(21)}\text{-M})$	0,483	$\angle \angle \text{O}_{21}, \text{M}, \text{O}_{13}, 3 \text{ град}$	112,7
$P(\text{N}_{10(37)}\text{-M})$	0,450	$\angle \angle \text{C}_{22}, \text{O}_{21}, \text{M}, \text{O}_{13} \text{ град}$	105,5
		$q(\text{C}_8); q(\text{C}_{35}); q(\text{N}_{10})$	0,352; 0,168; -0,411
		$q(\text{N}_{37}); q(\text{O}_{11}); q(\text{O}_{38})$	-0,353; -0,422; -0,416
		$q(\text{O}_{13}); q(\text{O}_{21})$	-0,780; -0,786
		$q(\text{H}_{12}); q(\text{H}_{39}); q(\text{M})$	0,372; 0,368; 1,018
		$P(\text{M-O}_{13}); P(\text{M-O}_{21})$	0,499; 0,476
		$P(\text{M-N}_{10}); P(\text{M-N}_{37})$	0,452; 0,446

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии. М.: Металлургия, 1982. 376 с.
2. Радусев А., Гусев В. Органические экстрагенты для меди (Обзор) // Цветные металлы. 2002, № 3. С. 18-26.
3. MCT, Redbook. The Chemistry of Metals Recovery Using LIX® Reagents. «Cognis Corporation» Tucson, USA. 2007. – 80 p.
4. Kordosky G. The Chemistry of Metals Recovery Using LIX Reagents / Edited by Henkel Corporation, 1997. – 32 p.
5. Francl M.M., Pietro W.J., Hehre W.J., Binkley J.S., Gordon M.S., DeFrees D.J., Pople J.A. Self-consistent molecular orbital method XXIII. A polarization-type basis set for second-row elements // J. Chem. Phys. 1982, V77, № 8. P. 3654-3665.
6. Becke A.D. Density-functional thermochemistry. 3. The role of exact exchange // J. Chem. Phys., 1993. V98. P. 5648-5652.
7. Lee C., Yang W., Parr R.G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density // Phys. Rev., 1988. V37. P. 785-789.
8. Букетова А.Е. ИК-спектроскопическое исследование комплексов медь-экстрагент LIX 984N // Журнал прикладной химии. 2009. Вып 1. Т. 82. С. 25-28.
9. Темникова Т.И. Курс теоретических основ органической химии. Л.: Химия, 1968. 1008 с.

УДК 669.18:669.15-194

**А.Б. АХМЕТОВ,
Р.Ш. АХТАНОВА,
С.Х. НАСЫБУЛЛИНА**

Влияние состава связующих на восстановление железа в железоуглеродистых брикетах

Для исследования влияния состава различных связующих (цемента, пыли дуговой сталеплавильной печи и рафинировочного шлака ковша-печи) на восстановление железа из оксидов, представленных в брикетах окалиной, были проведены эксперименты с изучением их поведения

при высоких температурах. При этом исходили из того, что связующий материал должен быть доступным и экономичным, содержать малое количество вредных примесей, не должен отрицательно влиять на ход процесса и, конечно же,

обеспечивать достаточную прочность. Химический состав компонентов брикетов приведен в табл. 1.

Долевое содержание компонентов в смеси для брикета приведено в табл. 2.

Изготовленные железоуглеродистые брикеты имеют химический состав, приведенный в табл. 3.

В брикетах партии № 1 цементирующая масса имеет 8 % цемента марки 400, в брикетах партии № 2 пыль газоочистки ДСП выполняла основную роль связующего материала, при этом исходили из того, что в составе пыли находится: % K_2O – 3,89, Na_2O – 2,08 и свободный CaO – 7,07 %, обладающие достаточными для образования прочных брикетов связующими свойствами. Но поскольку зачастую для всего объема возвращаемой в оборот окалины пыли не хватает, решено исследовать в качестве связующего и высокоосновной рафинировочный шлак с агрегата ковш-печь (АКП). Был выбран состав для брикета №3, наиболее подходящий по свойствам, где роль связующего материала выполняла пыль ДСП с добавлением высокоосновного шлака.

Таблица 1

Химический состав неорганических компонентов, %

Соединения и элементы	Окалина	Цемент	Пыль	Шлак
$Fe_{общ}$	70,84	2,68	33,23	0,38
FeO	40,45	0,55	4,91	0,49
Fe_2O_3	56,33	3,23	42,05	0,54
$Mn_{общ}$	-	-	2,98	0,89
SiO_2	0,97	21,12	5,46	27,25
Al_2O_3	-	6,15	0,97	0,62
CaO	-	60,23	7,07	56,20
MgO	-	11,59	7,6	9,08
P	-	-	0,14	0,04
S	0,040	1,26	0,06	0,089
Zn	-	-	9,02	-
K_2O	-	-	3,89	-
Na_2O	-	-	2,08	-
C	-	-	3,93	0,05

Нами были проведены петрографические исследования поведения связующих с восстановлением железа из брикетов при различных температурных режимах выдержки. На рис. 1 представлены микроструктуры брикетов до термообработки.

Таблица 2

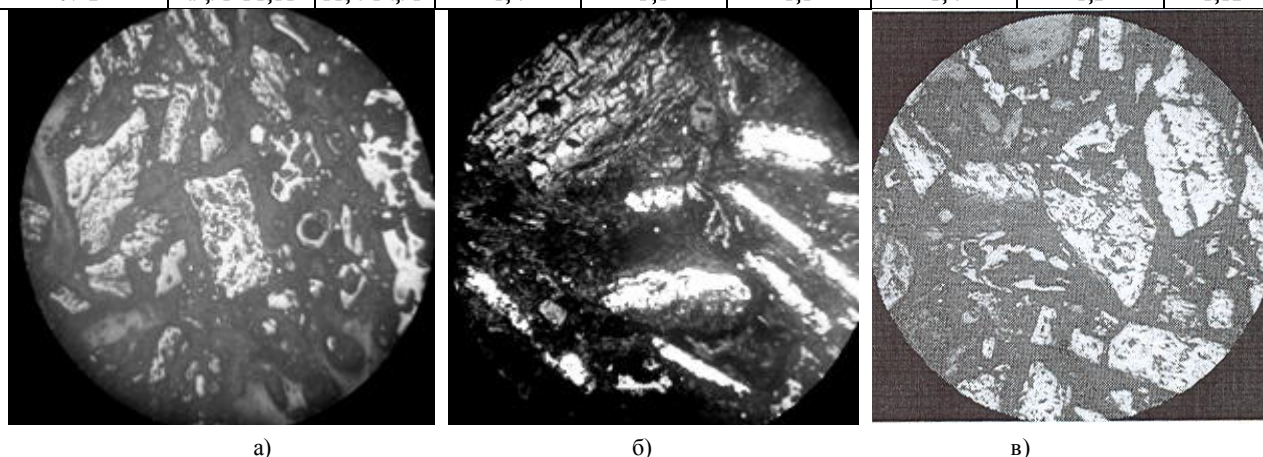
Состав смесей для брикетов

Партия брикетов	Доля компонентов, % масс.				
	Окалина	Пыль ДСП	Цемент	Отходы коксика	Высокоосновной шлак АКП
№ 1	45	25	8,0	13	-
№ 2	50	30	-	15	-
№ 3	66,6	10,4	-	13	10

Таблица 3

Химический состав брикетов, %

№ партии	$Fe_{общ}$	C	MnO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	S	P
№ 1	48,9-52,05	15,03-16,0	0,45	4,41	0,4-0,6	0,95-1,65	0,4-1,2	0,18
№ 2	49,03-52,85	15,6-16,0	0,37-0,75	2,39-3,13	0,45-0,58	0,72-1,42	0,062-0,124	0,0160,032
№ 3	49,95-51,60	10,4-14,95	0,4	5,0	0,8	6,4	0,2	0,02



а)

б)

в)

Рис. 1. Исходная структура брикетов, x100: а) – брикет № 1; б) – брикет № 2; в) – брикет № 3

Брикеты партии № 1 (с цементом) до термообработки имеют более плотную структуру, которая, вероятно, будет отрицательно влиять на газопроницаемость в теле брикетов и снижать скорость реакции, и в том числе реакцию Будуара. Как

видно из рис. 1б, в брикетах № 2 мелкодисперсная железистая пыль заполняет пространство между более крупными частицами окалины и кокса и находится в более тесном контакте с восстановителем – коксом, что предопределяет развитие реакций взаимодействия

углерода кокса вначале с оксидами железа пыли. Макроструктура исходного материала брикета № 3, сложенного окалиной, пылью, коксом и шлаком АКП, представляет собой плотную массу, где мелкодисперсная пыль и шлак заполняют пространство между более крупными частицами окалины и кокса.

При температуре выдержки 1100°C образца № 1 цементирующаяся масса наблюдается в виде двухфазного стекла сложного состава, в окалине металлизированное железо представлено только в тонких трещинах и в нераскристаллизованном стеклоподобном шлаке (рис. 2а).

В брикетах с пылью (рис. 1б) структура крупнопетельчатая, наблюдаются крупные выделения металлического железа в виде матрицы, коагулированная пыль сложена смесью магнетита и вюстита.

В шлифе образца № 3 при температуре 1100°C (рис. 2в) пыль и шлак сохраняются в отдельных участках в виде реликтов, а металл представлен в более коагулированном виде.

Микроструктура образца № 1 при температуре выдержки брикетов 1200°C сильно меняется, пластинки окалины размягчаются и образуют структуру, сложенную металлической фазой, и следует отметить, что стекловидное вещество представлено в довольно крупных формах, свидетельствующих об образовании большого количества шлака с невосстановленными оксидами железа (рис. 3а).

В брикетах с пылью ДСП (рис. 3б) структура металла из петельчатой структуры переходит в кружевную, шлаковая фаза сложена вюститом. Стеклоподобное вещество (шлак) и пыль представлены в меньших объемах, а реликты кокса полностью исчезают. По-видимому, пористая структура брикетов с пылью существенно облегчает работу газа-восстановителя внутри брикета и ускоряет процесс восстановления железа.

По микроструктуре образца № 3 при 1200°C видно сохранение в нерасплавленном состоянии белого шлака, представленного в шлифе обломками. В отдельных микрообъемах структура приобретает тонкокружевную структуру, расплавившаяся шлаковая фаза представлена смесью магнетита и вюстита.

При температуре выдержки 1300°C образца № 1 образующаяся жидкая оксидная фаза из составляющих цемента при спекании закупоривает

поры, в результате чего затрудняется доступ газа к невосстановленным частицам и скорость восстановления снижается, что хорошо видно из рис. 3а.

При той же температуре в образце № 2 наблюдается интенсивная металлизация. Металлическая фаза образует плотную массу с примесью микромагнетита и незначительного количества шлака (рис. 3б). При температуре выдержки брикетов 1300°C структура образца № 3 неоднородная, тонкокружевная, в значительной части в пробе наблюдаются остатки белого шлака в застывшем стекле сложного состава (рис. 3в).

Установлено, что брикеты партии № 1 несмотря на высокую прочность имеют недостаточную термостойкость, продиктованную наличием в составе цемента, имеющего низкую огнеупорность.

Степень восстановления железа из брикетов довольно низкая и составляет по балансу 85-89 %. К тому же цемент является дорогим материалом и применение его в качестве связующего экономически не выгодно.

Результаты исследования показали, что возможно получение самовосстанавливающихся железуглеродистых брикетов с добавлением высокоосновного шлака.

Высокая пористость брикетов партии № 2, где в качестве связующего использована только пыль ДСП, предопределяет обеспечение благоприятных кинетических условий для протекания реакции газификации углерода в коксе и пыли, что значительно увеличивает скорость и полноту протекания восстановления железа. Степень восстановления железа из брикетов партии № 2 составляет 95-97 %.

Применение пыли в качестве связующего материала дает возможность решить экологическую проблему, сэкономить большие суммы, которые уходят на хранение отходов, а извлечение железа, содержащегося в пыли ДСП и окалине в процессе выплавки стали, позволит предприятию сэкономить дефицитный и дорогостоящий металлолом.

Тем самым низкая стоимость и доступность материалов брикетов партии № 2 и № 3, а также удовлетворительные физико-механические и химико-металлургические характеристики материалов делают брикеты пригодными для получения металлизированного продукта хорошего качества при их использовании в составе шихты дуговых сталеплавильных печей.

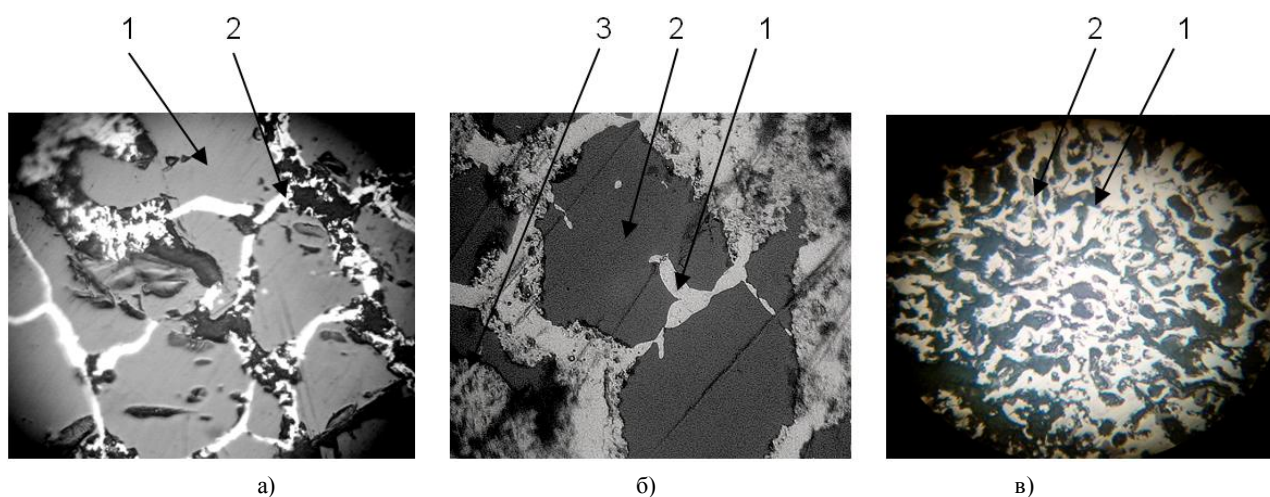


Рис. 2. Образцы при температуре 1100°C, x500:
1 – металлическая фаза; 2 – стеклоподобное вещество сложного состава; 3 – смесь магнетита с вюститом

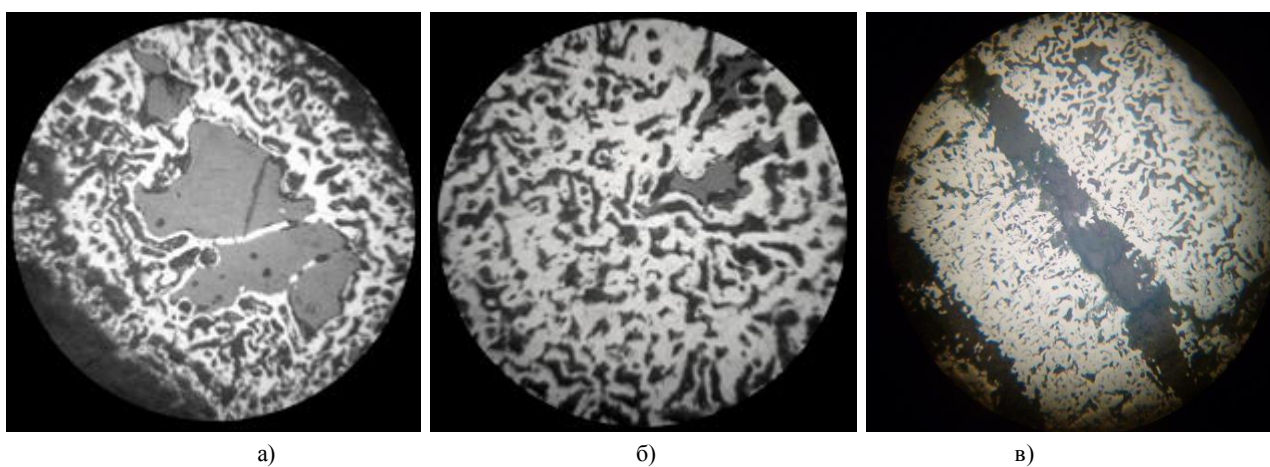


Рис. 3. Образец после выдержки при 1200°C, x500

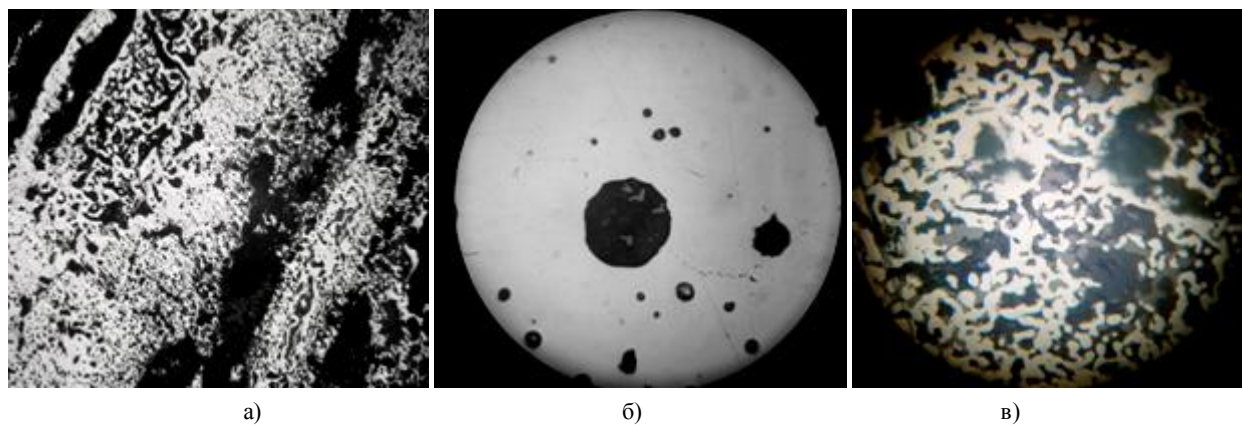


Рис. 4. При 1300°C, x500

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичинин И.С. Вибрационное излучение сейсмических волн. М.: Недра, 1984. 224 с.

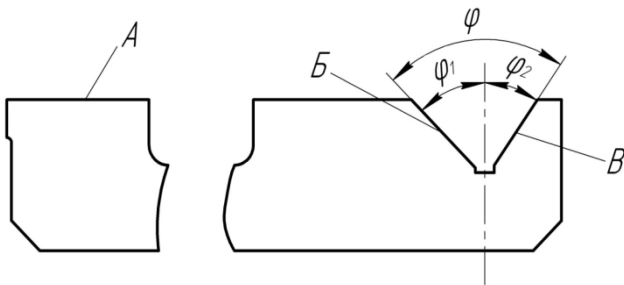
ӘӨЖ 621.91.24

К.Т. ШЕРОВ

Металкесуші білдектердің функционалдық байланысты беттерінің орналасу дәлдігін метрологиялық қамтамасыз ету

Машинажасау саласында құрастыру және механикалық өңдеу процестерінде дәлдікті қамтамасыз ету әртүрлі факторларға тәуелді болады. Солардың ішінде өлшеу-бақылау жұмыстарының орындалу дәлдігі құрастыру және механикалық өңдеу процестерінің дәлдігімен еңбексыйымдылығына елеулі әсер етеді. Машинажасаудың негізі болған білдекжасау саласында металкесуші білдектердің функционалдық байланысты беттерге (ФББ) ие болған тетіктерін құрастыру және механикалық өңдеу дәлдігіне өте жоғары талаптар қойылады. Білдектің функционалдық байланысты беттерге ие болған тұғыр және құралкүймешік бағыттауыштарын бақылау үшін әртүрлі әдістер қолданылады [1].

Өлшеу дәлдігі әдетте, білдектердің бағыттауыштары беттерінің жанасу дәлдігіне қойылатын талаптарға байланысты белгіленеді. В класына тиісті болған орта өлшемді білдектер үшін жанасушы жазықтықтардың ауытқулары мәндері 3-5 мкм шегінде берілген. Бұл ауытқулар металкесуші білдектердің тұғыр бағыттауыштарын майлаушы май пленкасының қалыңдығына тең болады [2]. Егер осы ауытқулар бұрыштық ауытқуларға айналдырып есептелсе, онда орта өлшемге ие болған 1К62, НТ-250И типтес білдектер үшін бұл ауытқулардың бұрыштық мәндері 3"-5" тең болады. Бұл ауытқулар мәні аса жоғары және оларды әмбебап өлшеу құралдарымен өлшеу өте күрделі. Функционалдық байланысты беттердің бұрыштарының дәлдігін аса жоғары дәлдікпен өлшеуді метрологиялық қамтамасыз етуді Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Машинажасау технологиясы» кафедрасында жасалған бақылаушы сызғыштарды қолдану арқылы орындауға болады. Өндірісте призматикалық бағыттауыштарды бақылау қимаүлгілерді қолдану арқылы орындалады. 1-суретте НТ-250И, 1К62 токарлық білдектері тұғырының призматикалық бағыттауышын бақылаушы қимаүлгі көрсетілген.



1-сурет. НТ-250И, 1К62 токарлық білдектері тұғырының призматикалық бағыттауышын бақылаушы қимаүлгі:

A, B және *B* – қимаүлгінің жұмысшы беттері;
 φ – призманың жалпы бұрышы;
 φ_1 және φ_2 – φ бұрышын құрастырушы бөліктері

Қимаүлгі білдектің призматикалық және жазық бағыттауыштарының үстіне жатқызылады, сонан соң қимаүлгі мен білдек тұғыры бағыттауыштарының *A, B* және *B* беттерінің қуыстарына жарық өткізу арқылы олардың дәл жанасу деңгейін және өңделуі қажет болатын беттерді анықтайды. Әдетте призматикалық бағыттауыштардың дәлдігі қимаүлгінің даярлау дәлдігімен белгіленеді. Пайда болатын саңылаулар саны минимумға жеткізілгенде, олар бұрыштың дәлдігіне

елеулі әсер етпейді. Зерттеулер нәтижесі, өлшемі 1-2 мкм болған саңылауларды жарық өткізу арқылы анық көруге болатындығын және осы мәндердің шегінде қимаүлгі бұрышы мәніне қалыптастыру мүмкін екендігін көрсетті.

Әдетте кейбір жағдайда призма φ бұрышының және оны құрастырушы бөліктердің φ_1 және φ_2 бұрыштарының сандық мәндеріне ие болу қажет болады. Жоғарыда білдек бағыттауышы призмасының бұрышы қимаүлгі призмасының бұрышына тең екендігі айтылды. Сондықтан да, қимаүлгінің V-тәрізді бетінің бұрышын өлшеп, токарлық білдегі тұғырының призматикалық бағыттауышы бұрышының мәні туралы тұжырым жасауға болады. 1-суретте көрсетілген схема бойынша қимаүлгінің $\Delta\varphi_1$ және $\Delta\varphi_2$ бұрыштарының мәндері мен олардың жиынтығы анықталады:

$$\Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 \quad (1)$$

Білдектің призматикалық бағыттауышы бұрышының мәні тең болады

$$\varphi_{\text{тұз}} = \varphi_{\text{қим}} + \Delta \quad (2)$$

V-тәрізді беттер үшін сызба бойынша әдетте бұрыштық мәндері кейбір жағдайда оның бөліктерінің бұрыштарының мәндері де қойылады. Егер өс V-тәрізді бетті екі тең бөлікке бөлетін болса, онда бұрыштың мәнін бір бақылаушы сызғышпен өлшеп анықтауға болады. 2-суретте бір бақылаушы сызғышпен өлшеу схемасы көрсетілген.

Бақылаушы сызғыш қателіктері бар болған жағдайда жоғарыда көрсетілгендей бақылаушы сызғыштың қасқалы өзінің теориялық орнынан ауытқиды. Бұл жағдайда h_1 және h_2 (2, в-сурет) ауытқулары келесі жиынтық көрінісінде болады:

$$h_1 = \Delta_{\text{нұс}} + Ltg \quad (3)$$

Өлшеу дәлдігіне жоғары талап қойылған кезде сағат типтес индикатордың Δu немесе басқа өлшеуші құралдың жылжуының *OX* өсіне (3, *a* және *b* сурет) қатысты параллелдігінің де әсерін ескерген жөн болады. Онда (3) формуласы жылжу қателігін есепке алғанда келесі көрініске ие болады:

$$h_1 = \Delta_{\text{нұс}} + Ltg \frac{\Delta\varphi}{2} \pm \Delta \quad (4)$$

Бақылаушы сызғыштың орын ауысуы кезінде h_2 мәні келесіге тең болады:

$$h_2 = \Delta_{\text{нұс}} + Ltg \frac{\Delta\varphi}{2} \pm \Delta \quad (5)$$

Егер өлшеу тек қана бақылаушы сызғыштың орын ауысуымен ғана орындалатын болса, онда h_1 және h_2 жиынтық мәні келесіге тең болады:

$$h_{\Sigma} = h_1 + h_2 = 2 \left(\Delta_{\text{нұс}} + Ltg \frac{\Delta\varphi}{2} \right) + (\Delta u_1 - \Delta) \quad (6)$$

Токарлық білдектері тұғырының призматикалық бағыттауышы бұрышын өлшеу үшін келесі жұмыстардың орындалуы қажет:

1. Бақылаушы сызғыштың көмегімен қимаұлгінің V-тәрізді бетінің бұрышын $\pm 1'' - \pm 5''$ дәлдікпен өлшеу.
2. Қимаұлгі үшін бөлектеу құны $\pm 0,001$ мм болған тіреуіш даярлау.
3. Қимаұлгіні тұғыр бағыттауышына жатқызу. H арақашықтықта Δ саңылауды өлшеу.
4. Саңылау бұрышын келесі формуламен анықтау:

$$\operatorname{tg} \Delta \varphi = \frac{\Delta}{H}$$

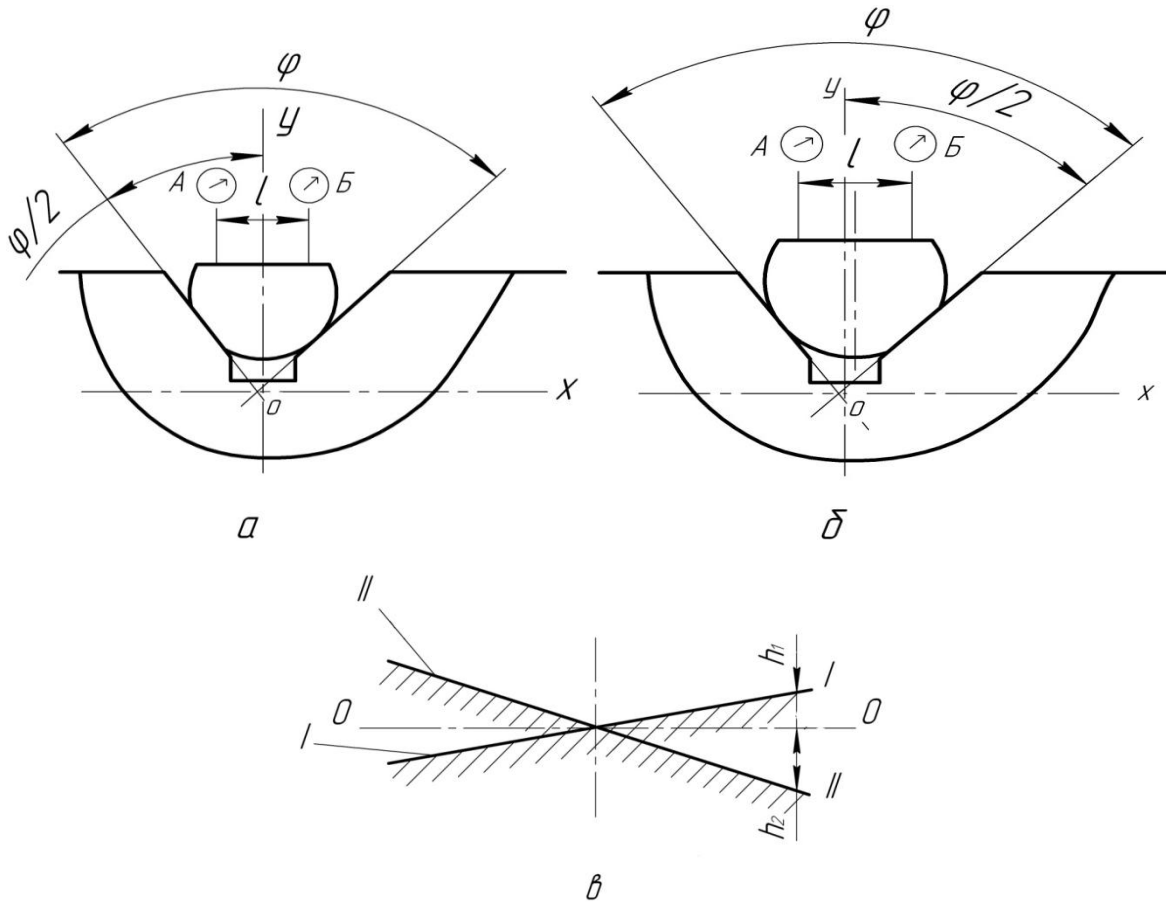
5. Тұғыр бағыттауышы призмасының бұрышын келесі формула бойынша анықтау:

$$\varphi_{\text{тұз}} = \varphi_{\text{қым}} + \Delta \varphi$$

Түйін

- ғылыми зерттеу және есептеу жұмыстарының нәтижесі қимаұлгінің өлшеу қателігінің жиынтығы $5'' - 10''$ болғанда, функционалдық байланысты беттерді өңдеу кезінде алынатын әліптің мәнін 10-20 есеге дейін кеміту мүмкін екендігін көрсетті;

- орындалған ғылыми зерттеу тәжірибелері метал-кесуші білдектердің функционалдық байланысты беттерінің орналасу дәлдігін метрологиялық қамтамасыз етудің жаңа әдістерін жобалау арқылы ФББ өлшеудің және олардың өлшемдерін қоюдың жаңа жүйесін ұсынуға негіз болды.



2-сурет. V – тәрізді бетті бір бақылаушы сызғышпен өлшеу схемасы: а, б – бір және басқа бетке қатысты бақылаушы сызғыштың орналасу схемасы; в – бақылаушы сызғыш қасқалының а және б жағдайындағы екі салыстырмалы схемасы

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Проектирование технологии / Под ред. Ю.М. Соломенцова. М.: Машиностроение, 1990. 416 с.
2. Покровский Б.С. Основы технологии сборочных работ. М.: АКАДЕМИА, 2004. 320с.

Раздел 3

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности

УДК 622.831

**В.Ф. ДЕМИН,
С.К. ТУТАНОВ,
В.В. ДЕМИН,
В.В. ЖУРОВ,
Т.В. ДЕМИНА**

Проявления горного давления в вентиляционной выемочной выработке при технологии очистных работ с возвратноточной схемой проветривания

В настоящее время на больших глубинах разработки угольных пластов в Карагандинском бассейне кратность перекрепления выемочных выработок достигает величины 2, 3 и даже 4. С увеличением глубины ведения горных работ, возрастают затраты на проведение и поддержание выработок, величина горного давления, при незначительном росте прочности пород.

В целом, расходы на поддержание горных выработок растут с ростом глубины и составляют от общих расходов на малых глубинах 4-5 %, а на больших – до 15 %.

Основная цель системы крепления – мобилизация и сохранение свойственной данному массиву прочности с тем, чтобы он становился самоподдерживающимся.

Углубление горных работ (до 800-900 м, таблица) ухудшило состояние пластовых выемочных выработок, 15-25 % которых ежегодно ремонтируется. Причем трудоемкость поддержания выработок резко растет с глубиной разработки (с 500 до 800 м – с 550 до 2000 чел./смен на 1 км).

Опорное давление от очистных работ распространяется на значительных расстояниях впереди забоя (10-50 м) и на краевых областях (до 15-20 м), где располагаются выемочные выработки.

Влиянию очистных работ постоянно подвергаются 25-45 % общей протяженности подготовительных выработок.

Таблица 1

Глубины разработки угольных пластов

Участки по районам, шахты	Существующая глубина разработки, м	Перспективная глубина разработки, м
Промышленного участка	650-810	750-910
Саранского участка	540-640	640-740
Центрального участка Шерубай-Нуринского района	570-600	600-670
Долинского и Караджаро-Шаханского участков	540-600	600-650
Тентекского района	540-600	600-650

Целью выполненных исследований являются создание прогрессивной технологии проведения выемочных горных выработок на базе выявленных закономерностей поведения горных пород, оптимизация параметров технологических схем подготовительных работ, обеспечивающих повышение эффективности функционирования

подземного горного производства. Идея исследований заключается в использовании техногенного напряженно-деформированного состояния для разработки эффективной технологии крепления приконтурного горного массива.

Вопрос устойчивости горных выработок при возрастании горного давления и увеличении напряженно-деформированного состояния массива имеет прикладное значение в современных условиях.

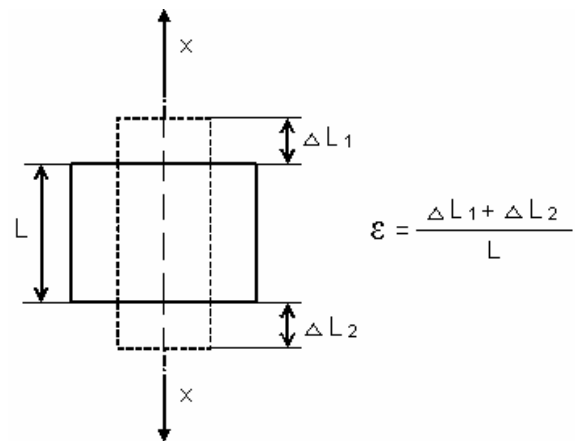
Существуют геомеханические отличия поведения массива горных пород в выработках, закрепленных рамной и анкерной крепью. Установленная в выработке рамная крепь (например, из спецпрофиля) оказывает влияние на смещения, но не влияет на физические свойства массива. Штанговая крепь изменяет прочностные характеристики вмещающих пород, увеличивая сцепление слоев при их стягивании и заполнении шпуров связующим материалом и является активной при перераспределении напряжений вокруг выработки, играя ту же роль, что и коэффициент бокового отпора.

Контуры подготовительной выработки являются несущими элементами технологического сооружения. Важной задачей является определение напряженно-деформированного состояния (НДС) массива с учетом влияющих факторов на устойчивость горной выработки. В качестве расчетной схемы выбрана прямоугольная плоскость, находящаяся в плоско-деформированном состоянии и разбивающаяся сеткой треугольных элементов с соответствующими граничными условиями. Задача решена методом конечных элементов.

Исследовались проявления горного давления с установлением степени влияния технологических факторов с использованием метода конечных элементов. Рассматривается случай плоской деформации с установлением напряжений на боковые стенки, кровлю и почву выработки (по оси Z, направленной вдоль оси выработки $E_z=0$).

Моделировалась технологическая схема очистных работ с возвратноточным проветриванием для условий пласта k_{10} шахты «Абайская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» при длине лавы 200 м до её прохода с использованием анкерной крепи (рис. 1).

В соответствии с методикой расчетов первоначально определялись смещения отдельных элементов в вертикальной (U_y) и горизонтальных (U_x) плоскостях, по которым устанавливались соответствующие деформации (нормальные E_x , продольные E_y и касательные j_{xy}).



Согласно закону Гука (теории упругости):

$$\varepsilon = \frac{\delta}{A}; \left\{ \begin{aligned} \varepsilon_{\delta} &= \frac{1}{A} [\delta_{\delta} - \nu(\delta_{\delta} + \delta_z)]; \\ \varepsilon_{\delta} &= \frac{1}{A} [\delta_{\delta} - \nu(\delta_{\delta} + \delta_z)]; \\ 0 &= \frac{1}{A} [\delta_z - \nu(\delta_{\delta} + \delta_{\delta})]. \end{aligned} \right.$$

По деформациям рассчитываются напряжения нормальные $\bar{\sigma}_x$, продольные $\bar{\sigma}_y$ и касательные j_{xy} .

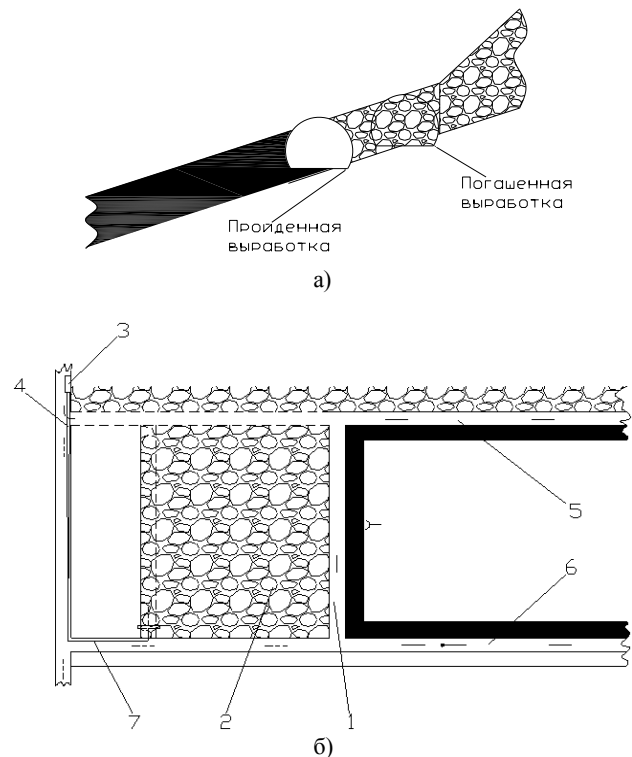


Рис. 1. Технологическая схема очистных работ: а – разрез; б – план: 1 – лава; 2 – выработанное пространство; 3 – камера смещения; 4 – трубопровод для изолированного отвода метана; 5 – вентиляционная выработка; 6 – конвейерная выработка; 7 – дегазационный газопровод

На рис. 2,а представлена общая картина вертикальных напряжений ($\bar{\sigma}_y$) с пространством между выработками с зоной растяжения $\bar{\sigma}_y=5,0$ МПа.

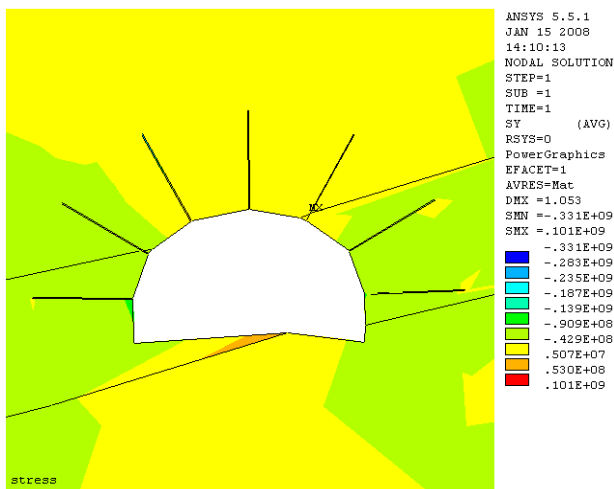
На рис. 3,а показана вентиляционная выработка, закрепленная анкерами со стороны выработанного

пространства вышележащего столба, задавлена растягивающими напряжениями с кровли ($\sigma_y = 5,0$ МПа) и поддута с почвы ($\sigma_y = 5,3$ МПа), со стороны лавы сохраняет относительную устойчивость, при сжимающих напряжениях $\sigma_y = 43-90$ МПа. Вертикальные смещения (U_y) в кровле выработки составляют 1,0 м, в боках – 0,7-0,8 м, в почве – 0,6 м. Горизонтальные смещения (U_x) со всех сторон 0,35 м. Таким образом, анкерное крепление даже до подхода лавы не выдерживает действующего давления и требует установки усиления крепления.

Конвейерная выработка (рис. 2,б), закрепленная анкерной крепью, до подхода лавы сохраняет устойчивость при растягивающих напряжениях $\sigma_y = 5$ МПа в кровле (почве) и напряжениях сжатия $\sigma_y = 50$ МПа в боках выработки.



а)



б)

Рис. 2. Проявления горного давления в вентиляционной выемочной выработке (разрезы вкост продирания) по: а – длине лавы (σ_y); б – конвейерной выработке (σ_y)

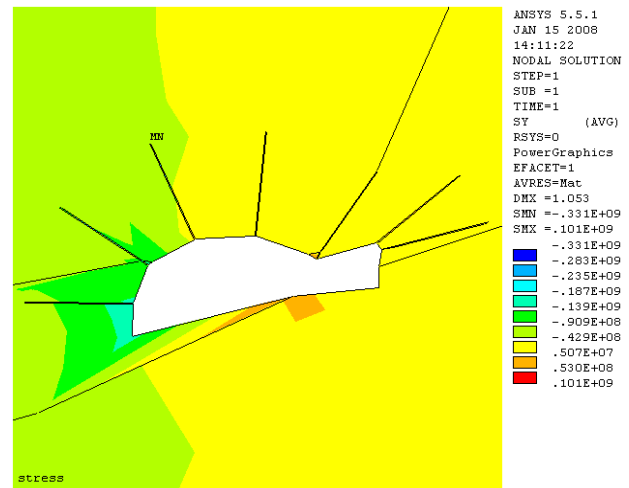
Проведенные исследования по установлению влияния управляемости пород кровли пласта (соотношения мощности пород непосредственной кровли к вынимаемой мощности пласта) для металлоарочной и анкерной крепей, которые показали, что в целом с ростом мощности пород непосредственной кровли все напряжения имеют неинтенсивную динамику роста.

При любой из рассматриваемых видов крепи горной выработки с улучшением управляемости вмещающих пород напряжения в массиве растут по линейной зависимости. Причем вертикальные

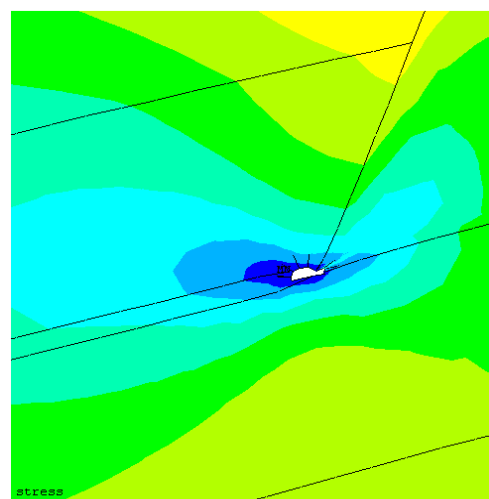
напряжения (σ_y) растут незначительно при арочной и при анкерной крепях и близки по величине.

Продольные напряжения (σ_x) при арочной крепи, по сравнению с анкерной, меньше в два раза, а касательные – больше в четыре раза. Для металлоарочной крепи большие значения характерны для касательных напряжений ($t_{xy} = 120-140$ Па), а для анкерной – продольных напряжений ($\sigma_x = 60-70$ Па) с примерно одинаковой величиной их соответствующих сопутствующих напряжений в диапазоне 30-40 Па и минимальны нормальные напряжения (3-10 Па) (рис. 4).

Моделировалось НДС приконтурного массива горных пород вокруг выработки с изменением длины и диаметра анкерной крепи. Изучено влияние длины анкера на характер изменения напряжений в массиве. На касательные напряжения длина анкера (в диапазоне 1,8-2,4 м) не оказывает существенного влияния, а вертикальные и продольные напряжения растут по не ярко выраженной зависимости с увеличением длины анкера.



а)



б)

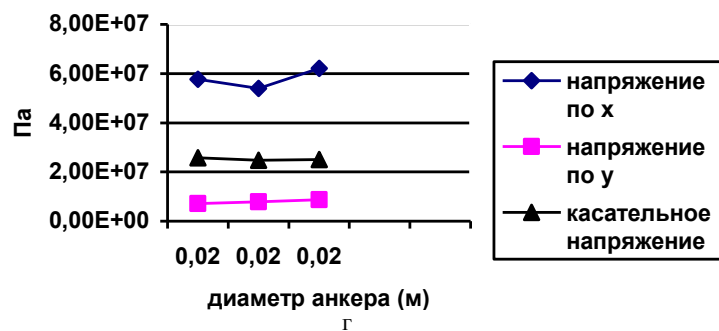
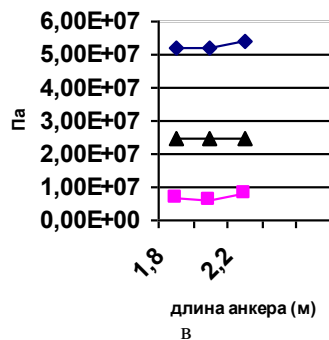
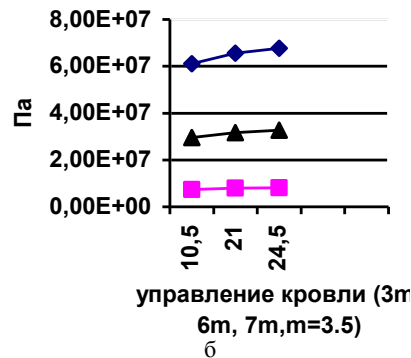
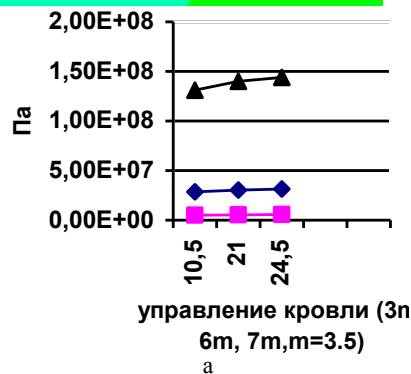
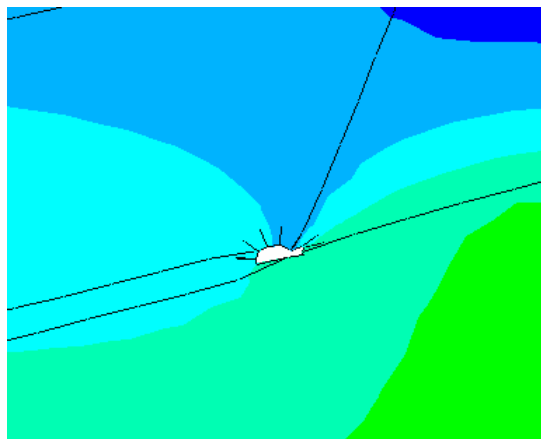


Рис. 4. Влияние управляемости пород кровли на величину напряжений, возникающих вокруг контура выработки, закрепленной металлоарочной (а) и анкерной (б) крепью с изменением ее длины (в) и диаметра (г) стержня – анкера

Установлено, что в обоих случаях с ростом длины анкера (с 1,8 до 2,2 м) и его диаметра (0,02-0,024 м) более значительны продольные напряжения (55-60 Па) с тенденцией их повышения. Касательные напряжения практически неизменны (25 Па) в рассматриваемом диапазоне, а нормальные напряжения незначительно растут по линейной зависимости (от 5 до 10 Па) (рис. 4в и 4г).

Проведенные исследования позволили установить степень влияния технологических факторов разработки на эффективность применения металлоарочного и анкерного крепления выемочных выработок

Выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния угля

породных массивов (смещений, напряжений, зон трещинообразования) в зависимости от основных горно-геологических и горно-технических факторов позволяют в конкретных условиях эксплуатации устанавливать параметры крепления для повышения устойчивости подготовительных горных выработок. Это позволит разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии эффективного и безопасного проведения горных выработок на пологих и наклонных угольных пластах, адаптивных к изменяющимся горно-геологическим и горно-техническим условиям эксплуатации.

УДК 622.271
В.Н. ДОЛГОСОВ

Исследование деформации ползучести
глинистых грунтов

Испытания различных видов глинистых грунтов [1] показали, что скорость вязкопластических деформаций определяется в первую очередь степенью приближения к предельному состоянию. Под показателем степени приближения к предельному состоянию (уровнем загрузки) будем понимать отношение

$$\omega = \tau / \tau_{\text{дог}}, \quad (1)$$

где τ и $\tau_{\text{раз}}$ – соответственно действующее и разрушающее значения касательных напряжений, МПа.

При испытаниях образцов горных пород на стабилометре в рабочей камере создается объемное напряженное состояние, характеризующееся двумя главными напряжениями: $\sigma_z = \sigma_1 = \sigma_{\text{max}}$, $\sigma_{xy} = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_{\text{min}}$.

В соответствии с методикой проведения испытаний, в рабочей камере стабилометра создавалось гидростатическое напряженное состояние $\sigma_z = \sigma_{xy}$, в котором образец выдерживался до полной консолидации 2-3 суток. Затем ступенями снималась боковая нагрузка и при помощи индикатора замерялась вертикальная деформация. Каждая ступень боковой нагрузки выдерживалась до затухания деформаций, в качестве критерия затухания принята скорость вертикальной деформации $d\varepsilon / dt = 0,01$ мм/сутки.

Определим напряженное состояние на площадках скольжения, которые в соответствии с теорией предельного равновесия ориентированы под углом $\mu = (45^\circ - \rho/2)$, а нормаль к площадке скольжения ориентирована соответственно под углом $\varepsilon = (45^\circ + \rho/2)$ к главной вертикальной оси Z. Для любой наклонной площадки по отношению к главным направлениям нормальная и касательная составляющие напряжения будут равны

$$\sigma_N = \sigma_1 l^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_3 n^2,$$

$$\tau_N^2 = p_N^2 - \sigma_N^2 = \sigma_1^2 l^2 + \sigma_2^2 m^2 + \sigma_3^2 n^2 - (\sigma_1 l^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_3 n^2)^2, \quad (2)$$

где $l = \cos \alpha$, $m = \cos \beta$, $n = \cos \gamma$ – направляющие косинусы нормали к площадке скольжения.

Нормаль составляет углы α , β и γ с координатными осями z, x и y.

В соответствии с рис. 1, направляющие косинусы равны $l = \cos \varepsilon$; $m = \cos \mu$; $n = \cos 0 = 0$.

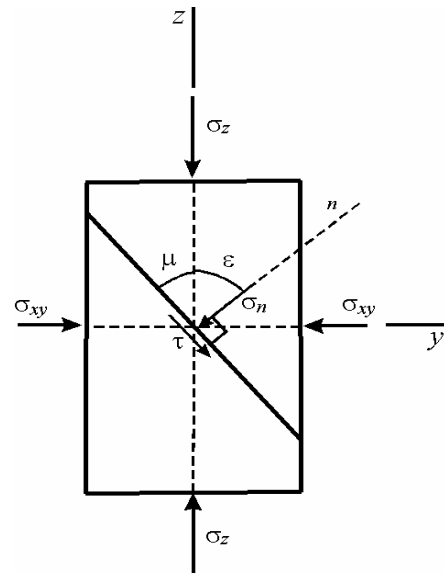


Рис. 1. Схема напряженного состояния образца в рабочей камере стабилометра

В силу симметрии задачи относительно вертикальной главной оси Z направляющие косинусы m и n могут быть выбраны произвольно при соблюдении условия косинусов: $l^2 + m^2 + n^2 = 1$. Легко убедиться, что $\cos^2 \varepsilon + \cos^2 \mu = 1$,

Следовательно, m и n связаны между собой соотношением $m^2 + n^2 = \cos^2 \mu$.

Подставляя в формулу (2), находим

$$\sigma_n = \sigma_z \cdot \cos^2 \varepsilon + \sigma_{xy} \cdot \cos^2 \mu;$$

$$\tau_n^2 = \sigma_z^2 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sigma_{xy}^2 \cdot \cos^2 \mu - (\sigma_z \cdot \cos^2 \varepsilon + \sigma_{xy} \cdot \cos^2 \mu)^2. \quad (3)$$

Уменьшение боковой нагрузки приводит к росту касательных напряжений, действующих на площадках скольжения. При снижении боковой нагрузки происходит увеличение скорости деформаций, а при определенном значении σ_{xy} происходит разрушение образца. Снятие боковой нагрузки осуществлялось ступенями: сначала $0,1\sigma_z$, а ближе к фазе разрушения – $0,05\sigma_z$.

Если в качестве критерия прочности принять теорию предельного равновесия, то показатель степени приближения к предельному состоянию (1) может быть выражен через напряжения, действующие на площадке скольжения, и прочностные характеристики породы.

$$\omega = \frac{\tau_n}{\tau_{i\partial\partial\partial}} = \frac{\tau_n}{\sigma_n \cdot \operatorname{tg} \rho + k}, \quad (4)$$

где k – сцепление породы в образце, МПа;

ρ – угол внутреннего трения, градус.

В работах [1, 2] рекомендуется применять степенную и экспоненциальную зависимости скорости деформаций от показателя степени приближения к предельному состоянию ω

$$\dot{\varepsilon} = B(t) \cdot \exp(\lambda \omega), \quad \dot{\varepsilon} = R(t) \cdot \omega^n, \quad (5)$$

где $B(t), R(t)$ – коэффициенты скорости деформаций – положительные убывающие функции времени, отсчитываемые от начала процесса ползучести, асимптотически стремящиеся к предельным значениям $B(\infty), R(\infty)$;

λ, n – константы, определяемые опытным путем.

Результаты испытаний образцов подрудных глин Тургайского месторождения: внешние нагрузки, напряженное состояние на площадках скольжения, фактические и предельные значения касательных напряжений, скорость деформирования образца приведены в табл. 1.

Таблица 1

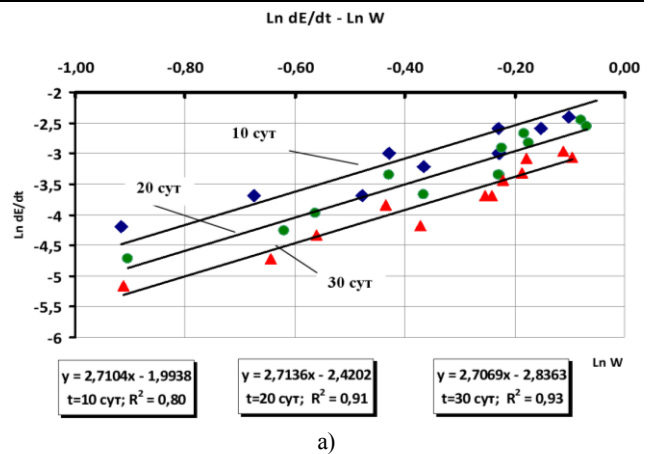
Результаты испытаний на стабилометре

σ_z , МПа	σ_{xy} , МПа	σ_n , МПа	τ , МПа	$\tau_{пред}$, МПа	ω	$\dot{\varepsilon}$, мм/сут	$\ln \dot{\varepsilon}$	$\ln \tau$	$\ln \omega$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Опыт 1									
2,0	1,30	1,551	0,336	0,659	0,509	0,025	-3,69	-1,092	-0,675
	1,10	1,422	0,432	0,621	0,694	0,040	-3,22	-0,841	-0,365
	1,00	1,358	0,479	0,602	0,796	0,050	-3,00	-0,735	-0,228
	0,90	1,294	0,527	0,583	0,904	0,075	-2,59	-0,640	-0,101
	0,83	1,249	0,561	0,570	0,984	0,200	-1,61	-0,578	-0,016
Опыт 2									
1,6	0,90	1,151	0,336	0,541	0,621	0,025	-3,69	-1,092	-0,477
	0,75	1,054	0,408	0,512	0,795	0,050	-3,00	-0,898	-0,229
	0,70	1,022	0,432	0,503	0,858	0,075	-2,59	-0,841	-0,153
	0,60	0,958	0,479	0,484	0,991	0,200	-1,61	-0,735	-0,009
Опыт 3									
1,2	0,80	0,943	0,192	0,479	0,400	0,025	-3,69	-1,652	-0,916
	0,60	0,815	0,288	0,441	0,652	0,050	-3,00	-1,246	-0,428
	0,50	0,751	0,336	0,422	0,795	0,075	-2,59	-1,092	-0,230
	0,40	0,686	0,384	0,403	0,951	0,200	-1,61	-0,958	-0,050

Для обработки экспериментальных данных удобно прологарифмировать формулы (5), приведя их к линейному виду

$$\ln \dot{\varepsilon} = \ln B + \lambda \cdot \omega, \quad \ln \dot{\varepsilon} = \ln R + n \cdot \ln \omega. \quad (6)$$

В соответствии с методикой обработки экспериментальных данных [2] для фиксированных моментов времени строим изохронные прямые уравнений (6) в координатах $\ln \dot{\varepsilon} - \ln \omega$ и $\ln \dot{\varepsilon} - \omega$ (рис. 2).



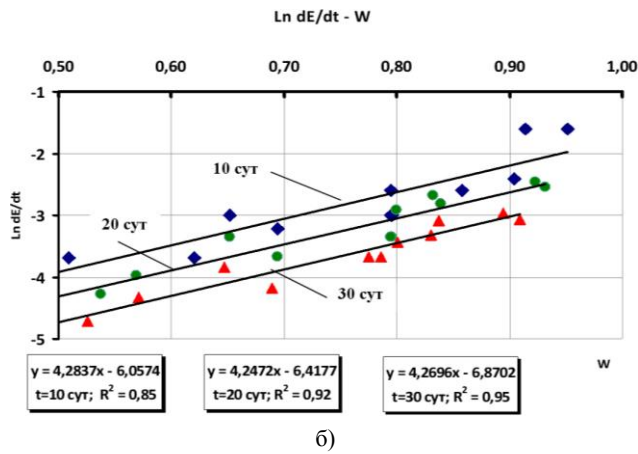


Рис. 2. Изохронные прямые в логарифмических координатах: а) зависимость $\ln \dot{\varepsilon} = \ln R + n \cdot \ln \omega$; б) зависимость $\ln \dot{\varepsilon} = \ln B + \lambda \cdot \omega$

Из полученных в логарифмических координатах зависимостей определяем эмпирические константы уравнений и функций (табл. 2).

Коэффициенты скорости деформаций $B(t)$, $R(t)$ могут быть определены непосредственно по изохронным диаграммам (рис. 3) либо описаны монотонно убывающими функциями времени.

Таблица 2

Значения функций $B(t)$ и $R(t)$

t , сут	$\ln R(t)$	$R(t)$	$\ln B(t)$	$B(t)$
	$\dot{\varepsilon} = R(t) \cdot \omega^n$		$\dot{\varepsilon} = B(t) \cdot \exp(\lambda \omega)$	
10	-1,994	0,136	-6,057	0,0023
20	-2,420	0,089	-6,418	0,0016
30	-2,836	0,059	-6,870	0,0010

По опытным данным выразим функции $B(t)$ и $R(t)$ степенными зависимостями вида

$$B(t) = 0,0126 \cdot t^{-0,72}; \quad R(t) = 0,785 \cdot t^{-0,75}. \quad (7)$$

С учетом полученных обработанных экспериментальных данных значений констант $\lambda = 4,27$ и $n = 2,71$ и зависимостей (7) формулы (5) примут вид

$$\dot{\varepsilon} = 0,0126 \cdot t^{-0,72} \cdot \exp(4,27 \omega), \quad \dot{\varepsilon} = 0,785 \cdot t^{-0,75} \cdot \omega^{2,71}. \quad (8)$$

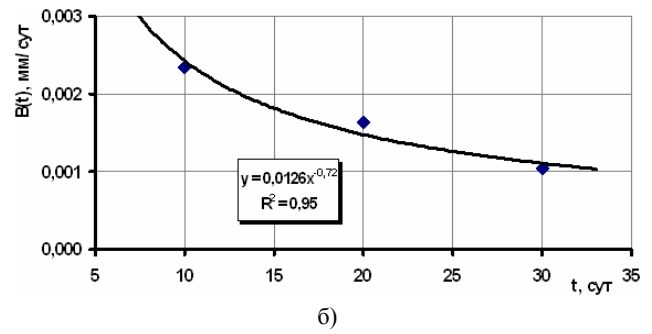
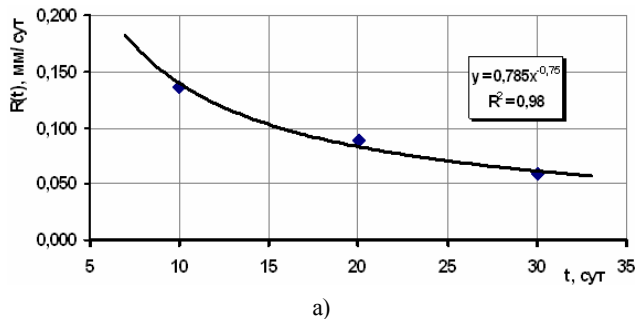


Рис. 3. Функции скорости деформаций: а) для степенной функции $R(t)$; б) для экспоненциальной функции $B(t)$

Интегрируя выражения (8), получим уравнения ползучести для каждого уровня загрузки ($\omega = \text{const}$):

$$\varepsilon = 0,0126 \cdot \exp(4,27 \omega) \cdot \int_0^t t^{-0,72} dt = 0,045 \cdot \exp(4,27 \omega) \cdot t^{0,28} + \varepsilon_0, \quad (9)$$

$$\varepsilon = 0,785 \cdot \omega^{2,71} \cdot \int_0^t t^{-0,75} dt = 3,14 \cdot \omega^{2,71} \cdot t^{0,25} + \varepsilon_0. \quad (10)$$

Постоянную интегрирования ε_0 определим из начального условия: при $t = 0$, $\varepsilon = 0$. Откуда находим $\varepsilon_0 = 0$.

Величины вертикальных деформаций образца для различных периодов и уровней загрузки, вычисленные по формуле (9), приведены в табл. 3.

Таблица 3

Величины вертикальных деформаций

t , сут	Уровень загрузки, ω					
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
10	0,201	0,309	0,473	0,725	1,111	1,703
20	0,245	0,375	0,574	0,880	1,349	2,068
30	0,274	0,420	0,644	0,986	1,512	2,317
40	0,297	0,455	0,698	1,069	1,639	2,511
50	0,316	0,484	0,743	1,138	1,744	2,673

Изохронные графики вертикальных деформаций в камере стабилометра и кривые ползучести представлены на рис. 4.

Изучение реологических свойств горных пород по данным лабораторных испытаний на ползучесть заключается в выборе вида эмпирического уравнения ползучести и в определении параметров этого уравнения. Экстраполяция данных лабораторных испытаний на сроки, которые на несколько порядков превышают продолжительность испытания, может привести к большим ошибкам. Эта работа требует особой тщательности и глубокого анализа.

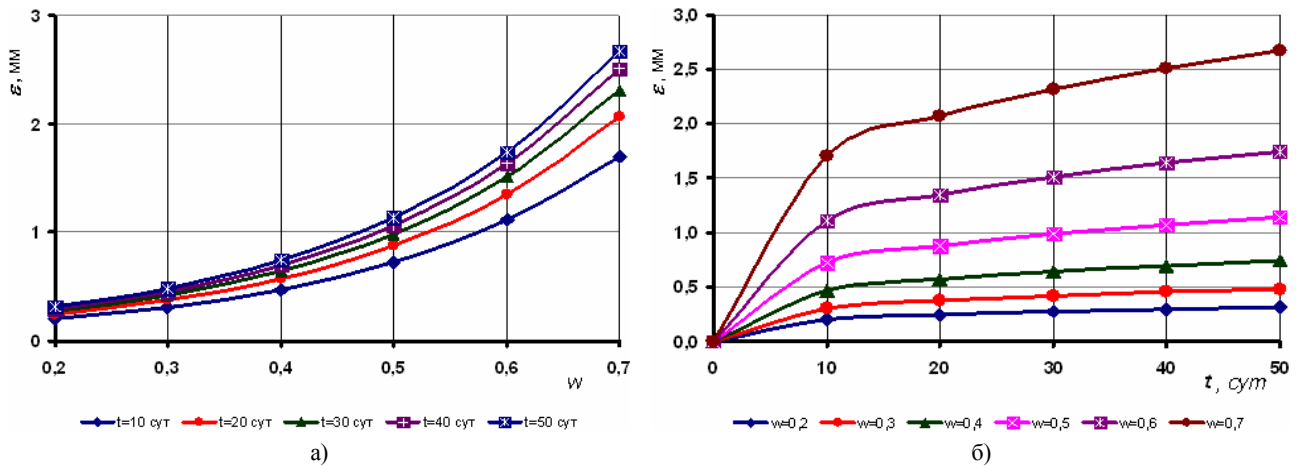


Рис. 4. Графики деформаций ползучести: а) изохронные линии вертикальных деформаций; б) кривые ползучести

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов: учеб. пособие. М.: АСВ, 2005. 488 с.
2. Вязлов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа, 1978. 447 с.

УДК 622.23.05: 622.235

Б.М. КЕНЖИН

Результаты исследования гидравлического сейсмоисточника в режиме прямоугольного импульса

Областью применения подобных источников могут быть исследования по установлению тектонических нарушений угольных пластов. Общеизвестно, что при наличии подобных нарушений возникает реальная угроза техногенных катастроф от внезапных выбросов угля и газа при проведении добычных работ.

Сейсмоисточник предназначен для генерирования и передачи на объект воздействия сигналов заданной формы и частоты при исследованиях нарушения однородности объекта. Для установления рациональных параметров произведены аналитические исследования режимов движения сейсмоисточника.

Оценка показателей источника проведена с использованием критериев оценки: коэффициента использования мощности η , представляющего собой отношение работы возмущающей силы EV и энергии, рассеиваемой в объекте воздействия за время действия силы EC . Такой подход к решению задачи не нов [1], однако схемы, подобные исследуемой, рассматриваются впервые.

После решения математической модели, приведенной в [1], имеем:

$$EV = \int_0^{t_1} P_{0j} \sin(\omega t) \cdot A_j \omega \cos(\omega t - \varphi) dt; j = 1, 2, 3 \dots (1)$$

Для получения выражения рассеиваемой работы реакцию объекта воздействия представим в виде:

$$R_c = -(m_c \ddot{x}_1 + H_c \dot{x}_1 + C_c x_1). (2)$$

После преобразования и интегрирования в интервале от 0 до t_1 получим:

$$EC = \int_0^{t_1} R_c(t) \cdot A_j \omega \cos(\omega t - \varphi) dt; j = 1, 2, 3 \dots (3)$$

В этом случае величина коэффициента использования мощности определяется как:

$$\eta = \frac{\int_0^{t_1} P_{0j} \sin(\omega t) \cdot A_j \omega \cos(\omega t - \varphi) dt}{\int_0^{t_1} R_c(t) \cdot A_j \omega \cos(\omega t - \varphi) dt}. (4)$$

Полученные выражения проанализированы численными методами для различной формы управляющего сигнала. В качестве исходных данных использованы:

а) показатели взаимодействия виброисточника с объектом воздействия: $r_1 = 10$ м – радиус излучающей платформы; $\rho = 3 \cdot 10^3$ кг/м³ – плотность массива; $V_s = 3,5 \cdot 10^3$ м/с и $V_p = 6 \cdot 10^3$ м/с – соответственно скорости распространения поперечных и продольных волн;

б) выходные показатели виброисточника: $\omega = 1-5$ Гц; $P_0 = 10^7-10^8$ Н.

Выражения (1), (2) и (3) показывают, что величины выходных показателей во многом определяются законом изменения управляющего воздействия возмущающей силы (формой импульса, амплитудой, частотой и скважностью).

Для оценки степени влияния формы импульса произведено решение математической модели, состоящей из уравнений (1)-(3). При этом возможны три наиболее распространенные формы импульса: прямоугольная, синусоидальная, треугольная и пилообразная.

Проанализируем результаты вычислений для прямоугольной формы изменения управляющего сигнала.

Для этого в первую очередь установим пределы изменения величины коэффициента жесткости гидросистемы. Для исходных данных, определяемых областью использования источника, этот предел равен $\tilde{N}_i^{\max} = 0,7 \cdot 10^{14}$ Н/м. В качестве нижнего предела установим $\tilde{N}_i^{\min} = 0,3 \cdot 10^{14}$ Н/м. В случае необходимости границы исследуемого интервала могут быть расширены или сужены.

Анализируемые параметры оказывают влияние на выходные показатели виброисточника. Один из них - генерируемая сейсмическая энергия EV . Для установления рациональных величин коэффициента жесткости C_H и возмущающей силы P_0 проведем графический анализ.

Зависимости генерируемой энергии EV от величины возмущающей силы P_0 приведены на рис. 1.

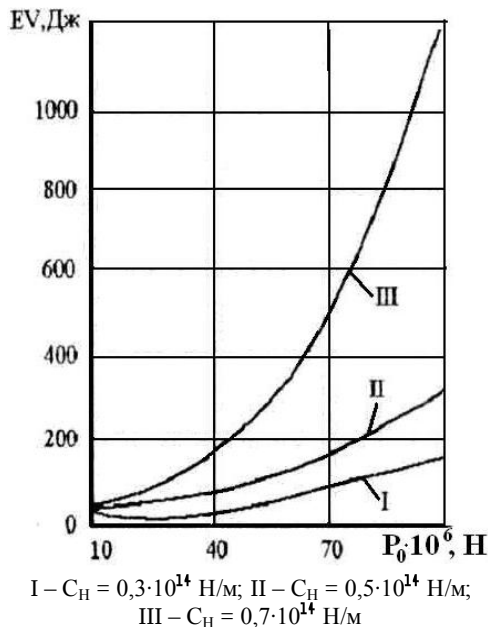


Рис. 1. Зависимости генерируемой энергии EV от величины возмущающей силы P_0

Из приведенных зависимостей видно, что наиболее интенсивное увеличение энергии наблюдается при увеличении силы более $P_0 = 4 \cdot 10^7$ Н и $C_H = 0,5 \cdot 10^{14}$ Н/м. Для выбора рациональной величины коэффициента жесткости используем зависимости генерируемой энергии EV от коэффициента жесткости C_H , которые приведены на рис. 2.

Очевидно, что параметры источника должны удовлетворять условию максимальной величины генерируемой энергии. Для анализа рассмотрим два интервала значений жесткости. При возрастании коэффициента в пределах $(0,3-0,5) \cdot 10^{14}$ Н/м энергия возрастает от (1,7-170) Дж до (3-300) Дж, т.е. в 1,76 раз. Такое же увеличение коэффициента в пределах $(0,5-0,7) \cdot 10^{14}$ Н/м приводит к возрастанию энергии от (3-300) Дж до (12-1200) Дж, т.е. в 4 раза.

Следовательно, внимания заслуживает область при $C_H = (0,5-0,7) \cdot 10^{14}$ Н/м.

Энергетические показатели источника оцениваются коэффициентом использования мощности η . Для оценки его величины воспользуемся зависимостями КПД от коэффициента жесткости C_H , приведенными на рис. 3.

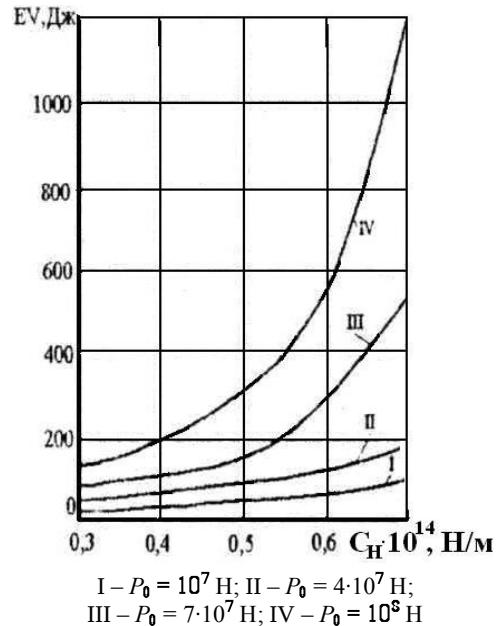


Рис. 2. Зависимости генерируемой энергии EV от коэффициента жесткости гидросистемы C_H

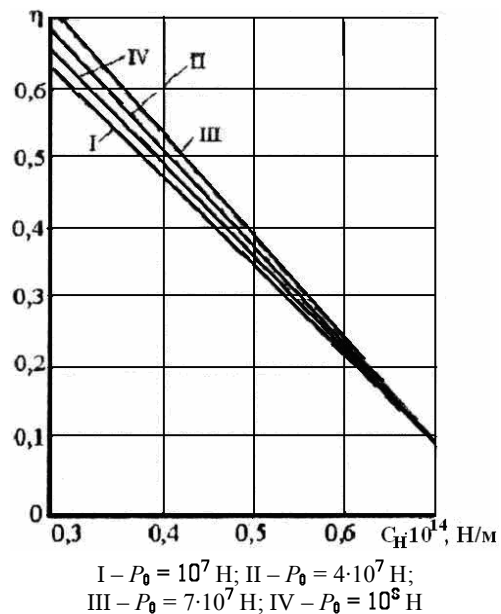


Рис. 3. Зависимости коэффициента использования мощности η от коэффициента жесткости гидропривода

Величина η линейно снижается при увеличении жесткости гидросистемы. Причем на нее практически не оказывает влияния величина возмущающего усилия. Это влияние может быть установлено с помощью зависимостей, приведенных на рис. 4.

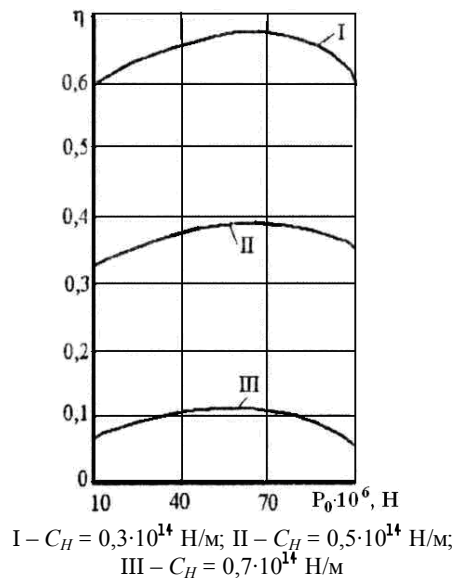


Рис. 4. Зависимости коэффициента использования мощности η от величины возмущающей силы

Зависимости показывают, что имеется выраженный максимум коэффициента использования мощности, который лежит в пределах $P_0 = (5-6) \cdot 10^7 \text{ н}$.

С точки зрения использования энергетических возможностей виброисточника интерес вызывают зависимости коэффициента использования мощности η от величины генерируемой энергии EV при фиксированных значениях жесткости гидропривода (рис. 5).

Зависимости, приведенные на рисунке, имеют ярко выраженный максимум, который определяет наиболее экономичный режим для определенной величины жесткости гидропривода. Наибольшие величины имеют место при наименьших значениях коэффициента C_H . Это может быть объяснено меньшими

долями

энергии, затрачиваемой на деформацию элементов гидропривода. Вместе с этим режимы с малыми величинами C_H имеют меньшие зоны изменений оперируемой энергии. Таким образом, можно рекомендовать режимы при $C_H = (0,3-0,5) \cdot 10^{14} \text{ Н/м}$ для малых величин генерируемой энергии, режимы $C_H = (0,5-0,7) \cdot 10^{14} \text{ Н/м}$ – для случаев, когда предъявляются требования повышенной энергии. Соединив точки максимальных значений для каждого из режимов, получим кривую, которая определит максимальные величины η для промежуточных значений C_H . Эти величины могут быть использованы при проектировании источника. При этом однозначных рекомендаций по выбору коэффициента жесткости нет. Выбор его должен производиться исходя из конкретных условий использования источника с учетом приведенных аналитических и графических зависимостей.

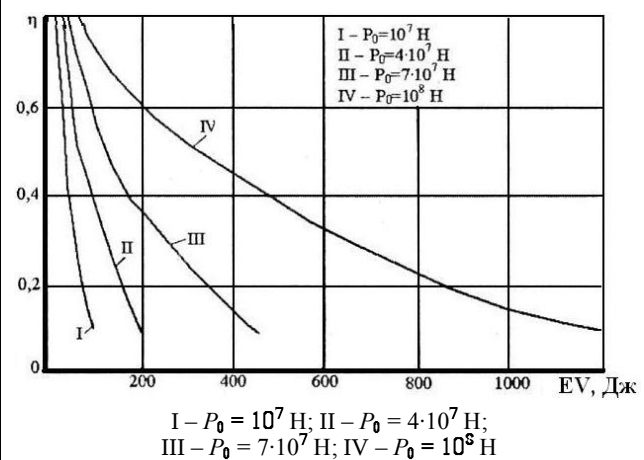


Рис. 5. Зависимости коэффициента использования мощности η от генерируемой энергии EV при фиксированных значениях жесткости гидропривода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичинин И.С. Вибрационное излучение сейсмических волн. М.: Недра, 1984. 224 с.

УДК 622.271

Н.Ф. НИЗАМЕТДИНОВ,
В.Н. ДОЛГОСОВ,
О.В. СТАРОСТИНА

Особенности напряженного состояния массива горных пород

Ненарушенный горный массив рассматривается как сплошная среда с непрерывными свойствами. Такие допущения необходимы для анализа напряженно-деформированного состояния с использованием математического аппарата теорий упругости, пластичности и ползучести, основных положений механики сплошной среды. Н.М. Герсевич (1948) показал, что горные породы можно рассматривать как формально сплошные среды [1].

Горный массив как полуплоскость находится в однородном поле распределенных гравитационных сил. Точные решения для упругих и пластических моделей горного массива могут быть найдены в

результате интегрирования системы дифференциальных уравнений равновесия с заданными граничными условиями. Аналитическое решение такого рода задач, как правило, является весьма сложным и не всегда может быть найдено. Построение решений может быть выполнено численными методами с привлечением методов конечных, граничных элементов, конечно-разностных схем при дискретизации исследуемой области горного массива и замены дифференциальных операторов линейными приращениями функций.

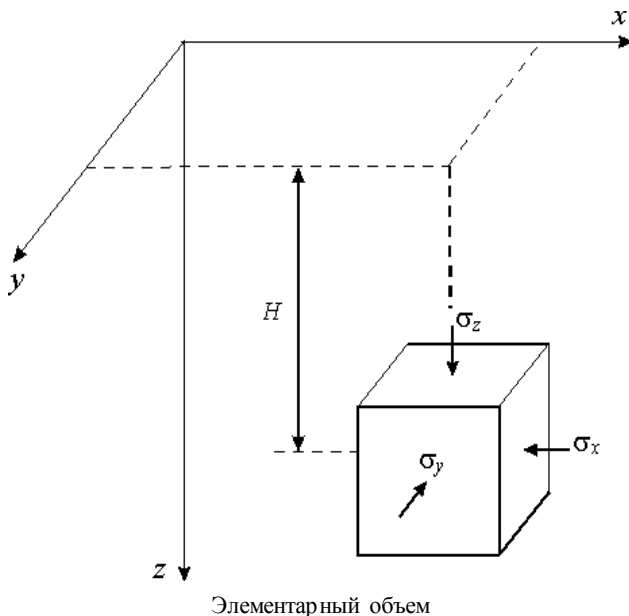
Формирование напряженного состояния горного массива определяется главным образом действием

гравитационных и тектонических сил. Основным фактором, определяющим напряжённое состояние массива горных пород, является глубина его залегания от поверхности, причём вертикальная компонента напряжения непосредственно обусловлена действием гравитационных сил. По мере увеличения глубины она возрастает. Силе тяжести противодействуют силы упругой и неупругой деформации, создающие равновесное состояние массива горных пород. На некоторых участках земной коры существенное влияние на напряжённое состояние оказывают тектонические силы.

Можно принять, что до некоторой глубины горные породы находятся в упругом состоянии, как пребывающее под действием собственного веса упругое полупространство, ограниченное сверху горизонтальной плоскостью. С достаточной точностью механическое поведение породного массива описывается законом Гука [2].

Для выполнения инженерных расчетов приняты упрощенные гипотезы напряженного состояния горного массива – это гипотезы о гидростатическом и негидростатическом напряженном состоянии. Они весьма просты и наглядны, дают удовлетворительные результаты при выполнении инженерных расчетов, которые подтверждаются на практике горного производства.

В массиве на глубине H выделяем элементарный объем (параллелепипед) с гранями, параллельными координатным плоскостям, со сторонами, равными единице (рис. 1).



В соответствии с гипотезой А.Н. Динника [3] по направлению оси z действуют сжимающие напряжения, численно равные весу вышележащих пород

$$\sigma_z = \gamma H, \quad (1)$$

где γ – объемный вес пород, Н/м^3 ;
 H – глубина залегания, м.

Так как параллелепипед находится в замкнутой упругой среде, то на его боковые грани будут действовать сжимающие напряжения

$$\sigma_x = \sigma_y = \lambda \gamma \cdot H, \quad (2)$$

где λ – коэффициент бокового распора.

Для упругой среды $\lambda = \frac{\mu}{1-\mu}$, где μ – коэффициент Пуассона.

Таким образом, рассматриваемый элементарный объем горной породы находится в условиях всестороннего сжатия, характеризующегося приведенными компонентами напряжений, которые являются главными напряжениями.

Тензор напряжений в точке ненарушенного массива имеет вид

$$T_i = \begin{bmatrix} \sigma_x & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda \gamma H & 0 & 0 \\ 0 & \lambda \gamma H & 0 \\ 0 & 0 & \gamma H \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Коэффициенты бокового распора и Пуассона для горных пород определяются экспериментально и изменяются в широких пределах.

Частный случай, когда $\mu = 0,5$, а коэффициент бокового распора $\lambda = 1$, называется гидростатическим напряженным состоянием ($\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z$). В этом случае напряженное состояние в точке массива характеризуется шаровым тензором напряжений

$$T_{i0} = \begin{bmatrix} \sigma_x & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma H & 0 & 0 \\ 0 & \gamma H & 0 \\ 0 & 0 & \gamma H \end{bmatrix}. \quad (4)$$

При достаточно больших глубинах возникают области пластических деформаций и гидростатического напряженного состояния. Для оценки такой глубины можно пользоваться соотношением [4]

$$\gamma H_{ie} = \frac{k \cdot \cos \rho}{1 - \sin \rho}, \quad (5)$$

где γ – средневзвешенное значение плотности пород, тн/м^3 ;

k – сцепление, тн/м^2 ;

ρ – угол внутреннего трения пород, град.

Если в результате тектонических процессов происходит сжатие слоя грунта в горизонтальном направлении и увеличение горизонтальных напряжений, тогда вертикальные напряжения будут равны

$$\sigma_z = \lambda \sigma_x \leq \gamma H.$$

Неравенство определяет условие равновесия элементарного породного столба. Таким образом, горизонтальные напряжения в ненарушенном массиве могут изменяться в пределах

$$\sigma_z / \lambda \geq \sigma_x = \sigma_y \geq \lambda \sigma_z, \text{ где } \sigma_z = \gamma H \quad (6)$$

Так как установить фактическое значение горизонтальных напряжений весьма трудно в сложных горно-геологических условиях при наличии тектонических и сейсмических напряжений, рекомендуется принимать шаровый тензор напряжений (4) для оценки напряженного состояния исходного массива даже при глубинах, меньших, чем установлено формулой (5).

Кроме того, напряженное состояние массива всегда стремится к минимуму потенциальной энергии. Поскольку эллиптическое напряженное состояние обладает большей энергией по сравнению с шаровым, то за длительный период существования породного массива вследствие реологических процессов напряжения стремятся к шаровому тензору [5].

При решении плоской задачи (в плоскости YOZ) при действии сил тяжести вдоль положительного направления оси OZ дифференциальные уравнения равновесия примут вид [6]

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = -g \cdot \gamma. \quad (7)$$

Полученная система уравнений один раз статически неопределима. Для раскрытия статической неопределенности к системе (7) добавим уравнение предельного равновесия, которое для плоской задачи имеет вид

$$\frac{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yz}^2}{(\sigma_z + \sigma_y + 2k \cdot ctg \rho)^2} = \sin^2 \rho. \quad (8)$$

Решение приведенной системы уравнений получено В.В. Соколовским и С.С. Голушкевичем [4, 6].

Производство горных работ, проведение горных выработок сопровождаются нарушением естественного (исходного) напряжённо-деформированного состояния породных массивов. В результате происходит перераспределение напряжений, которое вызывает деформации в окрестности поверхностей обнажения (стенок выработки, бортов карьера и т.д.) [3]. Если новые значения компонентов напряжений не будут превышать прочность породы, то разрушения породного контура выработки не произойдёт. Если и далее прочность породы во времени не будет уменьшаться (в результате реологических процессов, эрозийного воздействия воздуха и воды), то и проявление горного давления закончится на стадии образования нового поля напряжений. Перемещения породного контура будут в пределах, определяемых упругими и реологическими свойствами пород. Если

же на каких-то участках породного контура новые значения напряжений будут превышать прочность породы, то она станет разрушаться, и вокруг выработки образуется нарушенная область.

Определение напряжений и деформаций в нарушенном массиве производится на основе напряженно-деформированного состояния ненарушенного горного массива.

Следствием нарушения естественного напряжённо-деформированного состояния являются механические процессы, которые приводят к формированию нового равновесного состояния породного массива. Также необходимо отметить, что на характер распределения напряжений вокруг выработок и размеры зоны неупругих деформаций влияют следующие основные факторы: форма сечения выработки; физические свойства вмещающих пород; исходное напряжённое состояние массива, характеризуемого глубиной и коэффициентом бокового распора; естественные условия залегания пород (слоистость, анизотропия, трещиноватость и другие структурные особенности).

При разработке месторождений открытым способом состояние прибортового массива изменяется в процессе ведения горных работ и формирования откоса в соответствии с проектными параметрами. При неизменных геометрических размерах состояние массива (в том числе и прочностные характеристики горных пород) изменяется во времени, происходит формирование предельных (пластических) областей и связанное с этим перераспределение и релаксация напряжений. Эти процессы в конечном итоге приводят либо к стабилизации напряжений и деформаций (откос устойчив), либо к активизации деформаций и нарушению устойчивого состояния прибортового массива.

Фактор времени необходимо учитывать при оценке устойчивости прибортовых и отвальных массивов с помощью решений задач структурной механики грунтов, фильтрационной консолидации и теории наследственной ползучести [4]. Использование указанных теоретических решений предоставляет возможность получения решений геомеханических задач с учетом фактора времени как независимой переменной. Реологические расчетные методы базируются на решениях теории наследственной ползучести. Все методы прогноза состояния карьерных откосов во времени объединяет нестационарный характер протекающих в массивах горных пород механических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герсегованов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов и их практические применения. М.: Гостройиздат, 1948.
2. Амосин Б.З., Фадеев А.Б. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики. М.: Недра, 1975. 143 с.
3. Туринцев Ю.И., Яковлев В.Н. Горная геомеханика. Екатеринбург: УГГА, 2001. Т. I, II. 396 с.
4. Гальперин А.М., Шафаренко Е.М. Реологические расчеты горно-технических сооружений. М.: Недра, 1977. 246 с.
5. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: Стройиздат, 1988. 415 с.
6. Бартоломей А.А. Механика грунтов. М.: АСВ, 2004. 304 с.

УДК 628.162.8

С.Б. АБДРЕШОВА,
Ш.А. БАХТАЕВ,
С.А. ШАРИПОВА,
М.К. ДЮСЕБАЕВ

Исследование эффективности применения озона для обезвреживания воды от нефтепродуктов

В различных производственных сточных водах (ПСВ), в том числе и в промывных водах, всегда содержатся нефтепродукты в концентрациях от 5 мг/л до 100 мг/л, даже после использования нефтеловушек [1-7]. Как указано в [8], возможно эффективное использование озонирования для уменьшения концентрации нефтепродуктов от величин порядка (20÷30) мг/л до величин порядка (1÷3) мг/л, которые, тем не менее, на порядок выше предельно допустимых значений ~ 0,1 мг/л.

Для выяснения возможности применения метода озono-электрохимического обезвреживания (ОЭХО) сточных вод (СВ) (как производственных, так и бытовых) от нефтепродуктов был проведён ряд экспериментов с «модельной» водой. Результаты экспериментов приведены в таблице. В позициях 1 и 2 взята ПСВ после промывной ванны, в остальных – «заражённая» нефтепродуктами «питьевая» вода.

C_0 , C_τ – концентрации нефтепродуктов, соответственно исходная и после обработки в течение времени τ , $[O_3]$, $M_{O_3} = [O_3]Q\tau$ концентрация и масса озона $Q = 5$ л/мин – объёмная скорость ОВС;

$\eta = 1 - \frac{\tilde{N}_\tau}{\tilde{N}_0} \cdot 100\%$ – степень обезвреживания; j –

плотность тока.

№	C_0 , мг/л	τ , мин	$[O_3]$	M_{O_3} , г	j , А/см ²	C , мг/л	η , %	$\ln \frac{C_0}{C_\tau}$
1	5,1	10,0	10,6	0,53	0,01	0,09	98,8	4,04
2	1,9	10,0	10,6	0,52	0,01	0,03	98,4	4,15
3	0,2	5,0	10,6	0,265	0,01	0,005	97,5	3,69
4	0,38	5,0	1,8	0,045	0,01	0,04	87,8	2,03
5	0,38	5,0	9,8	0,245	0,01	0,01	97,4	5,64
6	0,38	10,0	1,8	0,09	0,01	0,04	89,5	2,25
7	0,38	5,0	0	0	0,09	0,09	76,4	1,44

На рис. 1. приведён график зависимости степени обезвреживания η от массы использованного озона

M_{O_3} ; на рис. 2. – график зависимости величины $\ln \frac{C_0}{C_\tau}$ от M_{O_3} .

Как следует из таблицы, а также из рис. 1 и 2, использование процедуры озонирования совместно с электрохимическим обеззараживанием позволит существенно повысить эффективность процесса, доведя степень эффективности до 98÷99 % и получая

абсолютные значения остаточных концентраций нефтепродуктов ниже ПДК.

Отметим, что в условиях наших экспериментов при малых значениях начальных концентраций нефтепродуктов («хвосты» – $C_0 \leq 1$ мг/л) величина $\ln \frac{C_0}{C_\tau}$

линейно зависит от массы использованного озона

$$M_{O_3} = [O_3]Q\tau$$

$$\ln \frac{C_0}{C_\tau} = a + v M_{O_3},$$

где $a = 144$; $v = 9,01/\text{г}$; т.е. концентрация нефтепродуктов после совместного воздействия озона и ЭХО продолжительностью τ изменяется по эмпирическому закону

$$\tilde{N}_\tau = \tilde{N}_0 \cdot A \cdot e^{-a[j_3]Q\tau},$$

где $A = e^{-a} = 0,237$. В общем случае величины a и v , очевидно, могут зависеть от плотности тока j , вида нефтепродуктов, диапазона изменения их начальной концентрации и т.п.

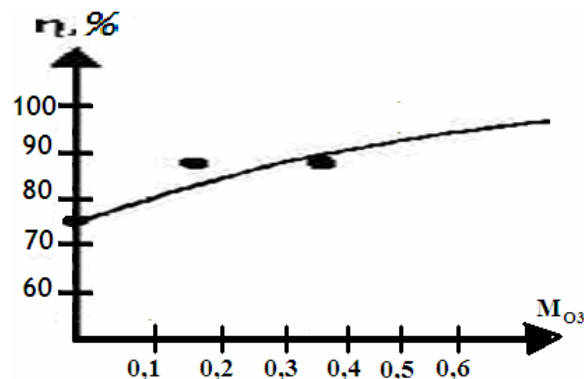


Рис. 1. Зависимость степени обезвреживания от массы использованного озона

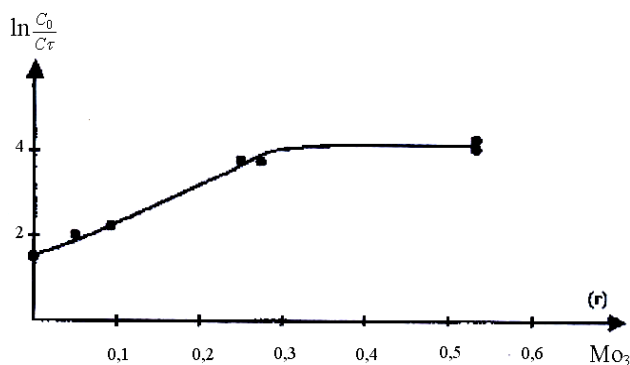


Рис. 2. Зависимость величины $\ln \frac{C_0}{C_r}$ от массы использованного озона

Таким образом, выполненный комплекс лабораторных исследований с «модельной» водой и водой из промывной ванны промышленного предприятия показал высокую эффективность озон-электрохимического способа обезвреживания и может быть рекомендован для внедрения при разработке промышленных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панов Г.Е., Петряшин Л.Ф. Охрана окружающей среды. М.: Недра, 1996.
2. Ленихен Дж., Флотнер У. Здоровье и окружающая среда. М.: Мир, 1989.
3. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. М.: АСАДЕМА, 2000.
4. Вода как природный ресурс. Смоленск, 1986.
5. Современные технологии и оборудование для обработки воды на водоочистных станциях. М.: 1987.
6. Мазаев В.Т., Шлепнина Т.Г., Мандрыгин В.И. Контроль качества питьевой воды. М.: Колос, 1999.
7. Алексеев А.И., Серeda М.В., Юзвяк С. Химия воды: Теория, свойства применения. СПб.; Щецин: СЗТУ, 2001.
8. Алексеев А.И., Серeda М.В., Юзвяк С. Химия воды: Водные системы, классификация, вредные и токсичные вещества. СПб.; Щецин: СЗТУ, 2001.

ӘОЖ 622.271: 622.682+622.684)

С.С. ҚҰЛНИЯЗ

Конвейерлі көтергіні орнатуының нәтижелі енісі және ұзарту коэффициенттері

Құрамында жылжымалы ұсатқыш қайта тиеу қондырғылар (ЖҰКТҚ) бар үзілмелі-толассыз технологиямен қазымдалатын карьердің жұмыс аймағының параметрлері және оның жасақталу тәртібі өзіне тән өзгешеліктерімен танымалы.

Карьердің жұмыс аймағына орнатылатын жылжымалы ұсатқыш қондырғылардың габариттік өлшемдерін тасымалдау және жұмыстық параметрлерін ескеруіміз қажетті. Конусты не жақты ұсатқыш қондырғының биіктігі едәуір болады, кейде 20-30м-ге тең. Қайта тиеу шанаптан ұсатқышқа кен массаны жеткізіп тұрған коректендіргіштің құрылмалық енісі 10-15° шектеледі, сондықтан ұсатқыштың қабылдау шанабының және автоөзітүсіргіштер жүк түсіретін аланшаның биіктіктерінің айырмашылығы екі тәсілмен өтеледі:

- ұзындығы 50м-ден астам коректендіргішті пайдалану арқылы;
- шоғырлау деңгейжиектің табаның көтеру арқылы.

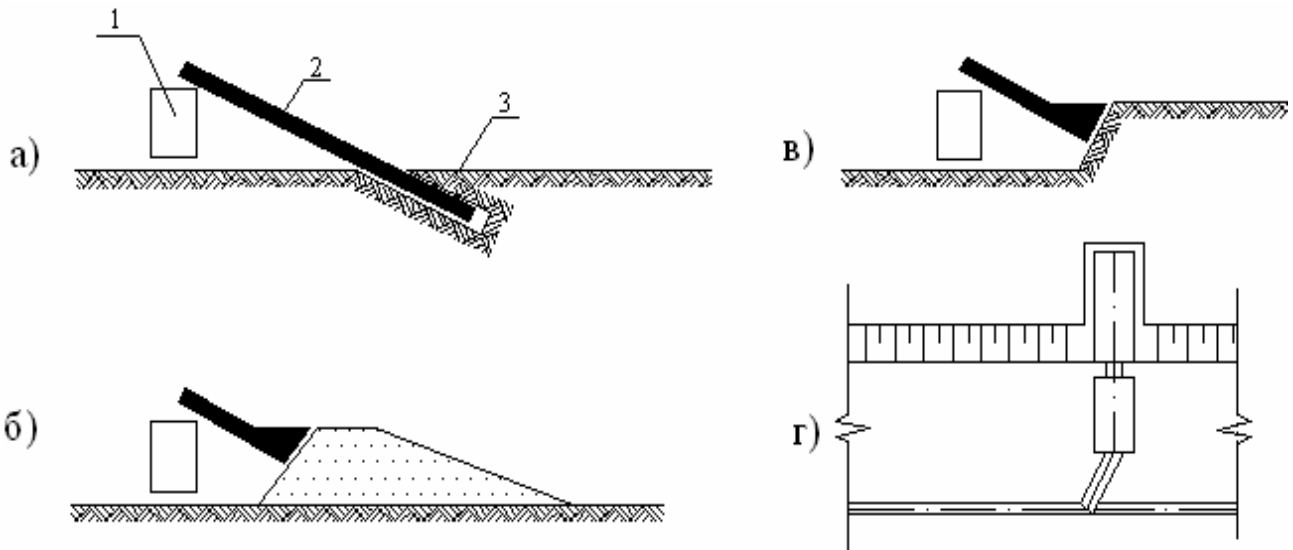
1-суретте төрт технологиялық тәсімдер ұсынылған. 1а суреттегі тәсім бойынша ұзартылған коректендіргіш ұсынылған, ал қалған екі тәсімдер бойынша жүкті түсіру аланша, үймеде не кертпештің жоғарғы аланшасында орналасады. Кертпеш биіктігі ұсатқыш-

тың қабылдау шанабының биіктігіне тең болуы қажетті.

Егер қабылдау шанаптың биіктігі кертпештің жоғарғы аланынан биік тұрса, шоғырлау деңгейжиектегі автоөзітүсіргіштер жүк түсіретін аланшаның биіктігін шанаптың жоғарғы ернеуіне дейін көтеріледі, ал керісінше болса, ұсатқыш орналасқан аланшаның табаның биіктетуге қажетті. Ұсатқыш кешенді орнату үшін және автоөзітүсіргіштер кедергісіз айналып бұрылуына арналған жүк түсіретін аланшаны дайындау кезінде ЖҰКТҚ ұзындығы және ені ескерілу қажетті.

ЖҰКТҚ кертпештің бойында не көлденең орнатылады, соңғы жағдайда ұсатқыштың шанабы арнайы карьер беткейінде үңгіленген қазбада орнатылуы мүмкін (1г сурет). Ұсынылған әр нұсқа өзіне тән артықшылықтарымен және кемшіліктерімен сипатталады.

1а суреттегі нұсқа бойынша ЖҰКТҚ ені минималды аланшаға орнатуға мүмкіндік туады, 1б нұсқа бойынша, қондырғыны жөндеуге және күтуге қолайлы жағдай жасалады, бірақ аланшаның максималды енін қажет етеді, 1в нұсқа бойынша ені орташа аланшаға бір мезгілде үш автоөзітүсіргіш жүкті шанапқа түсіреді, бірақ шоғырлау деңгейжиектің ені кеңейтілуі тиісті.



1-сурет. Ұсату және шоғырлау деңгейжиектердің өзара орналасу нұсқалары:

1 – ұсатқыштың шанабы; 2 – коректендіргіш; 3 – коректендіргіштің шанабы

Бүгінгі таңда, кертпештің бойында не арнайы жағдаудың бөлікшесінде үңгіленген қазбада ЖҰКТҚ орнатылған тәсім, тау-кен жұмыстардың қарқындылығына және талаптарға сай келеді.

ЖҰКТҚ арнайы үңгіленген қазбада орнатылса, екі автоөзітүсіргішке ешқандай кеңейтілуісіз бір мезгілде жүкті түсіру орын пайда болады және рамасының түбінде шанағы орнатылған автоөзітүсіргіштерге де қолайлы жағдай жасалады.

1-кестеде ЖҰКТҚ орнатылатын аланшалардың өлшемдері берілген.

Жалпы «n» құрылғылардан жасақталған және «m» шоғырлау деңгейжиектер арқылы кен масса тиеліп тұрған конвейерлі көтергінің орнату параметрлерін зерттейік. Конвейерлі құрылғылар ұзындығы бойынша әр түрлі шамада болған жағдайда трассаның нәтижелі бұрышын келесі формуламен есептеуге болады:

$$\alpha_i = \arctg \left(\frac{\sum h_i}{\sum l_{i,1} \cos \alpha_i} \right), \quad (1)$$

мұнда α_n – трассаның нәтижелі енісінің бұрышы, град;

α_k – конвейерлі құрылғының орнату бұрышы, град;

h_i – i-ші қайта тиеу тораптың биіктігі, м;

$l_{k,i}$ – i-ші конвейерлі құрылғының ұзындығы, м;

Конвейерлі құрылғылардың ұзындығы бір шамаға тең жағдайда:

$$\alpha_i = \arctg \left(\frac{\sum h_i}{l_i \cos \alpha_i} \right). \quad (2)$$

Конвейерлі құрылғының ұзындығы қысқарып және қайта тиеу қондырғының биіктігі жоғарылаған жағдайда, жалпы конвейерлі көтергінің трассасының енісі қарқынды ұлғаяды (2-кесте).

Оржолдың ұзарту коэффициенті анықталады:

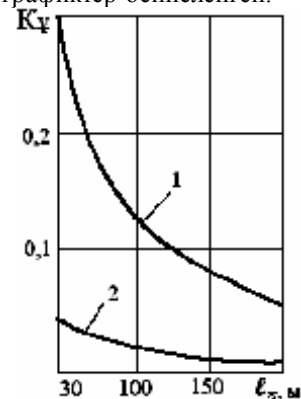
$$\hat{E}_i = \frac{h}{l_i \sin \alpha_i - h}, \quad (3)$$

мұнда K_x – ұзарту коэффициенттің шамасы;

h – қайта тиеу қондырғының биіктігі.

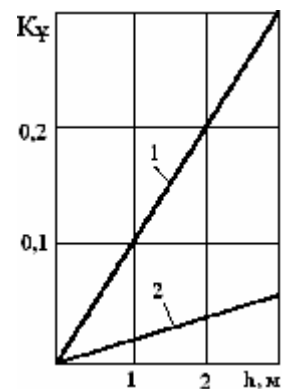
Конвейерлі құрылғының ұзындығы ұлғайған сайын ұзарту коэффициенттің шамасы азая береді. Қайта тиеу биіктіктің шамасы жоғарылап және құрылғының ұзындығы қысқарған жағдайда ұзарту коэффициенттің шамасы күрт жоғарылайды.

2-ші және 3-ші суреттерде зерттеудің нәтижесінде пайда болған графиктер бейнеленген.



1 – $l_k = 50$ м; 2 – $l_k = 200$ м.

2-сурет. Конвейерлі құрылғының ұзындығына қатысты ұзарту коэффициенттің графигі



1 – $h = 0,5$ м; 2 – $h = 3$ м.

3-сурет. Қайта тиеу биіктіктің шамасына қатысты ұзарту коэффициенттің графигі

Көтергі конвейердің ұзындығы құрылғылардың санына қарай ұзару шамасы да өседі:

Осы тұрғыдан қарағанда жүк келесі екі тәсім бойынша тасымалдануы мүмкін.

1. Жүкті конвейерлі көтергімен төменгі деңгей-жиектерден тасымалдау;

2. Жүкті конвейерлі көтергімен аралық деңгей-жиектен тасымалдау.

Бірінші жағдайда конвейерлі көтергінің ұзындығы келесі бөлікшелердің ұзындығы арқылы ұлғаяды:

– і-ші құрылғыға қатысты керу стансаның ұзындығы;

– і-ші құрылғымен керу стансаның ұзындығын асыру арқылы;

– жүкті қайта тиеу кезінде асыра көтеруге байланысты тасымал қашықтықтың ұзаруы.

1-кесте

ЖҰКТҚ орнатылатын аланшалардың өлшемдері

Орнату тәсілі	Деңгейжиекте орнатылған ЖҰКТҚ санына қарай аланшаның ұзындығы						Ені	
	ЖҰКТҚ-600			ЖҰКТҚ-300			ЖҰКТҚ-600	ЖҰКТҚ-300
	1	2	3	1	2	3		
кертпеш бойында	$\frac{80}{60}$	$\frac{150}{120}$	$\frac{220}{180}$	$\frac{100}{80}$	$\frac{180}{160}$	$\frac{260}{240}$	$\frac{35}{40}$	$\frac{50}{40-50}$
арнайы үңгіленген қазбада	$\frac{70}{50}$	$\frac{110-130}{80-100}$	$\frac{170-200}{130-160}$	$\frac{80}{60}$	$\frac{120-140}{100-120}$	$\frac{160-220}{160-200}$	$\frac{35}{40}$	$\frac{50-60}{40-50}$

Ескерту: бөлшектің алымында ұсату деңгейжиектің өлшемдері көрсетілген, ал бөлімінде шоғырлау деңгейжиектің өлшемдері көрсетілген.

2-кесте

Көтергі конвейердің нәтижелі енісінің бұрышы

Құрылғының ұзындығы	Қайта тиеу қондырғының биіктігі, м					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
50	15,5	15,0	14,4	13,6	13,3	12,8
100	15,7	15,5	15,2	15,0	14,7	14,4
150	15,8	15,7	15,5	15,4	15,2	15,0
200	15,9	15,7	15,6	15,4	15,3	15,2
250	15,9	15,8	15,7	15,6	15,5	15,4

Тасымалданатын жүк, көтергі конвейердің құрыл-масына байланысты әр конвейерлі құрылғыдан келесі құрылғыға қайта тиелінеді және алғашқысында жүк жоғарыдан төменге түсіріледі, содан кейін құрылғы-ның орнату енісіне қарай ұзындығы бойынша тасы-малданып қайтадан төменге түсіріледі, және құрылғы-лардың санына байланысты аталмыш процесс бірнеше рет қайталанады, сонда:

$$l_{a,?}^i = \frac{h_{?,m}^i}{\sin \alpha_?}, \quad (4)$$

мұнда $l_{a,?}^i$ – і-ші құрылғыдағы асыра көтермелеудің нәтижесінде пайда болған ұзындық;

$h_{?,m}^i$ – і-ші құрылғыдағы қайта тиеу қондырғы-ның биіктігі.

Жалпы ұзарудың нәтижесінде пайда болған ұзын-дық

$$l_{?} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} h_{?,m}^i}{\sin \alpha_{?}} + \sum_{i=1}^n (l_{e,?}^i + l_{e,?}^{i+1}) \quad (5)$$

мұнда $l_{e,?}^i$ – і-ші құрылғыдағы керу стансаның ұзын-дығы, егер $h_{?,m}^1 = h_{?,m}^2 = \dots = h_{?,m}^i = \dots = h_{?,m}^{n-1}$,

мұнда $h_{?,m}^1$ – 1-ші құрылғыдағы қайта тиеу тораптың биіктігі;

$h_{?,m}^2$ – 2-ші құрылғыдағы қайта тиеу тораптың биіктігі.

Онда

$$l_{?} = \frac{(n-1)h_{?,\delta} + (2n-1)l_{e,?}}{\sin \alpha_{?}} \quad (6)$$

мұнда n – конвейерлі құрылғылар;

m – шоғырлау деңгейжиектер.

Ұзару коэффициенттің шамасы

$$\hat{E}_{?}' = \frac{(n-1)h_{?,\delta} + (2n-1)l_{e,?} \sin \alpha_{?}}{nl_{?} \sin \alpha_{?}}. \quad (7)$$

Екінші жағдайда конвейерлі көтергінің ұзындығы қайта тиеу қондырғылардың және қайта тиеу торап-тардың саны өскен сайын ұзарады. Егер жүк « m »-ші деңгейжиектен, « n »-ші құрылғы арқылы тасымалдан-са, конвейерлі көтергінің ұзаруы келесі формула арқы-лы анықталады:

$$l_{?} = \frac{h_{?,m,?}^m}{\sin \alpha_{?}} + 2 \sum_{i=1}^n l_{e,?}^i, \quad (8)$$

мұнда $h_{?,m,?}^m$ – « m »-ші деңгейжиектегі қайта тиеу қондырғының биіктігі;

$l_{e,?}^i$ – і-ші құрылғының ұзындығы.

Егер конвейерлі құрылғылардың ұзындығы бір-біріне тең болған жағдайда жалпы ұзарудың ұзынды-ғы:

$$l_{?} = \frac{h_{?,m,?}^m}{\sin \alpha_{?}} + 2nl_{e,?} \quad (9)$$

және

$$\hat{E}_{?}'' = \frac{h_{?,m,?}^m + 2nl_{?} \sin \alpha_{?}}{nl_{?} \sin \alpha_{?}}. \quad (10)$$

10-ші өрнекке 7-ші өрнекті ауыстырып қоюдың нәтижесінде келесі теңдік пайда болады:

$$\hat{E}_{?}'' = (\hat{E}_{?}' + 1) \frac{\sum_{i=1}^m h_{?,m,?}^i}{H}, \quad (11)$$

мұнда $\sum_{i=1}^m h_{i,m}^m$ – кен массаның асыра көтермелеу
биіктіктерінің қосындысы, м;
 H – кен массаны көтеру биіктігі, м.

Орындалған зерттеудің нәтижесінде ұзару коэффициенттің шамасы қазудың тереңдігі және қабылданған конвейерлі құрылғының ұзындығы арқылы анықталуы дәлелденді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мельников Н.Н., Усынин В.И., Решетняк С.П. Циклично-поточная технология с передвижными дробильно-перегрузочными комплексами для глубоких карьеров. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 1995. 192 с.
2. Яковлев В.Л., Смирнов В.А., Берсенов В.А. Устройство дробильно-конвейерных комплексов на глубоких карьерах. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2003, 42 с.
3. Қазақша-орысша; Орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Алматы: Рауан, 2000. 290 б.

УДК 666.97.052

Х.Г. АКАНОВ,
А.З. НУРМУХАНОВА

Исследование движения материала загрузки барабанных смесителей с горизонтальной осью вращения

Известно, что движение материала загрузки в барабанных смесителях, измельчителях и т.п. устройств с горизонтальными осями вращения, в зависимости от скорости вращения барабана, сил сцепления и трения материала о стенки, а также между слоями материала, может происходить по двум основным схемам – «каскадной» и «водопадной» [1].

Как отмечается в работе [2], резкого перехода от чисто каскадного режима движения материала загрузки к водопадному не наблюдается. Переход происходит постепенно и при промежуточных докритических частотах вращения барабанов смесителей, измельчителей и других, подобных им устройств, они могут работать при смешанных «каскадно-водопадных» режимах движения материала загрузки.

Для установления критических частот вращения барабанов смесителей, характерных для отмеченных выше режимов движения массы материала их загрузки, а также полезной мощности, потребляемой барабанными смесителями на этих режимах, детально исследуется движение частиц материала загрузки (ч.м.з.) в цилиндрических барабанах с горизонтальными осями вращения.

При некоторой скорости движения ч.м.з. любого слоя по круговой траектории в точке A , расположенной в верхнем квадрате, радиальная сила

N может стать равной центробежной силе C (рис. 1).

Тангенциальная сила T погашается реакцией опоры, сопротивлением последующего ряда ч.м.з. того же слоя и становится свободной. Обладая скоростью v , равной окружной скорости движения ее центра по круговой траектории радиуса R , ч.м.з. от точки A будет двигаться под действием силы тяжести как тело, брошенное со скоростью v под некоторым углом α к горизонту, т.е. по параболической траектории. Угол отрыва ч.м.з. от круговой траектории будет равен α , и в точке A будет справедливо соотношение, при

$$R = R_0 \pm a^{**}$$

где e^{**} – эксцентриситет;

R_0 – радиус барабана.

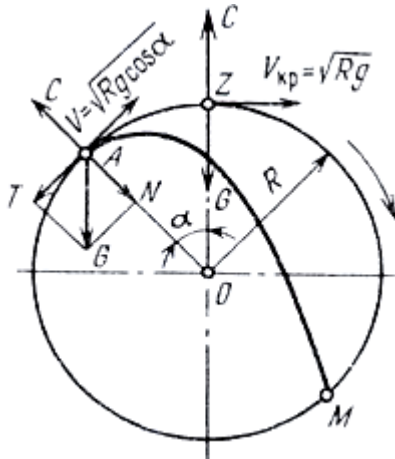


Рис. 1. Силы, действующие на ч.м.з. в верхнем квадрате при движении ее по круговой траектории

$$\tilde{N} = N \text{ или } mv^2/R = G \cos \alpha. \quad (2)$$

Полагая в этом уравнении $G = mg$, получаем

$$v^2 = R \cos \alpha. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (3) $v = \pi R n / 30$ (где n – частота вращения смесителя мин^{-1}), получим

$$n = \frac{30}{\sqrt{R}} \sqrt{\cos \alpha}. \quad (4)$$

Формула (4) определяет частоту вращения барабана, необходимую для того, чтобы ч.м.з. перешла с круговой траектории на параболическую при угле отрыва α . При $\alpha = 0$, когда ч.м.з. поднимается по круговой траектории до наивысшей точки Z (до зенита), из уравнения (2) получим

$$mv^2/R = G \text{ или } C = G. \quad (5)$$

Следовательно, для того чтобы ч.м.з. поднялась по круговой траектории до наивысшей точки Z, частота вращения барабана должна вызвать центробежную силу C , равную силе тяжести G . При дальнейшем движении после точки Z, ч.м.з. с круговой траектории не сойдет, так как радиальная составляющая $N = G \cos \alpha$ меньше силы тяжести G и она не сможет преодолеть равную ей по значению центробежную силу. При такой критической частоте ч.м.з. все время будет двигаться по круговой траектории, или, как говорят, будет центрифугировать.

Из формулы (4) при $\alpha = 0$ получим

$$i_{\text{ед}} = 30 / \sqrt{R}. \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что чем больше R , т.е. чем дальше находятся ч.м.з. от оси смесителя, тем при меньшей частоте вращения барабана они начнут центрифугировать. Если через R_1 обозначить внутренний радиус барабана и через r радиус ч.м.з. внешнего слоя, прилегающего к стенке, то для этого слоя $R = R_1 - r$. Согласно формуле (6), критическая частота вращения барабана смесителя (равная частоте вращения ч.м.з.)

$$n_{\text{ед}} = 30 / \sqrt{R_1 - r}. \quad (7)$$

Наименьшая частота вращения потребуется для центрифугирования ч.м.з. с радиусом бесконечно

малой величины, когда разность $R_1 - r$ практически будет равна R_1 формула (7) примет вид

$$n_{\text{ед}} = 30 / \sqrt{R_1}. \quad (8)$$

Частота, определяемая формулой (8), представляет собой критическую частоту вращения смесителя. Следовательно, за критическую частоту вращения смесителя принимают такую частоту, при которой начинают центрифугировать ч.м.з. бесконечно малого диаметра, расположенные на внутренней поверхности барабана.

Если внутренний диаметр барабана обозначить через $D = 2R_1$, то из выражения (8) получим

$$n_{\text{ед}} = 42,3 / \sqrt{D}. \quad (9)$$

В формулы (8) и (9) значения R_1 и D следует подставлять в метрах, так как при выводе было принято $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Если в формулу (6) вместо R подставить R_1 (радиус барабана смесителя), заменить α на α_1 и ввести $n_{\text{кр}}$, согласно выражению (9), то частота вращения

$$n = \frac{30}{\sqrt{R_1}} \sqrt{\cos \alpha_1} = n_{\text{ед}} \sqrt{\cos \alpha_1}, \quad (10)$$

где α_1 – угол отрыва ч.м.з. внешнего слоя.

Частоту вращения смесителя большей частью определяют не абсолютным числом n , а в долях критической частоты, обычно в процентах. Из формулы (10) заключаем, что величина $\sqrt{\cos \alpha_1}$ определяет, какую долю ψ данная частота n составляет от критической, т.е.

$$n = \psi n_{\text{ед}}, \quad (11)$$

где

$$\psi = \sqrt{\cos \alpha_1} \text{ и } \cos \alpha_1 = \psi^2. \quad (12)$$

Зная ψ , можем определить угол отрыва α_1 ч.м.з. внешнего слоя и наоборот.

При критической частоте вращения барабана начинает центрифугировать только внешний, бесконечно тонкий слой ч.м.з., т.е. фактически не центрифугирует ни один слой ч.м.з. и работа перемешивания продолжается.

По мере увеличения частоты вращения выше критической в центрифугирование постепенно вступают ч.м.з. слоев, расположенных ближе к оси смесителя. При некоторой сверхкритической частоте все слои ч.м.з. начинают центрифугировать и падение ч.м.з. прекращается. Смеситель в этот момент уподобляется маховому колесу: расход полезной энергии при этом равен нулю, но и работа смещения равна также нулю.

Работа смесителя возможна при сверхкритической частоте вращения при условии, что ч.м.з. скользят по поверхности барабана и не приобретают достаточной скорости для центрифугирования. Отставание ч.м.з. от стенки может произойти от недостаточного давления, т.е. при малых нагрузках материала, или при малом

коэффициенте трения, который получается при гладкой или обладающей текучестью среде, крупных ч.м.з. и жидких или обладающих смазывающими свойствами пульпах. Режим работы смесителя, при котором барабан вращается с частотой выше критической, называется сверхкритическим.

Общая картина движения ч.м.з. при сверхкритических частотах вращения барабана может быть каскадной или водопадной и соответствует скорости, с которой движется внешний слой ч.м.з., скользящий по стенке. При сверхкритических

режимах применяют гладкие стенки смесителей, малые загрузки крупных ч.м.з. Часть работы смещения выполняется по поверхности скольжения между стенкой и крупными ч.м.з. При этом должен быть большой износ стенок. Сверхкритический режим работы неустойчив в том смысле, что при увеличении коэффициента трения смеситель может перейти на режим махового колеса и смешивание прекратится, а изменение коэффициента трения может произойти вследствие изменения твердости, крупности и влажности загружаемого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров В.А. и др. Дробление, измельчение, грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1990. 306 с.
2. Королев К. М. Передвижные бетонорастворосмесители и бетононасосные установки. М.: Высшая школа, 1986. 215 с.

УДК 626.131.34

**Д.О. БАЙДЖАНОВ,
Д.Т. ТОКАНОВ,
П.А. КРОПАЧЕВ,
С.Р. ЖОЛМАГАМБЕТОВ,
Н.С. КОПБАЛИНА**

Натурные исследования и усиление монолитных железобетонных конструкций углеродными фиброволокнами

В последние годы строительство из монолитного железобетона резко возросло. Этому способствовал бурный рост жилищного строительства. С ростом объемов монолитного строительства участились случаи низкого качества бетонирования несущих конструкций. Анализ 25 строящихся гражданских объектов Астаны и Караганды показал, что дефекты в монолитных железобетонных конструкциях обусловлены в основном применением некачественных и неполноценных материалов, нарушением технологии производства и недостатками конструктивных решений.

В октябре 2008 года институтом КазМИРП были проведены работы по натурному обследованию монолитных железобетонных конструкций на участке в осях 4-12, Б-Е отм.+18.300 возводимого высотного комплекса «Москва» в г. Астане.

Необходимость обследования вызвана установленной стандартными испытаниями низкой фактической прочностью бетона в отдельных конструкциях на указанном участке (менее 80% проектного класса В40 в возрасте 42 суток).

В связи с этим целью обследования была оценка фактического технического состояния монолитных железобетонных конструкций по несущей способности и эксплуатационной пригодности с решением на ее основе вопроса о возможности и условиях завершения строительства высотного комплекса. Это определило особую форму натурного обследования – экспертное обследование.

Согласно действующим нормам [1] экспертное обследование объекта включило в себя решение следующих задач:

- проведение детального обследования монолитных железобетонных конструкций на указанном участке;
- проведение экспериментальных испытаний по определению фактической прочности бетона

различными взаимодополняющими методами, а также эффективности усиления низкопрочных монолитных железобетонных конструкций композитным материалом;

- поверочные расчеты конструкций монолитного каркаса по данным экспериментальных испытаний;
- оценку прочности бетона, несущей способности и эксплуатационной пригодности монолитных железобетонных конструкций на основе данных экспертного обследования разработку на ее основе рекомендаций по усилению низкопрочных конструктивных элементов.

Детальное обследование монолитных железобетонных конструкций на участке проведено в виде стандартных неразрушающих испытаний и экспериментальных испытаний по определению эффективности усиления низкопрочных конструкций композитным материалом – углеродными фиброволокнами MBT-MBrase. В целях уточнения данных, полученных неразрушающими методами испытаний конструкций в натурных условиях, были изготовлены и испытаны контрольные кубы и призмы. Изготовление и испытания контрольных образцов-кубов и образцов-призм производились в аттестованной лаборатории ПК «Качество» в соответствии с действующими стандартами [2, 3].

Всего изготовлено по 8 экспериментальных образцов и 8 контрольных образцов: по 12 кубов и 4 призмы в каждой партии, соответствующей классам В22,5; В30 и В40.

Контроль прочности бетона по образцам-кубам и результатам неразрушающих испытаний конструкций монолитного каркаса, проведенный по первой серии испытаний, показал следующее:

- в 5 из 11 контрольных образцов-кубов (45,5%), испытанных в лабораторных условиях в возрасте 28

суток, фактическая прочность бетона ниже проектной более чем на 20%;

– во всех 11 контрольных участках конструкций (100%), испытанных в натурных условиях в возрасте 42 суток, фактическая прочность бетона ниже проектной более чем на 20%.

Результаты поверочных расчетов несущего каркаса с учетом фактических характеристик материала конструкций показали, что прочность колонн на проектную нагрузку не обеспечена и требуется их усиление.

В связи с этим были выполнены дополнительные 2-5 серий испытаний низкопрочных конструкций колонн – экспериментальные испытания по оценке эффективности их усиления.

Вторая серия испытаний проведена в натурных и лабораторных условиях:

– в конструкциях 6 колонн и 5 несущих стен на обследуемом участке, усиленных армированием углеродными фиброволокнами MBT-MBrase (по достижении 15 и 70 суток с установленной даты усиления);

– в конструкциях 6 колонн и 5 несущих стен на обследуемом участке, не подвергнутых усилению 1 слоем MBT-MBrase (по достижении фактического возраста на момент испытаний – более 6 месяцев с установленной даты заливки).

Указанные конструкции были испытаны в натурных условиях с помощью прибора ИПС МГ4.03 на 4, извлечения кернов на 3 и метода отрыва – на 3 контрольных участках, а также стандартного молотка Шмидта на всех 11 контрольных участках.

Ряд конструкций испытан с извлечением керна и проверкой его в лабораторных условиях. Всего извлечено и испытано в лабораторных условиях на раскалывание 1 экспериментальный (усиленный MBT-MBrase) и 4 контрольных образца керна.

Третья серия испытаний проведена в лабораторных условиях по 2-м экспериментальным (усиленным 2 слоем MBT-MBrase) и 2-м контрольным (без усиления) образцам-кубам в возрасте 28 суток, изготовленным с расчетом на класс В30.

Четвертая серия испытаний проведена в натурных условиях с применением стандартного молотка Шмидта (по достижении фактического возраста на момент испытаний – более 6 месяцев с установленной даты заливки) на всех 11 контрольных участках конструкций.

Пятая серия испытаний проведена в лабораторных условиях:

– по 4-м экспериментальным, усиленным 2 слоями MBT-MBrase, и 4-м контрольным, выполненным без усиления, образцам-кубам в

возрасте 14 суток, изготовленным с расчетом на класс В22,5 и В40;

– по 2-м экспериментальным, усиленным 2 слоями MBT-MBrase, и 2-м контрольным, выполненным без усиления, образцам-призм в возрасте 14 суток, изготовленным с расчетом на класс В22,5.



Рис. 1. Призмные образцы, армированные углеродным фиброволокном MBT-MBrase



Рис. 2. Образцы-кубы, армированные углеродным фиброволокном MBT-MBrase



Рис. 3. Испытания экспериментальных образцов-кубов, изготовленных с расчетом на класс В22,5 и В40 и усиленных 2 слоями MBT-MBrase в возрасте 14 суток



Рис. 4. Испытания экспериментального призмного образца, армированного углеродным фиброволокном MBT-MBrase

Шестая серия испытаний проведена через 7 месяцев с даты заливки конструкций в натурных условиях неразрушающим механическим методом отрыва со скалыванием по 12 контрольным участкам.

Анализ результатов экспериментальных испытаний монолитных железобетонных конструкций,

Протокол испытаний контрольных образцов

Наименование конструктивных элементов	Плотность, кг/м ³	Осадка конуса, см	Дата изготовления	Дата испытания	Размер образцов, мм			
					150×150×150	150×150×150	150×150×600	150×150×600
					без MBrase	с MBrase	без MBrase	с MBrase
Прочность на сжатие контрольных образцов, кгс/см ²	2420	2,1	15.10.2008г.	13.11.2008г.	295	510	256	448
% к проектной марке В 22,5					100	173	87	152
Прочность на сжатие контрольных образцов, кгс/см ²	2420	2,2	17.10.2008г.	15.11.2008г.	525	829	478	735
% к проектной марке В 40					100	158	91	140

Выводы

1. Наиболее эффективным является метод усиления низкопрочных монолитных железобетонных конструкций с помощью 4 слоев композитного материала MBT-MBrase.

проведенных по 2...5 сериям, показал следующее (см. таблицу).

Система усиления MBT-MBrase запроектирована на восприятие растягивающих усилий с учетом совместности деформаций внешней арматуры и бетона конструкции. В предельном состоянии сжимаемых с малым эксцентриситетом конструкций поперечное расширение воспринимается оболочкой из MBT-MBrase.

В результате усиления монолитной железобетонной колонны путем нанесения 4 слоев MBT-MBrase произошло увеличение несущей способности колонны на величину, несколько превышающую проектное усилие.

Для окончательной оценки несущей способности монолитного железобетонного каркаса с учетом усиления монолитных железобетонных колонн композитным материалом на основе однонаправленных углеродных фиброволокон MBT-MBRASE были проведены поверочные расчеты, которые подтвердили результаты экспериментальных испытаний указанных конструкций.

При усилении колонн с прочностью на сжатие, соответствующей 60-80% проектной, 4 слоями композитного материала MBT-MBrase установлено увеличение несущей способности на величину, равную 1068 кН, то есть с превышением проектного усилия на 53,1 кН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН РК 1.04.04-2002 Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. Астана, 2003.
2. ГОСТ 10181.0 – 81 Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1982.
3. ГОСТ 18105 – 86 Бетоны. Правила контроля прочности. М.: Изд-во стандартов, 1987.

ӘОЖ 539.3

Ж.Б. БӘКІРОВ,
А.Ә. ТӘҢІРБЕРГЕНОВА

Іліп бұралудағы құрылғы сенімділігін есептеу

Кернеуленген күйдің дербес жағдайын қарастырамыз, мұнда біліктің көлденең қимасында иілу M_u және бұралу M_K моменттері пайда болады. Бұл

жағдайда қауіпті кимадағы есептік кернеу үшінші беріктік теориясынан мынаған тең болады

$$S = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}. \quad (1)$$

Бұл өрнекті мына түрде қайтадан жазуға болады:

$$S = M_P / W,$$

мұнда W – остік қарсыласу моменті, ал есептік момент

$$M_P = \sqrt{M_u^2 + M_K^2}.$$

Енді M_K және M_u тәуелсіз кездейсоқ шамалар болсын. Олар сонымен қатар оң және теріс болуы мүмкін, онда олар үшін қалыпты таралу заңын қабылдаймыз. Алғашында олардың дисперсиялары мынаған тең болады: $\sigma_u = \sigma_K = \sigma$. Есептік моменттің тығыздық ықтималдығын анықтаймыз.

Моменттер ықтималдығының біріккен тығыздығы мынаған тең

$$\begin{aligned} f(M_u, M_K) &= f(M_u) f(M_K) = \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(M_u - m_u)^2 + (M_K - m_K)^2}{2\sigma^2}\right]. \end{aligned}$$

M_K және M_u айнымалыларынан жаңа M_P және φ айнымалыларына көшеміз:

$$M_u = M_P \cos \varphi, \quad M_K = M_P \sin \varphi.$$

Мұнда φ -дің мүмкін мәндерін $(-\pi, \pi)$ аралығында орналасқан деп болжаймыз. Бұл түрлендірудің Якобианы мынаған тең

$$\begin{aligned} J &= \left| \frac{\partial M_u / \partial M_P}{\partial M_K / \partial M_P} \frac{\partial M_u / \partial \varphi}{\partial M_K / \partial \varphi} \right| = \\ &= \left| \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} \frac{-M_P \sin \varphi}{M_P \cos \varphi} \right| = M_P. \end{aligned}$$

Енді ықтималдықты түрлендіру формуласы бойынша аламыз

$$\begin{aligned} f(M_P, \varphi) &= \frac{M_P}{2\pi\sigma^2} \exp \\ &\left[-\frac{M_P^2 - 2M_P(m_u \cos \varphi + m_K \sin \varphi) + (m_u^2 + m_K^2)}{2\sigma^2} \right]. \end{aligned}$$

Белгілеулерді енгізе отырып $m_u \cos \varphi + m_K \sin \varphi = m \cos(\varphi - \psi)$,

мұнда $m = \sqrt{m_u^2 + m_K^2}$, $\operatorname{tg} \psi = m_K / m_u$,

соңғы формуланы мына түрде қайта жазамыз

$$\begin{aligned} f(M_P, \varphi) &= \frac{M_P}{2\pi\sigma^2} \exp \\ &\left[-\frac{M_P^2 - 2M_P m \cos(\varphi - \psi) + m^2}{2\sigma^2} \right]. \end{aligned}$$

Бұл өрнекті барлық φ -дің мүмкін мәндерінде интегралдай отырып, есептеу моменттерінің таралу тығыздығын аламыз

$$\begin{aligned} f(M_P) &= \frac{M_P}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{M_P^2 + m^2}{2\sigma^2}\right] \\ &\int_{-\pi}^{\pi} \exp\left[M_P m \cos(\varphi - \psi) / \sigma^2\right] d\varphi. \end{aligned}$$

Ескере отырып

$$I_0(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{x \cos(\varphi - \psi)} d\varphi$$

- Бессель функциясын нөлдік тәртіпті жорамал аргументінен, соңында алатынымыз

$$f(M_P) = \frac{M_P}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{M_P^2 + m^2}{2\sigma^2}\right] I_0(mM_P / \sigma^2). \quad (2)$$

Бұл таралу Релейдің жалпыланған заңы болып табылады.

Сонымен Бессель функциясының аргументі $z = mM_P / \sigma^2 \gg 1$ болса, онда келесі қатарға жіктеу әділ болды

$$I_n(z) = \frac{e^z}{\sqrt{2\pi z}} \left(1 + \frac{1 - 4n^2}{8z} \dots\right). \quad (3)$$

Онда

$$f(M_P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \sqrt{\frac{M_P}{m}} \exp\left[-\frac{(M_P - m)^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (4)$$

Егерде $m \gg \sigma$ болса, онда M_P -ның ықтимал мәндері m -нің маңайында топталады, яғни жуық түрде былай қоюға болады $\sqrt{M_P} / m \approx 1$. Сонымен есептеу моментінің ықтималдық тығыздығы жуық шамамен қалыпты болады.

Таралуының алғашқы моменттерін табамыз (2). Арнайы функциялардың теориялары [1] бойынша мынаған ие боламыз

$$\langle M_P^n \rangle = \int_0^\infty M_P^n f(M_P) dM_P = (2\sigma^2)^{n/2}$$

$$\tilde{A}(1 + n/2) M(-n/2, 1, -d^2/2),$$

мұнда $d = m / \sigma$, $M(a, b, x)$ – өзгеше гипергеометрикалық функция. $n = 0$, $M(0, a, x) = 1$ кезінде, сондықтан (2) таралуы үшін мөлшерлік шарты орындалады. Өзгеше гипергеометриялық функциялармен және Бессель функцияларының араларындағы байланыстарын есепке ала отырып [1, 2] табамыз

$$\langle M_P \rangle = m_P = \sigma \sqrt{\pi/2} e^{-d^2/4}$$

$$\left[(1 + d^2/2) I_0(d^2/4) + 0,5 d^2 I_1(d^2/4) \right],$$

$$\sigma_P^2 = \langle M_P^2 \rangle - m_P^2 = \sigma^2 (2 + d^2) - m_P^2. \quad (5)$$

Егерде (3) жіктелуін пайдалансақ, онда

$$m_P = m(1 + 1/2d^2), \quad \sigma_P = \sigma. \quad (6)$$

(4) таралуы үшін осындай талдау жүргіземіз

$$\langle M_P^n \rangle = \frac{e^{-d^2/2}}{\sqrt{2\pi d}} \sigma^n \int_0^\infty z^{n+1/2} \exp(-z^2/2 + d \cdot z) dz,$$

мұнда $z = M_P / \sigma$. Параболалық цилиндр функциясының интегралдану құрылымын қолданып $U(a, x)$, $V(a, x)$ [1,2], анықтаймыз

$$\langle M_P^n \rangle = \frac{e^{-d^2/4} \sigma^n}{\sqrt{2\pi d}} \tilde{A}(n + 3/2) U(n + 1, -d) =$$

$$= \sqrt{\pi/2d} e^{-d^2/4} \sigma^n V(n + 1, d).$$

Әрі қарай [1] таралымын қолданып

$$V(a, x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} e^{x^2/4} x^{a-1/2} \left[1 + \frac{(a-1/2)(a-3/2)}{2x^2} + \dots \right],$$

аламыз

$$\langle M_p^0 \rangle = \int_0^\infty f(M_p) dM_p = 1 - \text{қалыптылық шарт},$$

$$m_p = m(1+3/8d^2), \quad \sigma_p = \sigma\sqrt{9/8} = 1,06\sigma. \quad (7)$$

Қалыпты заңдар үшін мынаны байқаймыз $m_p = m$, $\sigma_p = \sigma$.

(6) және (7) жуық формулаларын (5)-тің дәл нәтижесімен салыстырамыз. Енді вариация коэффициент-тиері

$$k_u = \sigma/m_u = 0,16, \quad k_K = \sigma/m_K = 0,2.$$

Онда $d = \sqrt{k_u^{-2} + k_K^{-2}} = 8$.

(5)-ші формула бойынша алатынымыз $m_p = 1,0075m$, $\sigma_p = 1,012\sigma$.

(6)-ші формула бойынша ие боламыз $m_p = 1,0078m$, $\sigma_p = \sigma$.

ал (7)-ші формула мынаны береді $m_p = 1,006m$, $\sigma_p = 1,06\sigma$.

Осы нәтижелердің барлығы дәлдікке жақын, ал (2) таралуының дәл қалыпты заңға ауыстырылуы 0,75% орташа мәндерімен және 1,2% дисперсия бойынша ауытқуды береді. Сондықтанда әрі қарай есептеулерді жүргізу кезінде есептеу моментінің таралу тығыздығын қалыпты деп есептеуге болады. Бұл жағдайда есептеу кернеуінің ықтималдық сипаттамалары мынаған тең болады

$$m_s = m_p / W = \sqrt{m_u^2 + m_K^2} / W; \quad \sigma_s = \sigma / W, \quad (8)$$

ал сенімділік мына өрнекпен анықталады

$$H = \hat{O}(t),$$

мұнда $t = (R - m_s)/\sigma$, R – шектік кернеу, $\Phi(t)$ – ықтималдық интегралы.

(1) есептеу кернеуі үшін кездейсоқ емес кернеулік күй компоненті иіліп бұралу кезіндегі көлденең аудандардағы ең үлкен жанама кернеулері теңдігінің шартынан және эквивалент кернеулердің қарапайым созылу кезінде алынған. Кездейсоқ кернеулік күй компоненттері үшін жалпы жағдайда ең үлкен кернеу түсінігі мағынасын жоғалтады, сонымен қатар беріктік шарты түсінігі де мағынасын жоғалтады. Бұл түсініктер ықтималдық мағынаға ие болуы керек. Қауіпті аудандардың орналасуы құрылғы сенімділігінің минимум шарты пластикалық немесе бұзылу критерийін таңдаудан анықталуы керек. Бұл өте қиын есеп және аудандардың орналасуын іздеумен жуық ауысуы мүмкін, оларда математикалық үміт пен дисперсия немесе қандай да бір есептеу кернеуінің ықтималдық өлшемі ең үлкен болады.

Жалпы жағдайларда материал қарсыласуы аудандарда тік және жанама кернеулерді анықтаумен анықталады. Онда қаралатын аудандағы есептеу кернеуін былай жазуға болады:

$$S = (2 - \lambda)\sigma_\alpha + 2(\lambda - 1)\tau_\alpha, \quad (10)$$

мұнда σ_α , τ_α – көлбеу аудандардағы кернеулер; λ -тік және жанама кернеулердегі материалдың сезімдік коэффициенті. Бұл коэффициент шектік тік және жанама кернеулер қатынасына тең болып алынады. Сонымен ағу шегі бойынша есептеуде $\lambda = \sigma_T / \tau_T$. Идеалды пластикалық материалдар үшін $\lambda = 2$, ал идеалды морт үшін $\lambda = 1$. Бірінші жағдайда материалдың беріктігі тек қана жанама кернеулермен анықталады, ал екіншіде тік кернеумен анықталады.

Иіліп бұралу кезінде

$$\sigma_\alpha = (1 + \cos 2\alpha)\sigma / 2 - \tau \sin 2\alpha;$$

$$\tau_\alpha = 0,5\sigma \sin 2\alpha + \tau \cos 2\alpha.$$

Онда есептеу кернеуі тең болады $S = A\sigma + C\tau$, мұнда $A = 0,5(2 - \lambda)(1 + \cos 2\alpha) + (\lambda - 1)\sin 2\alpha$;

$$C = 2(\lambda - 1)\cos 2\alpha - (2 - \lambda)\sin 2\alpha.$$

Есептеу кернеуінің математикалық үміті мен дисперсиясы

$$m_s = Am_\sigma + Cm_\tau; \quad \sigma_s^2 = A^2D_\sigma + C^2D_\tau,$$

мұнда m_σ , D_σ , m_τ , D_τ – тік және жанама кернеулердің математикалық үміті мен дисперсиясы.

Кернеулік күйдің компонентін тұрақты деп сана-сақ есептеу кернеуі де қалыпты болады және сенімділік бұрынғыдай (9) өрнек арқылы анықталады.

Сонымен ықтималдық интеграл монотонды өсетін функция болып табылса, онда сенімділіктің минимум шарты қалыпты таралудың квантиль шартына парапар келеді. (9)-ді α бұрышы бойынша минимумдай отырып, қауіпті аудандардың орналасуын және есептеу кернеуінің ықтималдық сипаттамаларын табамыз.

Бұл ойды идеалды пластикалық материалдар үшін таратамыз. Бұл жағдайда

$$S = \sigma \sin 2\alpha + 2\tau \cos 2\alpha;$$

$$m_s = m_\sigma \sin 2\alpha + 2m_\tau \cos 2\alpha;$$

$$\sigma_s^2 = D_\sigma \sin^2 2\alpha + 4D_\tau \cos^2 2\alpha. \quad (11)$$

Енді мына шарттан $dt/d\alpha = \text{келесі теңдеуді аламыз:}$

$$x^4 + ax^3 + bx^2 + ax + a^2/4 = 0, \quad (12)$$

мұнда

$$x = \tan 2\alpha; \quad a = -4D_\tau m_\sigma / D_\sigma m_\tau; \quad b = 1 + a^2/4 - d^2,$$

$$d = R(D_\sigma - 4D_\tau) / 2m_\tau D_\sigma.$$

Бұл теңдеудің түбірі, сенімділікті минимумдайды, оны $C = \tan 2\alpha_0$ арқылы белгілейміз. Онда (11) арақатынасын тригонометриялық түрлендіруден кейін аламыз

$$m_s = (Cm_\sigma + 2m_\tau) / (1 + C^2)^{1/2}; \quad (13)$$

$$\sigma_s^2 = (C^2 D_\sigma + 4D_\tau) / (1 + C^2).$$

Сонымен, есептеу кернеуінің ықтималдық сипаттамалары шектік кернеуге тәуелді болады. Бұл орналасу ережелер беріктік пен сенімділік бағалары кезінде қисынды, бірақта нүктедегі кернеулік күйді талдауда қолайлы емес.

Енді есептеу кернеуінің ықтималдық сипаттамаларын неғұрлым қарапайым анықтауларының жуықтау мүмкіндіктерін қарастырамыз. Иіліп бұралу кезінде

$m_\sigma = m_u / W$; $m_\tau = m_k / 2W$; $D_\sigma = \sigma_u^2 / W^2$; $D_\tau = \sigma_k^2 / 4W^2$,
 мұнда m_u , m_k , σ_u^2 , σ_k^2 – иілу және бұралу моменттеріндегі математикалық үміт пен дисперсия. Бұл өрнектен шығатыны алдында қаралған $\sigma_u = \sigma_k = \sigma$ жағдайлар $D_\sigma = 4D_\tau$ жағдайына сәйкес келеді. Онда есептеу кернеуін дисперсиясы α бұрышына байланысты емес және σ -ға тең. Бұл жағдайда есептеу кернеуі ең үлкен болады, яғни математикалық үмітінің ең үлкен кезінде. Бұл аудандардың орналасуын табамыз. $dm_s / d\alpha = 0$ шартынан мыналар шығады

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = m_\sigma / 2m_\tau.$$

Осы аудандағы есептеу кернеудің ықтималдық сипаттамалары

$$\sigma_s = \sigma / W, \quad m_s = \sqrt{m_\sigma^2 + 4m_\tau^2}. \quad (14)$$

Көріп отырғанымыздай, ақырғы өрнек (1)-ші формуланың ықтималдық ұқсастығы болып табылады, ал кернеудің ықтималдық сипаттамалары (8)-дің ара қатынасына сәйкес келеді.

$D_\sigma = 4D_\tau$ шартында (12) теңдеуінде

$$a = -m_\sigma / m_\tau, \quad d = 0$$

және ол мынадай шешімге ие $x = c = m_\sigma / 2m_\tau$, бұны (12)-ші теңдеуге алмастырғанда көз жеткізуге болады. Онда есептеу кернеуінің ықтималдық сипаттамалар үшін барлық үш әдістерде сәйкес келеді ((8), (13), (14) арақатынастары). Бұл алғашқы (10) гипотездерінің дұрыстығын есептеу кернеуінің жазық кернеулік жағдай үшін жанама түрде дәлелдейді.

(13) және (14) өрнектерінің дәл кернеулерінен мынаны күтуге болады, иіліп бұралу кезіндегі математикалық үміттің ең үлкен шарты нәтиже береді, олар кернеу компоненттерінің кез келген дисперсиялары үшін сенімділіктің ең кіші шартына жақын. Сондықтанда есептеу кернеуінің ықтималдық сипаттамасын анықтаудағы сенімділіктің кіші шартының орнына жуық шарт ұсынуға болады, бірақ математикалық үміттің ең үлкенінің қарапайымы.

Кез келген дисперсияларда кернеулер компоненті (14) арақатынасынан жалпы түрде қайтадан былай жазылады:

$$m_s = \sqrt{m_\sigma^2 + 4m_\tau^2} = \sqrt{m_u^2 + m_k^2} / W = m / W; \quad (15)$$

$$\sigma_s = \sqrt{D_\sigma m_\sigma^2 + 16m_\tau^2 D_\tau} / m_s = \sqrt{\sigma_u^2 m_u^2 + \sigma_k^2 m_k^2} / mW.$$

Бұл арақатынастарды жуық нәтижелерімен дәл келетінін байқаймыз, оларды (1) өрнегін Тейлор қатарына жіктеу жолымен алынған.

Арақатынастардың дәлдік бағасын алу үшін сандық мысалдарды қарастырамыз.

Диаметрі $d = 80$ мм біліктің қауіпті қимасында иуші және бұраушы моменттер әсер етеді, олар қалыпты заңмен таратылған өлшемдері:

$$m_u = 6,25 \text{ Ёі } \cdot \text{м}, \quad \sigma_u = 1,25 \text{ Ёі } \cdot \text{м}, \quad m_k = 5 \text{ Ёі } \cdot \text{м}, \quad \sigma_k = 1 \text{ Ёі } \cdot \text{м}.$$

Егерде шектік кернеу $R = 200$ МПа болса, біліктің сенімділігін анықтаймыз.

(12)-ші теңдеудің коэффициенттерін табамыз

$$a = -2\sigma_k^2 m_u / \sigma_u^2 m_k = -1,6;$$

$$d = RW(\sigma_u^2 - \sigma_k^2) / m_k \sigma_u^2 = 200 \cdot 10^3 \cdot 5,12 \times 10^{-5} (1,25^2 - 1) / 5 \cdot 1,25^2 = 0,7373;$$

$$b = 1 + 1,6^2 / 4 - 0,7373^2 = 1,0963.$$

(12)-ші теңдеуі енді мына түбірге ие болады $x = c = 1,4$.

Онда

$$t_p = (RW\sqrt{1+C^2} - m_u C - m_k) / \sqrt{C^2 \sigma_u^2 + \sigma_k^2} = 1,919;$$

$$H = \hat{O}(t_p) = 0,9725.$$

Енді сенімділікті математикалық үміттің ең үлкен шартынан табамыз. (15) формуласы бойынша мынаған ие боламыз;

$$m_s = (6,25^2 + 5^2)^{1/2} \cdot 10^{-3} / 5,12 \cdot 10^{-5} = 156,25 \text{ Ì Ì à;}$$

$$\sigma_s = ((1,25 \cdot 6,25)^2 + 25)^{1/2} \times \\ \times 10^{-6} / 8 \cdot 10^{-3} \cdot 5,12 \cdot 10^{-5} = 22,645 \text{ Ì Ì à.}$$

Онда

$$t = (200 - 156,25) / 22,645 = 1,932, H = \hat{O}(t) = 0,9733.$$

Бұл нәтижелер дәл шешімінен 0,08%-ке ажыратылады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. М.: Наука, 1979. 830 с.
2. Бейтмен Г., Эрдейн А. Высшие трансцендентные функции. Т.2. М.: Наука, 1974. 295 с.

УДК 631.425.2

С.Д. МАГАЙ

Мониторинг за потенциалом влаги в почвогрунтах

Век высоких технологий использование современного почвенного оборудования позволяет получать детальную и надежную информацию для использования в компьютерных моделях. Однако отсутствие такого отечественного оборудования вынуждает исследователей использовать импортные. В этой связи исследования по адаптации почвенного оборудования ведущих иностранных фирм местным условиям несомненно актуальны.

Исследования за динамикой потенциала влаги в почвогрунтах проводились в Казахстанской части Голодностепского массива при возделывании хлопчатника по гипсовым блокам «GYP 1» и датчикам влажности «WMK» с помощью регистратора данных «DL 2e» (табл. 1).

Показатели потенциала влаги по гипсовым блокам в различные периоды наблюдений свидетельствуют о том, что наибольшим изменениям подвержен в основном верхний 30 см слой почвы (табл. 2).

Таблица 1

Краткая характеристика почвенного оборудования

№ п/п	Наименование	Параметр измерения	Единица и диапазон измерений	Изготовитель, страна
1	Датчик влажности почвы «WMK»	Потенциал влаги	кПа, от 10 до 1230	«Delta-T Devices Ltd», Кембридж, Англия
2	Гипсовый блок «GYP 1»	Потенциал влаги	кПа, от 0 до 320	
3	Регистратор данных «DL 2e»	60 каналов	Объем памяти 16 Мб	

За период от начала вегетации до проведения полива значения потенциала влаги в почве увеличивались, причем наиболее существенно в верхних горизонтах (на глубине 30 и 60 см). После полива показания уменьшались. В конце вегетации потенциал почвенной влаги вновь увеличивался.

Динамика потенциала влаги в течение вегетационного периода по всем вышеприведенным глубинам расположения гипсовых блоков в центре пилотного участка наглядно показана на рис. 1.

Изменения значений потенциала влаги в почвогрунтах, полученные по датчикам «WMK» в различные периоды наблюдений, приведены в таблице 3. Как и по гипсовым блокам, наибольшим изменениям были подвержены величины потенциала влаги на глубине 30 см.

Таблица 2

Динамика потенциала влаги в почвогрунтах по гипсовым блокам, кПа

Глубина установ ки, см	Сроки наблюдений					
	начало вегетац ии	до 1-го полива	после полива	до 2-го полива	после полива	конец вегетац ии
30	96,6	316,8	34,6	318,5	31,8	319,0
60	44,1	111,0	51,7	318,4	51,3	318,0
100	43,8	51,6	42,3	106,1	60,16	123,7
150	35,7	35,9	34,0	51,8	48,4	78,4

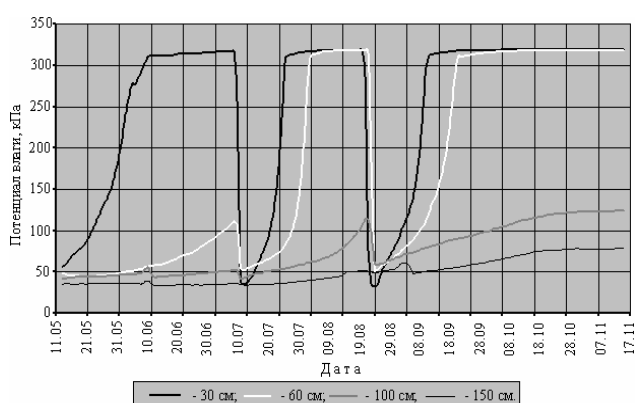


Рис. 1. Динамика потенциала влаги в почвогрунтах по гипсовым блокам

До начала поливного периода показания датчиков в тридцатисантиметровом горизонте изменялись от 23 до 77 кПа. Первый полив изменил величины водного потенциала почвы от 77 до 14 кПа, второй — соответственно от 236 до 14 кПа. В конце вегетационного периода он равнялся 280 кПа.

На глубине 300 см значения этого показателя до конца вегетации были относительно стабильны и составляли 11-13 кПа, в конце вегетационного периода —

23,1 кПа. Динамика изменения потенциала влаги в почвогрунтах в течение вегетационного периода по всем вышеуказанным глубинам установки датчиков «WMK» показана на рис. 2.

Таблица 3

Динамика потенциала влаги в почвогрунтах по датчикам «WMK», кПа

Глубина установ ки, см	Сроки наблюдений					
	начало вегетац ии	до 1-го полива	после полива	до 2-го полива	после полива	конец вегетац ии
30	23,2	77,1	14,3	235,5	14,3	280,5
100	22,1	26,6	19,9	72,9	72,8	56,4
300	11,0	11,3	11,4	12,7	12,1	23,1

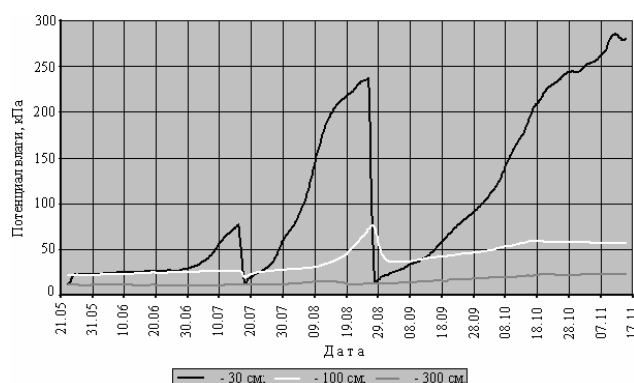


Рис. 2. Изменение потенциала влаги в почвогрунтах по датчикам «WMK»

Потенциалы влаги по гипсовым блокам и датчикам WMK в течение вегетационного периода имеют одинаковый характер изменения, но в количественном выражении величины их существенно разнятся между собой.

По полученным данным показаний гипсовых блоков, датчиков «WMK» (потенциалу влаги) и объемной влажности на характерные даты построены кривые зависимостей основных гидрофизических

характеристик почв – потенциала влаги от влажности (рис. 3).

Выявленные зависимости свидетельствуют о наличии довольно тесной связи между ними: коэффициенты регрессии равняются 0,72 по гипсовым блокам «GYP 1» и 0,81 по датчикам «WMK», что позволяет с достаточной надежностью использовать данное английское оборудование в наших условиях.

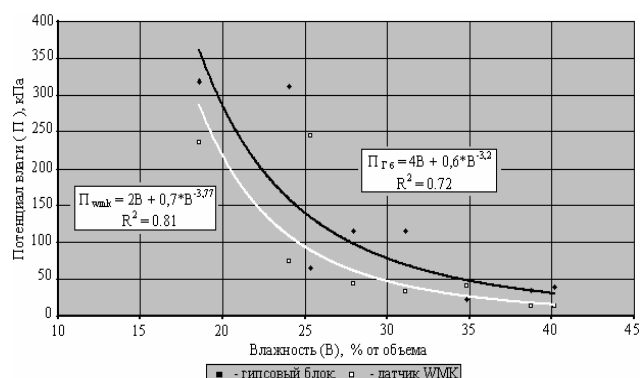


Рис. 3. Зависимость потенциала влаги от влажности

Сравнение значений потенциалов влаги в почве по гипсовым блокам и датчикам влажности почвы «WMK» с данными литературных источников [1-3] о водном потенциале при различных состояниях почвенной влаги говорит в пользу последних (табл. 4). Это подтверждается и более высоким коэффициентом регрессии 0,81, полученным в наших исследованиях после обработки и систематизации базы данных.

Таким образом, выполненные исследования свидетельствуют о реальной возможности использования приведенного английского почвенного оборудования в наших условиях при решении тех или иных задач эколого-мелиоративного характера, особенно с применением компьютерных моделей, в которых большое внимание уделяется надежной и подробной информации, полученной при помощи современных приборов.

Таблица 4

Значение водного потенциала почвы при различных состояниях почвенной влаги

Состояние почвенной влаги	Потенциал почвенной влаги по данным литературных источников, -кПа		
	Долгов С.И.	Бондаренко Н.Ф.	Судницын И.И.
Полная влагоемкость	0	0	0
Капиллярная влагоемкость	-	-	5-10
Наименьшая влагоемкость	-	33	13-16
Предполивная влажность	40-68	<50	-
Влажность при водном стрессе растений	-	500-1300	-
Влажность устойчивого завядания	-	1500-4000	3000-3400

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрофизические методы исследования почв / Под ред. С.И. Долгова. М.: Наука, 1966. 260с.
2. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиорации почв. Л.: Колос (Ленингр. отд-ние), 1975. 258с.
3. Судницын И.И. Применение метода термодинамического потенциала переноса при изучении передвижения влаги в почве / Сб. трудов по агрономической физике АФИ "Гидрофизика и структура почвы". Вып. 11. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 224с.

УДК 624.012.35/46(075)

В.Н. НЭМЕН,

Армокирпичная перемычка

**В.А. ЛИТВИНЕНКО,
С.И. ПЕТРЕНКО,
В.В. ГРОЗНОВ**

При возведении стен зданий из кирпича возникает необходимость устройства перемычек над оконными и дверными проемами. В настоящее время для жилых и общественных зданий сборные железобетонные перемычки практически вышли из употребления. Наиболее распространено устройство рядовых перемычек, отвечающих повышенным требованиям к выразительности наружной поверхности фасадов таких зданий (рис. 1).

Применение таких перемычек требует либо сооружения опалубки с укладкой стальной арматуры против выпадения кирпичей нижнего ряда, либо применения несъемной опалубки из профильного металла (уголки, полосы).

Нами разработана конструкция армокирпичной перемычки, позволяющая создать иную выразительность кирпичной стены у оконного (дверного) проема без использования опалубки (рис. 2).

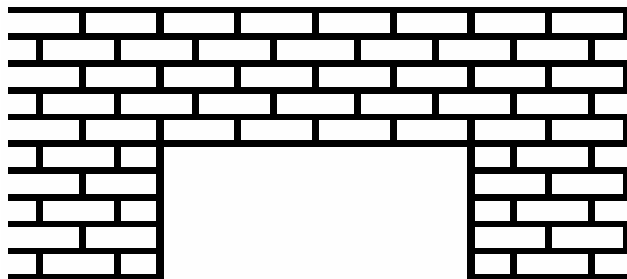
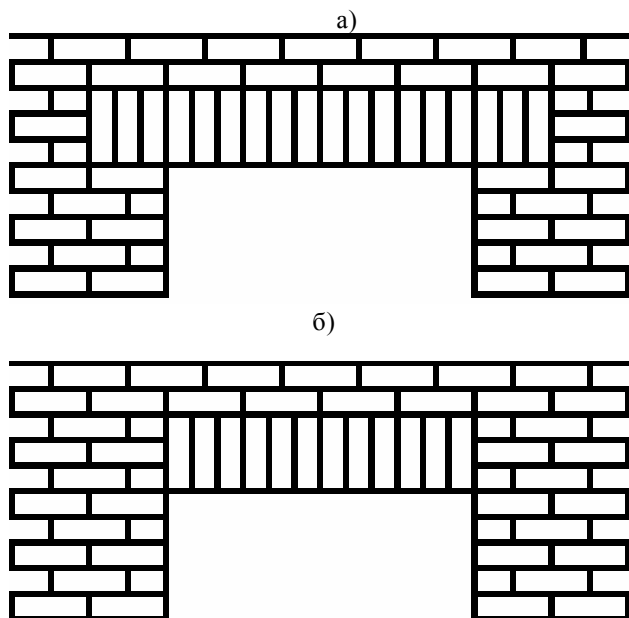


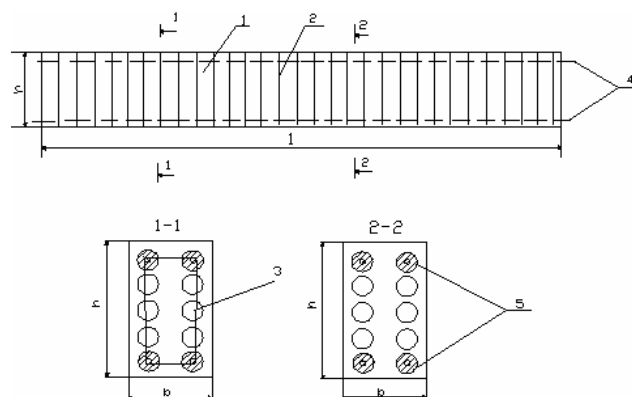
Рис. 1. Фрагмент стены с рядовой оконной перемычкой



а – перемычка заведена в кладку стены;
б – в кладку стены заведена лишь арматура

Рис. 2. Фрагменты стены с армокирпичными перемычками
Такого решения удалось достичь за счет применения пустотных кирпичей, через сквозные

отверстия которых пропускались арматурные стержни. Кроме того, для повышения прочности конструкции по наклонным сечениям в растворные швы закладывались проволоочные хомуты. На рис. 3 представлена наружная армокирпичная перемычка, запроектированная для перекрытия оконного проема шириной 1300 мм.



1 – пустотные кирпичи; 2 – растворные швы; 3 – хомуты;
4 – продольная арматура; 5 – сквозные отверстия в кирпичах

Рис. 3. Опытная армокирпичная перемычка

Для изготовления перемычки использовали кирпич иранского производства марки 175¹ со сквозными отверстиями диаметром 32 мм. Здесь можно отметить, что для таких перемычек пригодны любые кирпичи и камни со сквозными отверстиями диаметром 16 мм и более. В то же время, очевидно, что достаточность сцепления арматуры с растворными швами и ее анкеровка на опорах должны проверяться в каждом отдельном случае.

Продольная арматура класса А-III уложена в предполагаемую растянутую зону, в сжатую зону – диаметром 10 мм также класса А-III. По концам стержни на длине 60 мм имеют резьбу для крепления к поддону при изготовлении перемычки. Опыт изготовления показал, что нарезка резьбы не является обязательной. Поперечная арматура (хомуты) выполнена из стальной проволоки диаметром 1 мм.

Раствор для кладки – цементно-песчаный с соотношением 1:3. Портландцемент Актауского завода марки 400. Песок – карьерный. Испытания образцов раствора показали, что его прочность (марка) составляет 7,5 МПа (75 кгс/см²). Прочность каменной кладки на сжатие в специальных экспериментах не проверялась, а расчетные величины приняты по СНиП II-22-81[1].

Изготовление перемычки производилось на специальном стенде в вертикальном положении, которое контролировалось с помощью отвеса. Водопоглощение кирпичей составляло 15%, поэтому

¹ По данным Испытательного центра ТОО «Центргеоаналит»

перед укладкой они вымачивались в течение двух суток.

Аналогов полученной опытной конструкции в литературе не было обнаружено, что делало необходимым проведение испытания пробной нагрузкой. При этом нормативные документы для испытания армированных конструкций отсутствуют. Наиболее близким документом является ГОСТ 8829-94[2], предназначенный для испытания нагружением железобетонных конструкций заводского изготовления.

При составлении программы испытания необходимо определить схему опирания конструкции. Очевидно, что перемишки могут заделываться в кирпичную стену на различную глубину, величина которой в ряде случаев проверяется расчетом. Глубина опирания одновременно служит зоной анкеровки продольной арматуры. В данном случае, однако, неизвестна величина сцепления арматуры с растворными швами, поэтому длина анкеровки должна составлять не менее 20 диаметров продольной арматуры, т.е. $l_{an} = 20 \cdot 12 = 240$ мм. В этой связи в эксперименте длина опирания принята равной 300 мм ($l_{an} = 30$ см).

Большая величина заглабления может обозначать заделку перемишки на опорах, воспроизвести которую в эксперименте достаточно сложно. В то же время, заделка балки на опорах по сравнению с шарнирным опиранием при нагружении означает уменьшение изгибающих моментов в пролете и появление их (с обратным знаком) на опорах. Наличие продольной арматуры в верхней и нижней зонах поперечного сечения позволяет предотвратить разрушение даже в случае действия моментов двух знаков. Поэтому принятие в эксперименте шарнирного опирания ведет к увеличению изгибающих моментов в пролете, т.е. к более раннему образованию трещин и разрушению. В эксперименте конструктивное оформление шарнирного опирания выполнено согласно требованиям ГОСТ 8829-94.

Как известно, существуют наружные (лицевые) и внутренние перемишки. Если наружные нагружены равномерно распределенной нагрузкой от собственной массы и массы вышележащих слоев лицевой кладки, то внутренние перемишки могут быть нагружены и сосредоточенными силами от балок (плит) перекрытия. Отличие в работе перемишек состоит также в том, что в лицевых перемишках нежелательно наличие трещин при действии эксплуатационных нагрузок, тогда как во внутренних они допустимы ограниченной ширины раскрытия. В связи с этим экспериментальную перемишку приняли в качестве лицевой, для которой, прежде всего, необходимо установить момент образования нормальных или наклонных трещин при действии равномерно распределенной нагрузки.

Согласно нормам наружные перемишки следует рассчитывать на давление от свежесуложенной, неотвердевшей кладки, эквивалентное весу пояса кладки высотой, равной 1/3 пролета для кладки в летних условиях и целому пролету для кладки в зимних условиях (в стадии оттаивания). В данном случае это составляет, при кладке из пустотелого

кирпича, $0,12 \cdot 1,3 \cdot 16 \text{ кН/м}^3 = 2,496 \text{ кН/м}$ (250 кгс/м). Данная величина была принята за контрольную нагрузку по трещиностойкости.

Равномерно распределенная нагрузка создавалась штучными грузами, укладываемыми согласно рекомендациям [2]. Ступени нагрузки не превышали 10% контрольной по трещиностойкости. Выдержка на каждой ступени составляла не менее 10 мин. Прогибы и смещения концов продольной арматуры измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 277-68. Возраст конструкции в начале испытаний составлял 40 дней.

На рис. 4 представлен последний этап нагружения перемишки – 2,54 кН/м (254 кгс/м), превышающий величину контрольной нагрузки по трещиностойкости (250 кгс/м).



Рис. 4. Заключительный этап нагружения перемишки

Тщательный осмотр поверхностей балки показал отсутствие трещин в растворных швах и кирпичах. Наблюдения за нагруженной конструкцией в течение последующих трех месяцев образования трещин не выявили. Таким образом, испытания подтвердили принципиальную возможность использования предложенной конструкции в качестве лицевой перемишки. Данный вывод подтверждается линейной зависимостью «нагрузка – прогиб» (рисунок 5) и отсутствием роста прогибов в течение трех месяцев нагружения. Проскальзывания продольной арматуры не зафиксировано.

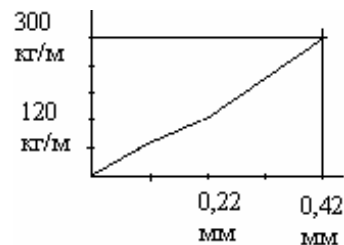


Рис. 5. График зависимости «нагрузка – прогиб»

В дальнейшем необходимо экспериментальное определение фактического момента образования трещин и разрушающей нагрузки с учетом статистической изменчивости; сравнение полученных значений с данными расчетов. Кроме того, предполагается изготовление и испытание серии

образцов с различным содержанием арматуры, определение предельных величин пролетов.

Необходим также расчет стоимости перемычек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции /Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1983. 40 с.
2. ГОСТ 8829-94. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением и оценка прочности, жесткости и трещиностойкости. МНТКС. Москва.

УДК 621.752(031)

Ж.Б. БАКИРОВ,
В.Ф. МИХАЙЛОВ

Анализ колебаний механических систем при случайном параметрическом и внешнем возбуждении

Статистические задачи динамики механических систем весьма актуальны для инженерной практики в связи с повышением уровня нагруженности механизмов и машин, увеличением их скоростей. Применение статистических методов существенно обогащает теорию колебаний, расширяет ее возможности в отношении описания и анализа реальных колебательных процессов.

Рассмотрим колебания линейной механической системы со случайно изменяющейся частотой при случайном внешнем возбуждении. Уравнение движения такой системы можно записать в следующем виде:

$$\ddot{u} + 2\varepsilon\dot{u} + \Omega^2[1 + \mu y(t)]u = q(t), \quad (1)$$

где $u(t)$ – обобщенное перемещение;

ε – коэффициент затухания;

Ω – частота собственных колебаний;

μ – коэффициент случайного параметрического возбуждения;

$y(t)$ – центрированный случайный процесс, описывающий флуктуации частоты собственных колебаний;

$q(t)$ – случайная функция, описывающая обобщенное внешнее воздействие.

Эта задача в стационарной постановке была рассмотрена в работе [1] сочетанием метода моментных функций и метода стохастического усреднения. В данной статье методом спектральных представлений получено стационарное и нестационарное решение рассматриваемой задачи.

Случайные воздействия на систему представим их спектральным разложением

$$y(t) = \int Y(\omega) e^{i\omega t} d\omega; \quad q(t) = \bar{q} + \int Q(\omega) e^{i\omega t} d\omega. \quad (2)$$

Нестационарное решение уравнения (1) ищем в виде

$$u(t) = \bar{u}\varphi(t) + \int U(\omega)W(\omega, t)e^{i\omega t} d\omega. \quad (3)$$

Подставляя (2) и (3) в (1) и усредняя, получим

$$\bar{u}(\ddot{\varphi} + 2\varepsilon\dot{\varphi} + \Omega^2\varphi) + \Omega^2\mu \int S_{uy}(\omega)W(\omega, t)d\omega = \bar{q} \quad (4)$$

Подставляя вновь (2) и (3) в (1) и переходя в пространство Фурье, получаем

$$U(\omega)[\ddot{W} + 2(\varepsilon + i\omega)\dot{W} - L(i\omega)W] + \Omega^2\mu[\bar{u}\varphi Y(\omega) + \int U(\omega')Y(\omega - \omega')W(\omega', t)d\omega'] + \delta(\omega)[(\ddot{\varphi} + 2\varepsilon\dot{\varphi} + \Omega^2\varphi)\bar{u} - \bar{q}] = Q(\omega), \quad (5)$$

где $L(i\omega) = \omega^2 - 2i\varepsilon\omega - \Omega^2$.

Умножим это уравнение на спектр $Y^*(\bar{\omega})$ и усредним, а затем проинтегрируем по $\bar{\omega}$. Далее умножим (5) на спектр $Q_{(\bar{\omega})}^*$ и проведем те же процедуры. Тогда получим связь между спектральными плотностями

$$S_{uy}(\omega)[\ddot{W} + 2(\varepsilon + i\omega)\dot{W} - L(i\omega)W] + \Omega^2\mu\bar{u}\varphi S_y(\omega) = 0, \quad (6)$$

$$S_{uq}(\omega)[\ddot{W} + 2(\varepsilon + i\omega)\dot{W} - L(i\omega)W] = S_q(\omega). \quad (7)$$

Эти уравнения записаны в предположении отсутствия корреляции между процессами $Y(t)$ и $q(t)$.

В уравнениях (4), (6), (7) спектры $S_{uy}(\omega)$, $S_{uq}(\omega)$ берутся из стационарного решения. Поэтому найдем это решение. Для этого достаточно везде положить $\varphi = 1$, $W = 1$. Из уравнений (6) и (7) следует

$$S_{uy}(\omega) = \Omega^2\mu\bar{u}S_y(\omega)/L(i\omega); \quad S_{uq}(\omega) = -S_q(\omega)/L(i\omega). \quad (8)$$

С учетом (8) из уравнения (4) для стационарного процесса имеем

$$\Omega^2\bar{u} = \bar{q}/(1 + \sigma_0^2), \quad (9)$$

где $\sigma_0^2 = \mu^2\Omega^2 \int S_y(\omega)d\omega/L(i\omega) = \mu^2\Omega^2 I_0$;

$$I_0 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega^2 - \Omega^2}{|L(i\omega)|^2} S_y(\omega)d\omega. \quad (10)$$

Рассмотрим уравнение комплексно-сопряженное к (5) для случая стационарного решения. Это уравнение умножим на спектр $U(\omega)$, осредним и проинтегрируем по частоте:

$$-L(-i\omega)S_u + \Omega^2\bar{u}\mu S_{uy} = S_{qu}.$$

Подставляя сюда (8), находим

$$S_u(\omega) = [S_q(\omega) + \Omega^4\bar{u}^2\mu^2 S_y(\omega)]/|L(i\omega)|^2$$

или с учетом (9)

$$S_u(\omega) = \frac{\{S_q(\omega) + \mu^2[\bar{q}/(1 + \sigma_0^2)]^2 S_y(\omega)\}}{|L(i\omega)|^2}. \quad (11)$$

Дисперсия стационарного процесса будет равна

$$\sigma_u^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S_u(\omega)d\omega = I_q + \mu^2\bar{q}^2 I_y / (1 + \sigma_0^2)^2, \quad (12)$$

где $I_q = \int_{-\infty}^{\infty} S_q(\omega)d\omega/|L(i\omega)|^2$, $I_y = \int_{-\infty}^{\infty} S_y(\omega)d\omega/|L(i\omega)|^2$.

В формулах (11) и (12) первое слагаемое учитывает вклад внешнего возбуждения и совпадает с решением линейной задачи без параметрического возбуждения, а второе слагаемое учитывает вклад параметрического возбуждения.

В качестве примеров расчета приведем некоторые результаты.

1. Оба процесса являются белыми шумами: $S_q = S_1/2\pi$, $S_y = S_0/2\pi$.

Тогда $I_0 = 0$, $I_q = S_1/4\epsilon\Omega^2$, $\sigma_u^2 = (S_1 + \mu^2\bar{q}^2 S_0)/4\epsilon\Omega^2$.

2. S_y – белый шум, а внешнее воздействие – экспоненциально-коррелированный процесс со спектральной плотностью $S_q = \frac{\sigma_q^2}{\pi} \frac{\alpha}{\omega^2 + \alpha^2}$.

В этом случае $I_2 = 0$, а

$$\sigma_u^2 = \frac{\sigma_q^2}{2\epsilon\Omega^2} \cdot \frac{\alpha + 2\epsilon}{\Omega^2 + \alpha^2 + 2\epsilon\alpha} + \frac{\bar{\mu}^2 \bar{q}^2 S_0}{4\epsilon\Omega^2}.$$

3. Оба процесса экспоненциально-коррелированы с параметрами σ_y , α_0 и σ_q , α .

Тогда $\sigma_0^2 = -\frac{\Omega^2 \mu^2 \sigma_y^2}{\Omega^2 + \alpha_0^2 + 2\alpha_0\epsilon}$;

$$\sigma_u^2 = \frac{1}{2\epsilon\Omega^2} \left[\frac{(\alpha + 2\epsilon)\sigma_q^2}{\Omega^2 + \alpha^2 + 2\epsilon\alpha} + \frac{\mu^2 \bar{q}^2 \sigma_y^2 (\alpha_0 + 2\epsilon)}{(1 + \sigma_0^2)(\Omega^2 + \alpha_0^2 + 2\epsilon\alpha_0)} \right].$$

На рисунке приведен график воздействия при различных интенсивностях параметрического возбуждения. При расчете принято: $\gamma_0 = \alpha_0/\Omega = 0,5$; $\gamma = \alpha/\Omega = 0,5$; $n = \epsilon/\Omega = 0,1$; $\bar{q} = 1$ м/с². Эти графики свидетельствуют о том, что с ростом стандарта случайного внешнего и случайного параметрического воздействия стандарт перемещения растет, причем большее влияние на рост оказывает внешнее воздействие. Так, при возрастании σ_q от 0,25 до 0,5 стандарт перемещения увеличивается на 60 %, в то же время при аналогичном возрастании интенсивности параметрического воздействия рост составляет 41,8 %.

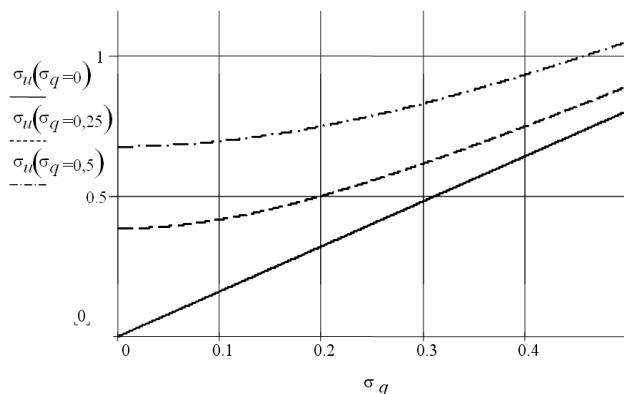


График изменения стандарта перемещения от стандарта внешнего воздействия

Вернемся к нестационарной задаче. Подставим в (4) и (6) $S_{uy}(\omega)$ и $\bar{u}$ из стационарного решения (8) и (9). Тогда получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\ddot{\varphi} + 2\epsilon\dot{\varphi} + \Omega^2\varphi + \Omega^2\mu^2 \int S_y(\omega) \times \\ \times W(\omega, t) d\omega / L(i\omega) = \Omega^2(1 + \sigma_0^2),$$

$$\ddot{W} + 2(\epsilon + i\omega)\dot{W} - L(i\omega)W = -L(i\omega)\varphi.$$

Для решения этой системы используем операторный метод. Введем для функции φ , W изображения по Лапласу

$$\varphi_*(s) = \int_0^\infty \varphi(t)e^{-st} dt, \quad W(\omega, s) = \int_0^\infty W(\omega, t)e^{-st} dt.$$

В пространстве изображений предыдущая система примет вид

$$\begin{aligned} \varphi_*(s^2 + 2\epsilon s + \Omega^2) + \Omega^4 \mu^2 \int \frac{S_y(\omega)}{L(i\omega)} W_*(\omega, s) d\omega = \\ = \Omega^2(1 + \sigma_0^2) / s + \dot{\varphi}_0 + \varphi_0(s + 2\epsilon), \\ W_*[s^2 + 2(\epsilon + i\omega)s - L(i\omega)] = \\ = -\varphi_* L(i\omega) + \dot{W}_0 + W_0(s + 2\epsilon + 2i\omega). \end{aligned} \quad (13)$$

В эти уравнения явно входят начальные значения функций и их производных: $\varphi_0 = \varphi(0)$, $\dot{\varphi}_0 = \dot{\varphi}(0)$, $W_0 = W(\omega, 0)$, $\dot{W}_0 = \dot{W}(\omega, 0)$.

Из второго уравнения системы (13) находим

$$W_*(\omega, s) = \frac{-\varphi_* L(i\omega) + \dot{W}_0 + W_0(s + 2\epsilon + 2i\omega)}{s^2 + 2(\epsilon + i\omega)s - L(i\omega)}. \quad (14)$$

Далее из первого уравнения системы (13) имеем

$$\begin{aligned} \varphi_* \left[s^2 + 2\epsilon s + \Omega^2 - \mu^2 \Omega^4 \int \frac{S_y(\omega) d\omega}{s^2 + 2(\epsilon + i\omega) - L(i\omega)} \right] = \\ = \Omega^2(1 + \sigma_0^2) / s + \dot{\varphi}_0 + \varphi_0(s + 2\epsilon) - \mu^2 \Omega^4 \times \\ \times \int \frac{[\dot{W}_0 + W_0(2 + 2\epsilon + 2i\omega)]}{L(i\omega)[s^2 + 2(\epsilon + i\omega) - L(i\omega)]} S_y(\omega) d\omega. \end{aligned} \quad (15)$$

Из этого уравнения после интегрирования по частоте в явном виде определяем функцию $\varphi_*(s)$. Подставляя ее в (14), находим функцию $W_*(\omega, s)$. Далее осуществляем переход к оригиналам φ , W . Эта процедура не представляет затруднений для изображений дробно-рационального вида. Решение задачи завершается вычислением дисперсии нестационарного процесса по формуле

$$\sigma_u^2(t) = \int_{-\infty}^\infty S_u(\omega) |W(\omega, t)|^2 d\omega,$$

где $S_u(\omega)$ определяется из стационарного решения (11).

Приведем пример расчета, полагая начальные условия для $W(\omega, t)$ нулевыми. Тогда уравнение (15) примет вид

$$\varphi_* = \frac{\Omega^2(1 + \sigma_0^2) + \varphi_0 s(s + 2\epsilon) + \dot{\varphi}_0 s}{s(E^2 + \Omega^4 \mu^2 I_s)}, \quad (16)$$

где

$$E^2 = s^2 + 2\epsilon s + \Omega^2; \quad I_s = \int_{-\infty}^\infty \frac{\omega^2 - E^2}{A_2(\omega)A_2(-\omega)} S_y(\omega) d\omega; \quad (17)$$

$$A_2(\omega) = \omega^2 - 2i\omega(\varepsilon + s) - E^2.$$

Пусть параметрическое воздействие является белым шумом. Тогда $I_s = 0$, $\sigma_0^2 = 0$ и по формулам (16) и (14) находим

$$\varphi_* = [\Omega^2 + \varphi_0 s^2 + s(2\varepsilon\varphi_0 + \dot{\varphi}_0)] / sE^2;$$

$$W_* = -\frac{\varphi_0 s^2 + s(2\varepsilon\varphi_0 + \dot{\varphi}_0) + \Omega^2}{s^2 + 2s(\varepsilon + i\omega) - L(i\omega)} L(i\omega) / sE^2.$$

Нетрудно убедиться, что изображения φ_* и W_* удовлетворяют всем предельным соотношениям, а именно:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varphi = \lim_{s \rightarrow 0} (s\varphi_*) = 1; \quad \lim_{s \rightarrow \infty} (s\varphi_*) = \varphi_0;$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} W = \lim_{s \rightarrow 0} (sW_*) = 1; \quad \lim_{s \rightarrow \infty} (sW_*) = 0.$$

Для определения оригиналов функции широко используются таблицы преобразований Лапласа [2]. Для дробно-рациональных изображений вида $\varphi_*(s) = g(s)/q(s)$. Оригинал определяется по формуле

$$f(t) = \sum \frac{g(s_k)}{q'(s_k)} e^{s_k t}, \quad (18)$$

где s_k – корни полинома $q(s) = 0$, а штрих означает производную по s .

Определим оригинал изображения φ_* . В нашем случае

$$s_{1,2} = -\varepsilon \pm ip \quad (p^2 = \Omega^2 - \varepsilon^2); \quad s_3 = 0;$$

$$q'(s) = 3s^2 + 4\varepsilon s + \Omega^2.$$

Подставляя все в (18) после алгебраических преобразований, находим

$$\varphi(t) = 1 - e^{-\varepsilon t} \left[\left(1 - \varphi_0 + \varepsilon \dot{\varphi}_0 / \Omega^2 \right) \cos pt + \frac{\varepsilon}{p} (1 - \varphi_0 - \dot{\varphi}_0 / \varepsilon) \sin pt \right].$$

Найдем оригинал $W_*(\omega, s)$. Обозначим $F_1(s) = \varphi_*(s)$, $F_2(s) = [s^2 + 2s(\varepsilon + i\omega) - L(i\omega)]^{-1}$.

Оригинал $f_2(t)$ найдем по таблицам преобразований: $f_2(t) = \frac{1}{p} e^{-(\varepsilon + i\omega)t} \sin pt$.

Тогда по формуле свертки имеем

$$W(\omega, t) = -L(i\omega) \int_0^t \varphi(\tau) f_2(t - \tau) d\tau = 1 - e^{-(\varepsilon + i\omega)t} \times$$

$$\times \left(\frac{\varepsilon + i\omega}{p} \sin pt + \cos pt \right) + p^{-1} (1 - \varphi_0) L(i\omega) e^{-(\varepsilon + i\omega)t} \times$$

$$\times \int_0^t e^{i\omega\tau} (\cos p\tau + \frac{\varepsilon}{p} \sin p\tau) (\sin p\tau \cos p\tau - \cos p\tau \sin p\tau) d\tau.$$

Для упрощения записей здесь принято $\dot{\varphi}_0 = 0$.

После интегрирования получаем

$$W(\omega, t) = 1 + e^{-(\varepsilon + i\omega)t} \left\{ -\cos pt - \frac{\varepsilon + i\omega}{p} \sin pt + \frac{(1 - \varphi_0) L(i\omega)}{2ip\omega(4p^2 - \omega^2)} \times \right.$$

$$\times \left[2p(\varepsilon - i\omega) \cos pt + (\omega^2 - 2p^2 + 2i\omega\varepsilon) \sin pt \right] \Big\} +$$

$$+ \frac{(1 - \varphi_0) L(i\omega)}{ip\omega(4p^2 - \omega^2)} e^{-\varepsilon t} \left[(2p^2 + \varepsilon i\omega) \sin pt + p(i\omega - 2\varepsilon) \cos pt \right].$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диментберг М.Ф. Случайные процессы в динамических системах с переменными параметрами. М.: Наука, 1989. 176 с.
2. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и z-преобразования. М.: Наука, 1971. 228 с.

УДК 622.867.2

**С.К. МАЛЫБАЕВ,
Н.А. ДАНИЯРОВ,
О.Т. БАЛАБАЕВ,
С.Ж. КОСБАРМАКОВ,
Д.М. НУРГАЛИЕВ**

Опыт эксплуатации магистрального ленточного конвейера фирмы «H+E LOGISTIK GMBH» на руднике «Нурказган»

Подземное месторождение медной руды, разрабатываемое на руднике «Нурказган», по сложности разработки отнесено к средней категории сложности с преимущественным развитием полускальных и скальных пород, ослабленных трещиноватостью, обводненных, открытых или перекрытых с поверхности связными породами невыдержанной мощности.

С 2009 г. на руднике производственным объединением (ПО) «Карагандацветмет», филиалом ТОО «Корпорация Казахмыс» запущена технологическая схема транспортирования медной руды в магистральной и участковых выработках с использованием высокопроизводительных ленточных

конвейеров немецкой фирмы «H+E Logistik GmbH». Технические характеристики ленточных конвейеров представлены в табл. 1.

Технология работ по добыче руды, применяемая на руднике, включает в себя следующие операции: горная масса после отбойки буровзрывным способом отгружается самоходными погрузочно-доставочными машинами в рудоспуски и через дробильные установки подается на участковый конвейер, с которого перегружается на магистральный ленточный конвейер, осуществляющий подъем полезного ископаемого на поверхность.

Режим работы конвейерного участка установлен в три смены по 8 часов, в том числе: две смены –

технологические и одна – ремонтная. В технологические смены, по опытным данным, магистральный конвейер, примерно 40 % времени работает вхолостую в связи с ожиданием подачи руды с рудоспуска. В ремонтную смену производятся техническое обслуживание и ремонт конвейеров, в том числе: замена роликов, вышедших из строя; очистка ленты (в местах установки очистителей ленты) и другие виды работ.

Эксплуатационная производительность конвейерного участка на сегодняшний день составляет примерно $Q_0 = 400$ т/ч, это обусловлено реальными условиями его работы:

- степенью заполнения грузонесущей ленты (производительность погрузки – 6 тонн в минуту);
- использованием конвейеров во времени (работа под нагрузкой примерно 0,6 ч).

Анализ эксплуатации магистрального ленточного конвейера выявил ряд эксплуатационных проблем при его работе, в числе которых:

- разрушение корпуса отклоняющих барабанов в местах крепления фланцев (6 случаев за полгода работы);
- многочисленные поломки роликов (около 15-16 в сутки);
- срезы по всей длине ленты на нерабочей стороне;
- некачественная очистка ленты от налипаемой горной массы (рис. 1).

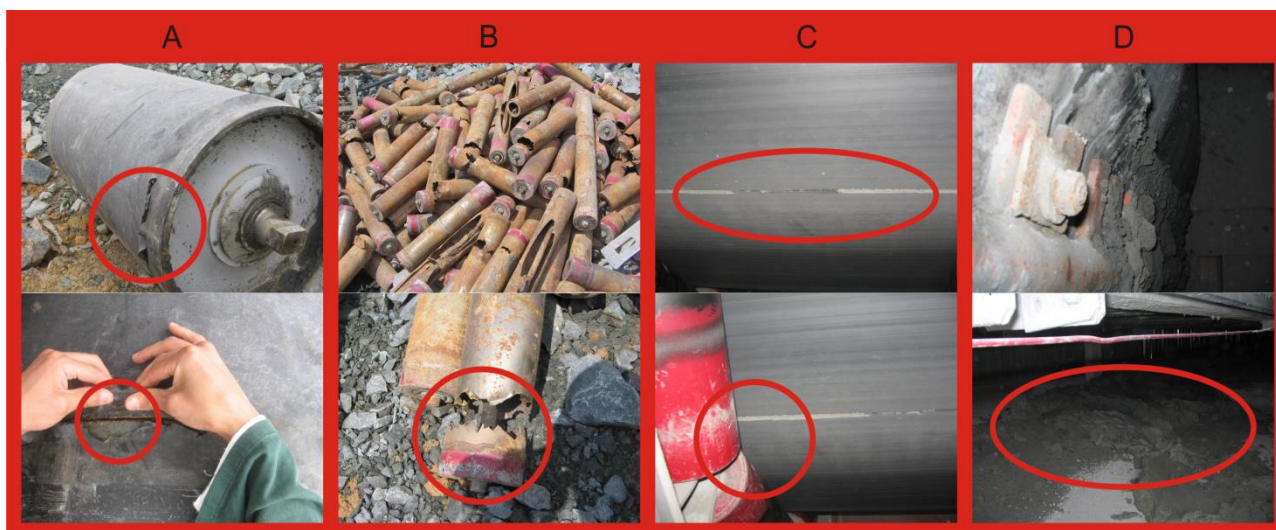
Основной целью исследований проблем, возникших при работе ленточного конвейера, – выявление причины: были ли конструктивные недоработки (несоответствие прочности применяемого материала, неправильно подобранные габаритные размеры), несоблюдение необходимой технологии работ, появление посторонних вибраций.

Результаты детального тягового расчета представлены на рис. 2, где $S_{\max} = 513881$ Н, $S_{\min} = 3387$ Н, соответственно тяговое усилие, реализуемое конвейером, $F_0 = 510494$ Н.

Таблица 1

Технические характеристики ленточных конвейеров, применяемых на руднике «Нурказган»

№	Наименование параметров	Единицы измерения	Конвейеры	
			участковый	магистральный
1	Эксплуатационная производительность	т/ч	400	400
2	Длина	м	400	1400
3	Скорость движения ленты	м/с	3	3
4	Характеристики транспортной ленты:			
	- тип	мм	Резинотросовая	Резинотросовая
	- ширина	Н/мм	1200	1200
	- разрывное усилие	мм	2500	2500
	- толщина обкладки		8/6	8/6
5	Мощность двигателя	кВт	355	355
6	Частота вращения	об/мин	1488	1488
7	Количество двигателей	шт.	2	4
8	Барабаны конвейеров (количество/диаметр/длина/толщина обечайки):	шт./мм/мм/мм		
	- отклоняющий		2/650/1500/12 1/1020/1500/16 1/1040/1500/16 1/650/1500/12 1/650/1500/12	4/650/1500/12 1/1020/1500/16 2/1040/1500/16 1/650/1500/12 1/650/1500/12
	- головной			
	- приводной			
	- натяжной			
	- хвостовой			
9	Роликоопоры:			
	- угол наклона боковых роликов верхней ветви	град.	35	35
	- расстояние между роликоопорами, верхними/нижними	м	1,2/2,5	1,2/2,5
	- диаметр роликов	мм	133	133
	- длина роликов, верхних/нижних	мм	460/700	460/700



А – несоответствие диаметров отклоняющих барабанов и диаметров приводных барабанов реальным нагрузкам;
 В – несоответствие конструктивных размеров роликов нагрузкам от перемещаемой горной массы;
 С – несоответствие типа ленты перемещаемой горной массе;
 D – некачественная очистка налипшей горной массы

Рис. 1. Основные неисправности при работе конвейера

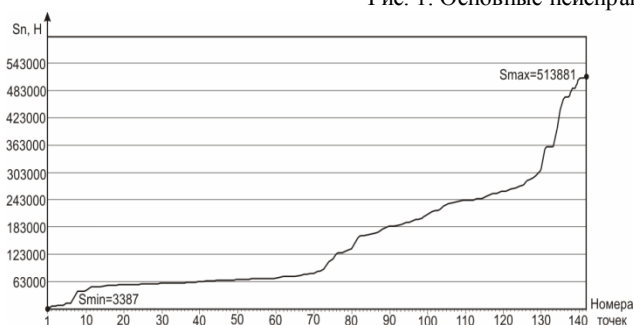


Рис. 2. График натяжения ленты конвейера

Мощность на приводном валу конвейера можно определить по следующей формуле [1]:

$$P_0 = \frac{F_0 \cdot v}{10^3 \cdot \eta_{\text{дв}}}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где v – скорость движения ленты, м/с;
 $\eta_{\text{дв}}$ – КПД приводного барабана, $\eta_{\text{дв}} = 0,9$.

$$P_0 = \frac{510494 \cdot 3}{10^3 \cdot 0,9} = 1702 \text{ кВт}.$$

Соответственно, необходимая мощность одного приводного двигателя должна быть

$$D_0 = \frac{P_0}{4} = \frac{1702}{4} = 426 \text{ кВт}.$$

Прочность резинометаллической ленты найдем по условию

$$S_{\text{max}} \leq \frac{S_{\text{раз.}}}{n}, \quad (2)$$

где $S_{\text{раз.}}$ – разрывное усилие ленты 1200 ST 2500-8/6 ШПС, $S_{\text{раз.}} = 3000 \text{ Н·см}$;

n – коэффициент запаса прочности, $n = 8$;

$S_{\text{max}} = 51,4 \text{ т}$.

Соответственно

$$51,4 \leq 37,5.$$

Как показывают результаты расчетов, условие прочности для применяемого типа резинометаллической ленты не выполняется.

Таким образом, выполненные расчеты и анализ возникающих проблем при работе магистрального ленточного конвейера фирмы «H+E Logistik GmbH» позволяют сделать следующие предварительные выводы:

- очевидно несоответствие потребной мощности одного приводного двигателя и фактически применяемых приводов;

- прочность резиноватеростойкой ленты должна быть не менее 51,4 т (2), фактически же используется лента с меньшей разрывной прочностью;

- эксплуатационная скорость движения ленты (3 м/с) превышает рекомендуемые значения при ширине ленты 1200 мм (табл. 2), для среднекусовых и крупнокусовых грузов скорость движения должна быть в пределах от 1,6 до 2,5 м/с [1];

- повышенная скорость движения ленты и абразивность перемещаемого материала предъявляют более жесткие требования к качеству изготовления и конструктивным параметрам роlikопор, роlikов и барабанов (диаметр ролика рекомендуется выбирать из нормального ряда диаметров по ГОСТ 22644-77, в частности: при ширине ленты 1200 мм и насыпной плотности груза свыше 2 т/м³, диаметры должны быть

минимум 159 мм с толщиной стенки не менее 5 мм [2], фактический диаметр применяемых роlikов 133 мм, а толщина 1-2 мм; диаметры отклоняющих барабанов на грузовой ветви, должны быть не менее диаметров приводных барабанов или головного разгрузочного барабана (1020-1040 мм), а фактические диаметры отклоняющих барабанов составляют 650 мм), кроме того, необходима динамическая балансировка вышеперечисленных узлов.

Все вышесказанное позволяет заключить, что конструктивные параметры (размеры роlikов, диаметры барабанов, мощность привода и тип ленты) применяемого ленточного конвейера не подходят для транспортирования скальной горной массы, а, скорее, целесообразны для условий угольных шахт.

Для более высокой точности определения рациональных конструктивных параметров эксплуатируемого магистрального конвейера необходимы детальные исследования динамических процессов, происходящих при работе конвейера, а также вопросов, связанных с налипанием перемещаемой горной массы к движущимся частям конвейера и их очисткой.

Таблица 2

Рекомендуемые скорости движения (м/с) ленты конвейера в зависимости от ширины ленты

Транспортируемые грузы	Ширина ленты, мм				
	400-500	650-800	1000-1200	1400-1600	2000-2500
Порошкообразные и зернистые	1,25-1,6	2-2,5	2,5-4	3,15-4	3,15-5
Мелко- и среднекусовые	1,25-1,6	1,6-2	2-2,5	2,5-3,15	3,15
Крупнокусовые	-	-	1,6-2	2-2,5	2,5-3,15

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиваковский А.О. Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983.
2. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1978. 392 с.

УДК 624.131.542

Е.С. УТЕНОВ

Расчет осадок фундаментов с учетом влияния локальных изменений сжимаемости и напряженного состояния основания здания

Предположим, что осадку фундамента составит суммарное сжатие элементарных объемов (кубиков) грунта, расположенных в пределах активной зоны основания под действием главных напряжений, возникающих в каждом из них от внешней нагрузки при полном загрузении фундамента. Для теоретического обоснования выдвинутого предположения общую систему напряжений представим в виде двух составляющих систем напряжений. При этом для первой составляющей системы имеет место лишь изменение объема («чистое» сжатие) под действием средних напряжений, а для второй составляющей – только

изменение формы [1]. Из сравнения систем напряжений следует, что главные напряжения (общая система) полностью учитывают изменения объема пор (уплотнение) грунта через первую составляющую напряжений. В то же время если учесть особенность грунтовой среды как пористой дисперсной системы, для которой деформация уплотнения непременно должна сопровождаться сдвигом, переупаковкой твердых частиц, следовательно, изменением формы, то принятое предположение достаточно близко моделирует объемное сжатие грунта основания фундамента под действием внешней нагрузки.

При принятии такого предположения для определения объемных осадок оснований могут быть использованы следующие схемы учета реального закона уплотнения грунтов [2]:

схема 1, согласно которой уплотнение грунта происходит под действием главных напряжений $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ в условиях трехосного сжатия, что имеет место в основании фундаментов или при испытании образцов в стабилометре;

схема 2, когда уплотнение грунта вызвано действием главных напряжений $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = \xi_0 \sigma_1$, что соответствует условию компрессионного сжатия грунта (где ξ_0 – коэффициент бокового давления грунта в состоянии покоя).

Анализ характера изменения коэффициента бокового давления грунта ξ в пределах активной зоны основания ленточного фундамента по направлениям действия σ_1 для приведенных случаев напряженного состояния показывает, что в отличие от данных экспериментов решение теории упругости приводит к резкому погашению этого показателя. В то же время для случаев «чистого» и компрессионного сжатия характерно постоянное значение коэффициента $\xi = \text{const}$ [2].

При расчете осадок фундаментов по традиционным методам главной задачей ставится определение перемещений грунтов от действия вертикальных напряжений σ_z . Однако в действительности осадка фундамента происходит за счет объемного уплотнения грунтов основания в пределах ограниченной зоны от результирующего действия всех компонентов напряжений. Этому подтверждение – замеренные размеры зоны уплотнения грунтов под опытными фундаментами значительно выходят за пределы изобары $\sigma_z = \sigma_{СТР}$ (где $\sigma_{СТР}$ – прочность структурных связей грунта при сжатии). Причем градиенты плотности грунта в деформируемой области основания распределяются радиально в соответствии с подобным характером перемещений частиц грунта относительно центра подошвы загруженного фундамента. Нами предложено оценивать фактические размеры уплотненной зоны основания ленточных фундаментов по изобарам наибольших главных напряжений $\sigma_1 = \sigma_{СТР}$, имеющим очертание в виде окружности, которые более близко отражают экспериментальные данные [3].

В.Н. Голубковым экспериментально установлено, что зона деформации уплотнения грунтов под квадратными фундаментами имеет шарообразную форму. Им предложен метод расчета осадок оснований фундаментов по условию равенства работ внешних и внутренних сил. Однако данный метод носит сугубо эмпирический характер, требует проведения специальных опытов, имеет узкую область применения и поэтому не приемлем для решения поставленных нами задач. Нами на основе

экспериментальных и теоретических исследований механизма взаимодействия фундамента с грунтовым основанием разработана расчетная схема основания (рис. 1, а), наиболее близко отражающая механические свойства реальных грунтов [2]. При этом в основу предлагаемого метода расчета осадок положены следующие исходные предпосылки:

1) основание состоит из реальных грунтов, отличающихся пористостью, дисперсностью, изменчивостью свойств и состояния при эксплуатации;

2) уплотнение грунта в любой точке основания происходит в направлении действия максимального сжимающего напряжения $\sigma_i^{\max}$ из всех его возможных значений согласно условию $\sigma_i^{\max} = \sigma_1^i$ (где σ_1^i наибольшее главное напряжение) в соответствии с законом изменения пористости грунта ($e_i = f(\sigma_1^i)$) в принятом диапазоне напряжений, действующих в рассматриваемых зонах I, II, III (условно для наглядности приняты три зоны); 3) осадка фундамента обусловлена уменьшением пористости грунтов вследствие объемного их сжатия результирующим действием напряжений в пределах активной зоны основания, определяемой из условия $\sigma_1 = \sigma_{СТР}$, и представляет сумму объемных осадок отдельных зон (I, II, III), отличающихся по степени загруженности.

В соответствии с принятой механической схемой основания и фундамента из рассмотрения условия равенства объемов твердых минеральных частиц грунта до и после его уплотнения в пределах каждой из выделенных зон I, II, III ... i нами получена формула для расчета осадки ленточного фундамента:

$$S = \frac{1}{A_0} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \left[V_{i\zeta} \cdot \left(1 - \frac{1 + e_2^{i\zeta}}{1 + e_1} \right) \right], \quad (1)$$

где A_0 – площадь подошвы ленточного фундамента;

i – рассматриваемая напряженная зона основания фундамента;

n – количество выделенных зон основания;

$V_{i\zeta}$ – объем i -й уплотняемой зоны основания;

e_1 – коэффициент пористости неуплотненного грунта природной структуры, определяемый по компрессионной кривой при нагрузке

$$P_1 = \sigma_1 = P_{cmp} = P_0 + \sigma_{cmp};$$

здесь P_{cmp} – структурная прочность грунта при сжатии;

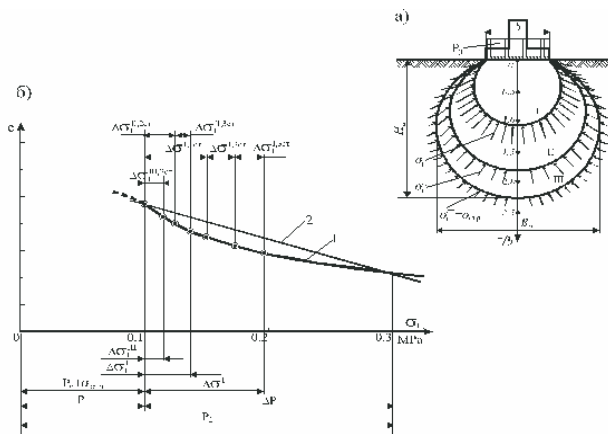
P_0 – природное давление в грунте;

$e_2^{i\zeta}$ – коэффициент пористости уплотненного грунта от действия максимального сжимающего напряжения в i -й зоне, принимаемый по компрессионной кривой при нагрузке

$$P_2^{i\zeta} = P_1 + \Delta\sigma_1^{i\zeta}; \text{ здесь } \Delta\sigma_1^{i\zeta} - \text{уплотняющее}$$

давление, принимаемое как разность диапазонов сжимающих напряжений, действующих в

рассматриваемой i -й зоне $\Delta\sigma_1^{i\zeta} = \sigma_1^{(2-1)\zeta} - \sigma_1^{i\zeta}$ (рис. 1,б).



а – расчетная модель основания и фундамента;
б – учет сжимаемости грунтов по предлагаемой методике;
1 – опытная кривая сжатия грунта при компрессионном испытании; 2 – спрямление опытной кривой при расчете по традиционной методике; ● – точки на опытной кривой, используемые при расчете осадки по новой методике

Рис. 1. Механическая схема для определения объемных осадок основания фундамента

Это уравнение представляет собой математическую модель предлагаемой принципиально новой механической схемы метода расчета осадок ленточных фундаментов. На основе разработанных математической модели (1) и расчетной схемы (рис. 1) нами получены аналитические выражения, позволяющие определить осадки ленточных фундаментов по зонам (I, II, III) и по слоям (h_I , h_{II} и h_{III}) грунтового основания [2].

Одним из главных достоинств нового метода является возможность осуществления расчета осадок фундаментов двумя путями, приводящими к единому результату и соответствующими 2-м характерным случаям нагружения основания.

1 случай – «разового» нагружения оснований, принятого условно для упрощения расчета, когда осадки зон I, II и III (рис. 1, а) определяются от уплотняющих напряжений, возникающих в соответствующих зонах от действия суммарной нагрузки $P_0: \Delta\sigma_1^I, \Delta\sigma_1^{II}, \Delta\sigma_1^{III}$ (рис. 1, б).

2 случай – ступенчатого нагружения основания, когда осадки зон I, II и III определяются от уплотняющих напряжений, возникающих в соответствующих зонах от раздельного действия каждой ступени нагрузки ($P_{1CT}, P_{2CT}, P_{3CT}$): в зоне I $\Delta\sigma_1^{I,1CT}, \Delta\sigma_1^{I,2CT}, \Delta\sigma_1^{I,3CT}$; в зоне II $\Delta\sigma_1^{II,2CT}, \Delta\sigma_1^{II,3CT}$; в зоне III $\Delta\sigma_1^{III,3CT}$ (см. рис. 1, б).

Кроме того, при таком подходе обеспечивается непосредственное включение в расчет реального закона уплотнения конкретного слоя грунта, отражающего характер изменения коэффициента пористости грунта (компрессионной кривой) в принятых диапазонах сжимающих напряжений. Это видно из рис. 1, б, где все точки, используемые при

расчете осадок по новой методике располагаются на опытной кривой. В то же время при определении деформационных характеристик грунта по традиционной методике допускается существенное искажение действительного закона уплотнения грунта, что связано со спрямлением опытной кривой. Наглядное подтверждение сказанного видно из сравнения кривой 1 и секущей прямой 2 на рис. 1, б.

Потенциальные возможности предлагаемой механической схемы фундамента и основания проиллюстрированы на рис. 2.

Универсальность нового метода расчета позволяет определить осадку фундамента как сумму осадок отдельных зон основания I, II и III: $S = S_I + S_{II} + S_{III}$ (см. схему на рис. 2а справа от оси симметрии); фундамента в виде суммы осадок различных слоев основания h_I, h_{II} и h_{III} : $S = S_{hI} + S_{hII} + S_{hIII}$ (см. схему на рис. 2а слева от оси симметрии); для фундамента возводимого здания с учетом локальных изменений сжимаемости грунтов основания (ослабление при подтоплении и упрочнение при длительном обжатии или естественная неоднородность свойств грунтов) (рис. 2а); для фундамента существующего здания при подтоплении основания сверху или снизу с учетом предшествующего уплотнения грунтов основания (рис. 2а); для фундамента надстраиваемого здания с учетом уплотненности грунтов различных зон основания и действия дополнительных нагрузок (рис. 2б); для примыкающих соседних фундаментов реконструируемого здания с учетом расстояния между ними, последовательности их загрузки, размеров подошвы, величины нагрузок и уплотненности грунтов основания (рис. 2в); для определения осадки фундамента при слоистом залегании различных грунтов (по схеме на рис. 2а слева от оси симметрии).

Для оценки достоверности предложенного метода расчета осадок воспользуемся результатами натурных наблюдений за деформациями грунтов основания и осадками фундаментов реального здания. Объектом наблюдения являлось 12-этажное крупнопанельное здание, возведенное на ленточных фундаментах с шириной подошвы 2,0 м, глубиной заложения 2,08 м и ожидаемой нагрузкой на основание 65 т/п.м. Основанием здания служила супесь серая, мягкопластичная с характеристиками $\gamma = 19$ кН/м³; $W = 0,31$; $e_0 = 0,810$; $e_1 = 0,732$; $E_0 = 6$ МПа; $\mu_0 = 0,35$; $\sigma_{стр} = 0,054$ МПа. В процессе возведения здания развитие осадки фундамента фиксировалось посредством стенной марки СМ13, а послойных перемещений грунта основания с помощью грунтовых марок, схемы размещения которых показаны на рис. 3. Из анализа приращений вертикальных перемещений грунтовых и стенных марок после возведения последних 3 этажей 12-этажного дома следует, что характер развития осадок грунта по различным зонам (I, II, III и IV) подтверждает степень их загруженности. Экспериментально установлено, что в самой напряженной зоне I основания соответствуют наибольшие значения измеренных осадок 12 мм...24 мм (ГМ12, СМ13); для зоны II – 10 мм...11 мм (ГМ11, ГМ15, ГМ17); для зоны III – 5 мм...8 мм (ГМ16,

ГМ14) и для зоны IV, расположенной за пределами границы (кривая 1, рис. 3а) активной области основания – 0 (ГМ19) [4].

На рис. 3 показаны эпюры осадок грунта основания фундамента, полученные теоретическим

путем с использованием нового метода расчета (эпюра А) и по эксперименту (эпюра Б). Из сравнения эпюр следует, что предложенная методика расчета осадок достаточно близко отражает закономерности деформирования грунтов оснований реальных зданий.

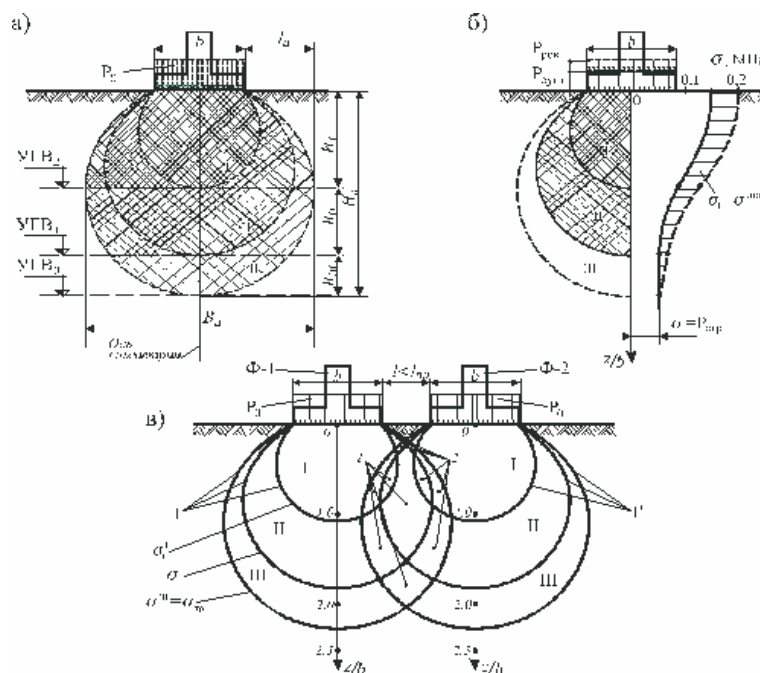


Рис. 2. Возможности предлагаемой расчетной схемы основания

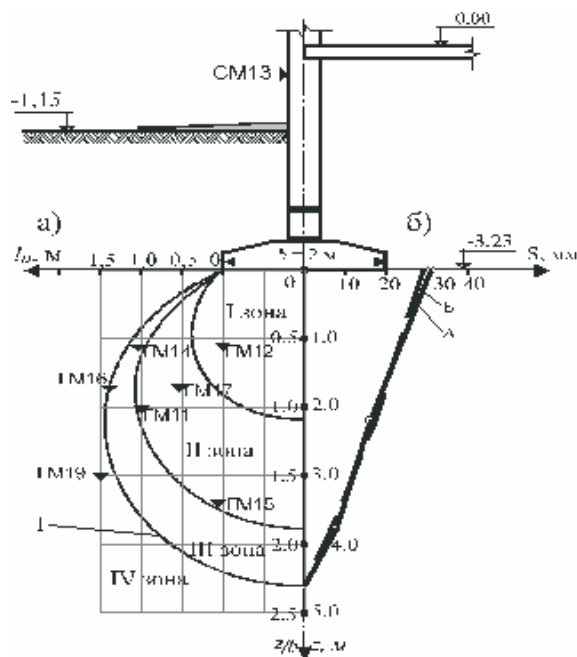


Рис. 3. Ленточный фундамент 12-этажного жилого дома

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снитко Н.К. Сопротивление материалов: учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 368 с.
2. Утепов Е.С. Расчет оснований зданий в условиях застроенных городских территорий. Караганда:Изд-во КарГТУ, 2004. 248 с.: ил.
3. Далматов Б.И., Утепов Е.С. К вопросу формирования зоны уплотнения глинистых грунтов под фундаментами // Механика грунтов, основания и фундаменты: Межвуз. темат. сб. тр. Л.: ЛИСИ, 1980. С. 5-12.
4. Утепов Е.С., Жусупбеков А.Ж., Сотников С.Н. Расчет осадок примыкающих фундаментов реконструируемых зданий // Тр. междунар. геотехн. конф. «Геотехнические проблемы строительства крупномасштабных и уникальных объектов», посвященной Году Российской Федерации в Республике Казахстан. Алматы, 2004. С. 437-442.

УДК 666.97.052

А.З. НУРМУХАНОВА,
Х.Г. АКАНОВРасчет полезной мощности, потребляемой
барабанным смесителем

Для определения полезной мощности при каскадном режиме воспользуемся рисунком. Круговой сегмент с центральным углом Ω представляет поперечное сечение материала загрузки, которую мы будем рассматривать как сплошное тело с центром тяжести в точке S . При вращении барабана смесителя, материал загрузки силой трения поворачивается на некоторый угол Θ и при постоянной скорости вращения остается все время в таком положении.

Сила тяжести G (Н) материала загрузки

$$G = 1000 \dot{V}_3 g = 1000 g \varphi \frac{\pi D^2}{4} L \gamma, \quad (1)$$

где M_3 – масса материала загрузки, т;

φ – степень заполнения объема барабана смесителя, доли ед.;

$D=2R$ – внутренний диаметр барабана смесителя, м;

L – длина барабана, м;

γ – насыпная плотность загрузки т/м³.

Сила тяжести G (Н) материала загрузки

Момент M силы тяжести G материала загрузки (Н·м) относительно оси вращения барабана:

$$\dot{M} = Gl, \quad (2)$$

где l – длина перпендикуляра, опущенного из центра O на направление силы G , м.

По рисунку определяем

$$l = X \sin \Theta, \quad (3)$$

где X – расстояние от центра O до центра тяжести S .

Центр тяжести кругового сегмента находится на прямой, делящей его центральный угол пополам, и на расстоянии X (м) от центра круга

$$X = \frac{2 R^3 \sin^3 \Omega / 2}{3 F}, \quad (4)$$

где F – площадь сегмента, м².

Если степень заполнения объема барабана смесителя равна φ , то $F = \varphi \pi R^2$, откуда

$$X = \frac{2 R^3 \sin^3 \Omega / 2}{3 \varphi \pi R^2} = \frac{1 \sin^3 \Omega / 2}{3 \varphi \pi} D. \quad (5)$$

Соответственно

$$l = \frac{1 \sin^3 \Omega / 2}{3 \varphi \pi} D \sin \Theta. \quad (6)$$

При расчетах полезной мощности барабанных смесителей плотность загрузки определяется с учетом заполнения жидкой массой густо между кусками заполнителя (щебня, гравия, и т.п.).

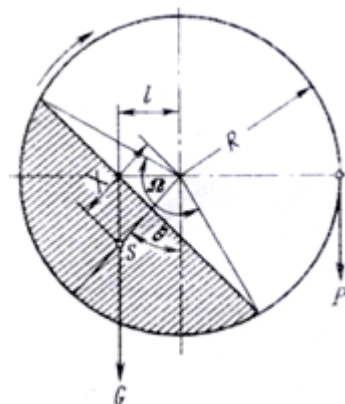


Схема к определению полезной мощности, потребляемой барабанным смесителем

Плотность жидкой массы (пульпы) определяется по формуле [1]:

$$\Delta = \delta_{\text{жс}} / [\delta_{\text{жс}} - \delta(\delta_{\text{жс}} - 1)], \quad (7)$$

где $\delta_{\text{жс}}$ – плотность кускового заполнителя, т/м³;

ρ – содержание твердых частиц мелкой фракции (по массе) в пульпе, доли единиц.

Таким образом, объемная масса (т/м³) загрузки с учетом заполнения пустот пульпой будет равна:

$$\gamma_3 = 0,68 \delta_{\text{жс}} + 0,4 \Delta. \quad (8)$$

Момент силы тяжести материальной загрузки стремится вращать ее, а вместе с ней силами трения и барабан смесителя в направлении, обратном вращению смесителя. Чтобы барабан мог вращаться в нужную сторону, усилие привода P должно создавать момент вращения $P \cdot R$, равный по величине и противоположный моменту M .

Работа вращающего момента привода за один оборот барабана смесителя равна произведению момента M на угол поворота 2π , т.е. $M \cdot 2\pi$, Н·м.

Отсюда потребляемая смесителем полезная мощность:

$$N_c = \frac{M \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{2\pi G \cdot l \cdot n}{60 \cdot 1000}, \text{ кВт.} \quad (9)$$

Подставляя в полученную формулу вместо G и l их выражения (1) и (3), приняв n и ψ и произведя все

необходимые действия, получим:

$$N_c \approx 3,6 D^{2,5} \cdot L \cdot \gamma \cdot \sin^3 \frac{\Omega}{2} \cdot \psi \cdot \sin \Theta, \text{ кВт}, \quad (10)$$

где $D \cdot L$ – диаметр и длина барабана смесителя.

Таким образом, согласно (10) полезная мощность, потребляемая смесителем, пропорциональна диаметру его барабана D в степени 2,5 и его длине L . Величина угла поворота материальной загрузки Θ в формуле (10) зависит в свою очередь от частоты вращения барабана смесителя, выражаемой через ψ , степени заполнения его кусками заполнителя φ и главным образом от коэффициента трения f , т.е., при определенных значениях ψ и φ параметром $\sin \Theta$ учитывается влияние внутреннего трения на полезную мощность.

Обычно полезная мощность N , потребляемая смесителем, следовательно, и его производительность принимается пропорциональной скорости вращения барабана, при прочих равных условиях, выражаемой параметром ψ . Однако из формулы (10) следует, что полезная мощность при отмеченных условиях пропорциональна не ψ , а произведению $\psi \cdot \sin \Theta$, т.е. мощность возрастает медленнее, чем частота вращения смесителя.

Для смесителей различных размеров при данных: степени заполнения их кусками заполнителя φ и частоты вращения барабана ψ , углы Ω и θ остаются постоянными. Это позволяет в формуле (10) произведение всех постоянных параметров заменить одним коэффициентом

$$\hat{E} = 3,63 \gamma \cdot \sin \frac{\Omega}{2} \cdot \varphi \cdot \sin \theta. \quad (11)$$

Тогда формула (10) примет вид:

$$N_c = K \cdot D^{2,5} \cdot L. \quad (12)$$

Пользуясь формулой (12), можно определять мощность смесителей с разными размерами D и L , работающими в аналогичных условиях, а формулу (11) можно использовать при одинаковых степенях заполнения их кусками заполнителя φ и при одинаковых относительных частотах вращения барабанов ψ в долях критической частоты вращения.

При вращении барабана смесителя со скоростью больше критической куски заполнителя смеси поднимаются по круговым траекториям на определенную высоту, а затем падают по параболическим траекториям на нижние слои загрузки барабана.

По аналогии с движением шаров в барабанных мельницах [2], полезная мощность барабанных смесителей с горизонтальной осью вращения, в которых реализуется водопадный режим движения кусков материала загрузки (смеси), может быть приближенно, оценена по формуле Неронова, которая удовлетворительно описывает процесс движения шаров, близкий к опытным данным:

$$N_n \cong 3,46 \frac{M}{\varphi} \sqrt{D} \cdot \psi [2(1 - K^4) - \frac{4}{3} \psi^4 (1 - K^6)]. \quad (13)$$

Параметры, входящие в эту формулу, имеют тот же смысл и значения, что и в формуле (10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров В.А. и др. Дробление, измельчение, грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1990. 306 с.
2. Королев К.М. Передвижные бетонорастворосмесители и бетононасосные установки. М.: Высшая школа, 1986. 215 с.

УДК 621.313.222

Д.М. СИЛКОВ

Нечеткий регулятор скорости электродвигателя последовательного возбуждения

Электродвигатели последовательного возбуждения (ДПВ) широко применяются в городском и промышленном транспорте. Требования к системе управления ДПВ этого класса машин сводятся к следующим:

- формирование экскаваторной механической характеристики;
- ограничение скорости при малых моментах нагрузки;
- стабильность динамических характеристик при реакциях на управляющие и возмущающие воздействия.

ДПВ как объект управления представляет собой нелинейное звено с переменными параметрами. Нелинейность двигателя особенно проявляется при ненасыщенной магнитной системе. В замкнутых системах электропривода это приводит к изменению статических и динамических характеристик электропривода. При насыщении ДПВ в динамическом отношении эквивалентен двигателю независимого возбуждения [1]. В [2] синтезирован адаптивный регулятор тока в составе системы подчиненного регулирования, обеспечивающий стабильность статических и динамических характеристик электропривода. Однако синтезированная система обладает высокой чувствительностью, поэтому требования к точности математической модели достаточно высоки. В то же время для электродвигателей одного типа характерен разброс конструктивных параметров в пределах допуска, а также изменение сопротивления обмоток в

процессе работы из-за их нагрева, что существенно влияет на стабильность характеристик адаптивной системы.

Для синтеза систем управления такими объектами, как ДПВ, перспективным является применение методов нечеткого управления, не требующих знания математических моделей, а также учета дрейфа и изменения параметров объекта. В основе нечеткого управления лежат не столько аналитические или теоретические модели, сколько практические знания, которые можно представить в форме так называемых лингвистических баз правил [3].

В качестве входных лингвистических переменных (ЛП) нечеткого регулятора примем:

- 1) «ошибка» (ε) – отклонение скорости ДПВ от заданного значения;
- 2) «скорость изменения ошибки» ($\dot{\varepsilon}$) – производная ошибки по времени;
- 3) «ток» (I) – сила тока двигателя;
- 4) «предыдущее напряжение» (U) – значение на выходе нечеткого регулятора на предыдущем шаге работы системы.

ЛП «производная по ошибке» используется для улучшения динамических характеристик системы управления. Она влияет на степень увеличения/уменьшения выходного сигнала регулятора. ЛП «ток» необходима для управления режимами токоограничения и защиты от ухода двигателя в «разнос» при малой нагрузке. ЛП «предыдущее напряжение» используется для подстройки

напряжения, необходимого для поддержания текущей заданной скорости.

Выходной ЛП системы нечеткого вывода является «напряжение» (V). Синтезированный нечеткий регулятор оперирует не приращениями напряжения на выходе, а выдает непосредственно управляющее воздействие, которое подается на ДПВ через управляемый преобразователь после нормирования до абсолютного значения напряжения по следующей формуле:

$$U = \omega_z \frac{U_i}{\omega_i},$$

где ω_z – заданная скорость;

U_n – номинальное напряжение;

ω_n – номинальная скорость.

В положительной области ошибки функция управления (зависимость управляющего воздействия регулятора от ошибки) представляет собой параллельный оси абсцисс участок прямой. Для обеспечения плавности регулирования и отсутствия колебаний скорости в области отрицательной ошибки функция управления должна иметь монотонно убывающий участок. Таким образом, для функции управления наиболее подходит сигмоидальная функция, описываемая уравнением $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax+b}}$,

где a и b – некоторые параметры. Форма желаемой функции управления ДПВ показана на рис. 1.

На рис. 1 представлены две группы графиков – для тока не больше номинального и превышающего номинальный. Каждая группа содержит графики для трех случаев:

1) $\dot{\varepsilon} < 0$, ошибка уменьшается – напряжение можно уменьшить;

2) $\dot{\varepsilon} = 0$, ошибка неизменна – напряжение необходимо повысить для того, чтобы начать снижение ошибки;

3) $\dot{\varepsilon} > 0$, ошибка растет – напряжение необходимо увеличить в большей степени, т.к. текущее напряжение слишком мало для воздействия на ошибку.

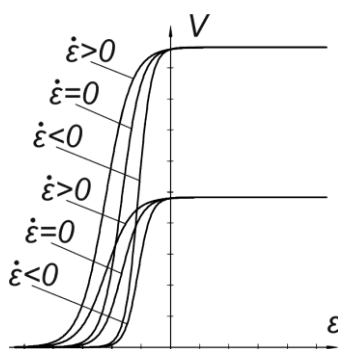


Рис. 1. Желаемая форма функции управления

В разработанном нечетком регуляторе используется алгоритм Сугено (Sugeno), предложенный Сугено и Такаги [3]. Данный алгоритм оперирует действительными числами в качестве термов выходных переменных. В качестве логической

операции И используется умножение, операции ИЛИ – вероятностное ИЛИ, метода импликации – произведение, для дефаззификации выходных переменных используется метод взвешенной суммы. Графики функций принадлежности (ФП) для термов входных ЛП изображены на рис. 2, где NB – отрицательная большая, NM – отрицательная средняя, NS – отрицательная малая, Z – нулевая, P – положительная, N – отрицательная, S – малый, B – большой.

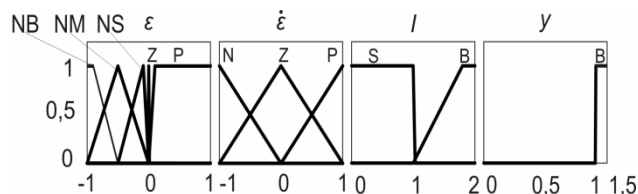


Рис. 2. Функции принадлежности термов входных ЛП

Точность данной системы, главным образом, зависит от величины интервала ФП центрального терма Z ЛП «ошибка» и в итоге определяется техническими возможностями реализации. Максимально допустимый ток якоря двигателя можно регулировать, изменяя параметры ФП терма B ЛП «ток».

Для выходной ЛП «напряжение» используется 8 термов: neg = -0,9; pos1 = 0,15; pos2 = 0,3; pos3 = 0,4; pos4 = 0,5; pos5 = 0,65; pos6 = 1; pos_bigger = 1,25. Термы pos1 – pos6 используются для регулирования напряжения при различных значениях ошибки и скорости ее изменения. Терм neg используется для ограничения пускового и перегрузочного токов. За дополнительное повышение текущего напряжения отвечает терм pos_bigger.

Проведенный анализ поставленной задачи управления позволил сформулировать следующие эвристические правила управления ДПВ:

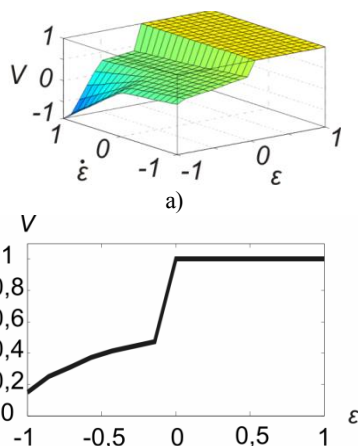
1. ЕСЛИ (ε есть P), ТО (V есть pos6).
2. ЕСЛИ (ε есть NS) И ($\dot{\varepsilon}$ есть N), ТО (V есть pos5).
3. ЕСЛИ (ε есть NS) И ($\dot{\varepsilon}$ есть Z), ТО (V есть pos4).
4. ЕСЛИ (ε есть NS) И ($\dot{\varepsilon}$ есть P), ТО (V есть pos3).
5. ЕСЛИ (ε есть Z), ТО (V есть pos6).
6. ЕСЛИ (ε есть NM) И ($\dot{\varepsilon}$ есть N), ТО (V есть pos4).
7. ЕСЛИ (ε есть NM) И ($\dot{\varepsilon}$ есть Z), ТО (V есть pos3).
8. ЕСЛИ (ε есть NM) И ($\dot{\varepsilon}$ есть P), ТО (V есть pos2).
9. ЕСЛИ (ε есть NB) И ($\dot{\varepsilon}$ есть N), ТО (V есть pos2).
10. ЕСЛИ (ε есть NB) И ($\dot{\varepsilon}$ есть Z), ТО (V есть pos1).
11. ЕСЛИ (ε есть NB) И ($\dot{\varepsilon}$ есть P), ТО (V есть neg).
12. ЕСЛИ (I есть pbig), ТО (V есть neg).
13. ЕСЛИ (ε есть P) И (I есть S) И (y есть B), ТО (V есть pos_bigger).

На рис. 3а изображена поверхность нечеткого вывода для тока двигателя не больше номинального. Приняв $\dot{\varepsilon} = 0$, получим функцию управления, изображенную на рис. 3б (при $I = 1$, $y = 0,5$). Как видно из рисунка, функция управления синтезированного нечеткого регулятора имеет форму, схожую с желаемой (рис. 1).

Структурная схема нечеткой системы управления

ДПВ показана на рис. 4, где $\frac{dp}{dt}$ – дифференцирующий блок; Н – блок нормирования входных сигналов; Z^{-1} – блок задержки сигнала на один такт; ДН – блок денормирования выходного сигнала нечеткого регулятора; УП – управляемый преобразователь; Д – двигатель.

Имитационное моделирование проводилось в подсистеме Simulink программной среды MATLAB. В качестве объекта управления был использован электродвигатель последовательного возбуждения ДПТ ПВ МП-82 ($U_H = 220$ В, $P_H = 100$ кВт, $n_H = 475$ об/мин, $I_H = 500$ А, $J = 25,3$ кг·м², $Q = 3900$ кг). Система моделировалась в режимах скачка и сброса момента нагрузки. Результаты имитационных экспериментов изображены на рис. 5, где представлены переходные процессы скорости в системе с адаптивным регулятором тока [2] (а) и переходные процессы электропривода с нечетким регулятором скорости (б).



б)

Рис. 3. Поверхность нечеткого вывода(а) и функция управления (б)

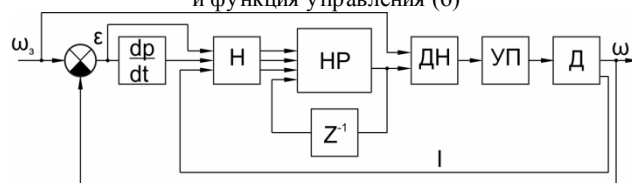


Рис. 4. Структурная схема нечеткой системы управления

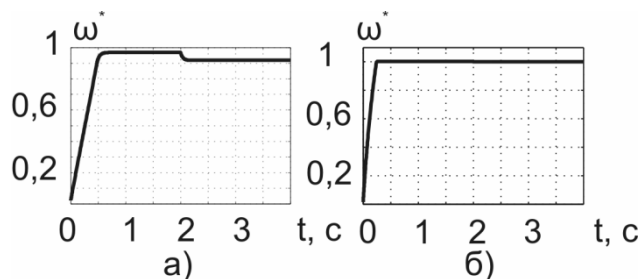


Рис. 5. Результаты имитационных экспериментов

Как следует из графиков, электропривод с нечетким регулятором по сравнению с адаптивным регулятором тока обладает меньшим временем переходного процесса и меньшей статической ошибкой, в системе отсутствует перерегулирование. Таким образом, использование нечеткого управления в системах стабилизации скорости электропривода последовательного возбуждения позволяет добиться высоких динамических и статических характеристик управления без использования математической модели ДПВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каган В.Г., Лебедев Г.В., Малинин Л.И. Полупроводниковые системы с двигателями последовательного возбуждения. М.: Энергия, 1977. 90 с.
2. Брейдо И.В. Синтез адаптивного регулятора тока электродвигателя последовательного возбуждения // Изв. вузов. Горный журн. 1993. №9. С. 125 – 129.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

УДК 004.056.55

М.А. БЕЙСЕНБИ,
Б.Е. ТАЙЛАК

Исследование порождения детерминированного хаоса и криптографическая система защиты информации в компьютерных сетях

В распределенных компьютерных сетях при передаче данных наибольшее распространение получили комбинированные методы шифрования – поточные режимы использования блочных шифров, использующие принцип формирования потока ключей (гаммы шифра) с помощью генераторов псевдослучайных последовательностей (ПСП), в качестве функции обратной связи или функции выхода которых используется функция зашифрования блочного шифра [1].

Как известно, статистически безопасный генератор ПСП должен удовлетворять следующим требованиям [2]:

– ни один статистический тест не обнаруживает в ПСП каких-либо закономерностей;

– нелинейное преобразование F_k , зависящее от секретной информации (ключа k), используемое для построения генератора, обладает свойством «размножения» искажений – все выходные векторы e'

возможны и равновероятны независимо от исходного вектора e ;

– при инициализации случайными значениями генератор порождает статистически независимые ПСП.

Одним из перспективных направлений криптографической защиты информации является применение алгоритмов, основанных на поведенческих свойствах нелинейных динамических систем, т.н. детерминированном хаосе.

Такой алгоритм, использующий в своей основе модель нелинейной системы в качестве генератора ПСП, позволит получать зашифрованные последовательности, характеризующиеся аperiodичностью, непредсказуемостью и равномерностью распределения получаемых данных на всем интервале.

В общем случае детерминированный шифр G определяется следующим образом: $G = (P, C, K, F)$, где P – множество входных значений; C – множество выходных значений, K – пространство ключей; F – функция зашифрования $F: P \times K \rightarrow C$.

Рассмотрим модель нелинейной системы в качестве генератора ПСП. Если предположить, что $x(t)$ – непрерывная дифференцируемая функция, то динамика изменения $x(t)$ в простейшем случае может быть описана следующим образом:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\alpha}{T} x \left(1 - \frac{\gamma}{\alpha} x \right). \quad (1)$$

Логистическое уравнение (1) можно представить в виде одномерного отображения

$$x_{n+1} = \left(1 + \frac{\alpha}{T} \right) x_n \left(1 - \frac{\gamma}{\alpha} x_n \right). \quad (2)$$

Исследуем квадратичное отображение $\varphi: R \rightarrow R$, где

$$\varphi(x, \alpha, \gamma, T) = \frac{T + \alpha}{T} x \left(1 - \frac{\gamma}{\alpha} x \right) = \frac{T + \alpha}{T} \frac{\gamma}{\alpha} x \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x \right), \quad (3)$$

$$T > 0, \alpha > 0, \gamma > 0.$$

Данное квадратичное отображение (3) зависит от параметров α, γ, T . Нас будет интересовать поведение функций $\varphi(x, \alpha, \gamma, T)$ на отрезке $[0, \alpha/\gamma]$. Графики всех этих функций пересекают ось абсцисс в точках $x=0$, $x = \frac{\alpha}{\gamma}$. Глобальный максимум функций

$$y = \varphi(x, \alpha, \gamma, T) \text{ достигается в точке } x = \frac{\alpha}{2\gamma}: \max_{x \in R}$$

$$\varphi(x, \alpha, \gamma, T) = \frac{T + \alpha}{T} \frac{\alpha}{4\gamma}. \quad \text{Будем исследовать}$$

неподвижные точки отображения $\varphi^k, k \geq 1$, где $\varphi^k = \varphi(\varphi^{k-1}), \varphi^0 = I$ – тождественные отображения.

Сначала рассмотрим случай $k=1$. Из соотношения $x = \varphi(x, \alpha, \gamma, T)$ имеем $x_1 = 0, x_2 = \frac{\alpha}{T + \alpha} \frac{\alpha}{\gamma}$. Таким

образом, точки x_1, x_2 являются неподвижными точками оператора φ , следовательно неподвижные точки оператора φ^k для всех $k \geq 1$. Кроме того, из

$$\varphi\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right) = 0 \text{ и } \varphi(0) \text{ следует, что } \varphi\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right) = 0, \forall k \geq 1. \text{ Так}$$

как $\varphi(x, \alpha, \gamma, T) < 0$ при $x < 0$ и $x > \frac{\alpha}{\gamma}$, поэтому при

$x \geq \frac{\alpha}{\gamma}$ не может быть неподвижная точка оператора φ^k для всех $k \geq 1$.

Для случая $x < 0$. Из условий $\varphi'(x, \alpha, \gamma, T) = \frac{T + \alpha}{T} \left(1 - \frac{2\gamma}{\alpha} x \right) > 0$ при всех $x < \frac{\alpha}{2\gamma}$ следует, что

функция φ строго возрастает на интервале $\left(-\infty, \frac{\alpha}{2\gamma}\right)$,

причем $x > \varphi(x, \alpha, \gamma, T)$ при любом $x < 0$. Поэтому $x > \varphi(x) > \varphi^k(x), \forall k > 1$ и при любом $x < 0$, т.е. φ^k не имеет неподвижной точки при $x < 0$.

Функция φ на отрезке $\left[0, \frac{\alpha}{2\gamma}\right]$ возрастает от нуля

до максимального значения $\frac{T + \alpha}{T} \frac{\alpha}{4\gamma}$ и на отрезке

$\left[\frac{\alpha}{2\gamma}, \frac{\alpha}{\gamma}\right]$ убывает от $\frac{T + \alpha}{T} \frac{\alpha}{4\gamma}$ до нуля.

Теперь исследуем наличие неподвижной точки функции $\varphi^2(x) = \varphi(\varphi(x))$, т.е. корни уравнения:

$$x = \varphi^2(x) = \left(\frac{T + \alpha}{T} \right)^2 x \left(\frac{\gamma}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x \right) \times$$

$$\times \left(\frac{\alpha}{\gamma} - \frac{T + \alpha}{T} \frac{\gamma}{\alpha} x \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x \right) \right).$$

Т.к. неподвижные точки φ являются неподвижными точками для φ^2 , поэтому

$$\left(\frac{T + \alpha}{T} \right)^2 \frac{\gamma^2}{\alpha^2} \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x \right) \times$$

$$\times \left(\frac{\alpha}{\gamma} - \frac{T + \alpha}{T} x + \frac{T + \alpha}{T} \frac{\gamma}{\alpha} x^2 \right) - 1 = d(x_2 - x)(x^2 + ax + b).$$

Из равенства многочленов имеем:

$$d = \left(\frac{T + \alpha}{T} \right)^3 \frac{\gamma^3}{\alpha^3}, \quad a = -\frac{2T + \alpha}{T + \alpha} \frac{\alpha}{\gamma},$$

$$b = \frac{(2T + \alpha)T}{(T + \alpha)^2} \left(\frac{\alpha}{\gamma} \right)^2.$$

Новыми неподвижными точками являются корни квадратного уравнения $x^2 + ax + b = 0$. Вычислим

$$\text{дискриминант: } D = \left(\frac{\alpha}{\gamma} \right)^2 \left(\frac{2T + \alpha}{T + \alpha} \right)^2 - 4 \frac{(2T + \alpha)T}{(T + \alpha)^2} \left(\frac{\alpha}{\gamma} \right)^2$$

$$= \left(\frac{\alpha}{\gamma}\right)^2 \frac{(2T+\alpha)(\alpha-2T)}{(T+\alpha)^2}. \text{ Откуда следует, что } D < 0$$

при $\alpha < 2T$, поэтому при $T < \alpha < 2T$ неподвижными точками функции $\varphi^2(x)$ являются только точки

$$x_1 = 0 \text{ и } x_2 = \frac{\alpha}{T+\alpha} \frac{\alpha}{\gamma}. \text{ Если } \alpha \geq 2T, \text{ тогда } D \geq 0 \text{ и}$$

$$x_{3,4} = \frac{\alpha}{2\gamma} \frac{2T+\alpha}{T+\alpha} \left(1 \mp \sqrt{\frac{\alpha-2T}{\alpha+2T}}\right).$$

Заметим, что при $\alpha = 2T$ три неподвижные точки совпадают $x_2 = x_3 = x_4 = \frac{\alpha}{T+\alpha} \frac{\alpha}{\gamma}$.

Если для одномерного ограниченного отображения (3) во всей области значений x выполнено неравенство $|d\varphi/dx| > 1$, то такое отображение обладает свойством неустойчивости [1]: близкие точки под действием преобразования φ расходятся экспоненциально быстро, оставаясь в пределах конечного интервала. Следовательно, динамика такого отображения во многом аналогична динамике системы со странным аттрактором [3].

Исследуем сложное поведение однопараметрического отображения (4), постепенно увеличивая параметр α в интервале от T до $3T$, и будем следить за изменениями динамики этого точечного отображения.

При $\alpha \leq T$ первая стационарная точка x_1 является отталкивающей, а вторая x_2 – аттрактором, поскольку:

$$\frac{dx_{n+1}}{dx_n} = \left| \varphi'(x_1, \alpha, \gamma, T) \right| = \left| 1 + \frac{\alpha}{T} - 2\frac{\gamma}{\alpha}x - 2\frac{\gamma}{T}x \right|_{x=x_1} = \left| \frac{T+\alpha}{T} \right| > 1.$$

$$\frac{dx_{n+1}}{dx_n} = \left| \varphi'(x_2, \alpha, \gamma, T) \right| = \left| 1 + \frac{\alpha}{T} - 2\frac{\gamma}{\alpha}x - 2\frac{\gamma}{T}x \right|_{x=x_2} \leq 1.$$

Последнее неравенство выполняется при любом изменении α на интервале $0 < \alpha \leq 2T$. Но точка $x_1 =$

$\frac{\alpha}{T+\alpha} \frac{\alpha}{\gamma}$ является аттрактором только пока $\alpha \leq 2T$ – при больших значениях α производная функции $\varphi(x)$ в точке x_1 меньше единицы.

Для того чтобы понять, что происходит при переходе через значение $\alpha = 2T$, рассмотрим одновременно функции $\varphi(x)$ и $\varphi^2(x)$:

$$\begin{aligned} \varphi^2(x) = \varphi(\varphi(x)) &= \left(\frac{T+\alpha}{T}\right)^2 \left(\frac{\gamma}{\alpha}\right)^2 x \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x\right) \times \\ &\times \left(\frac{\alpha}{\gamma} - \frac{T+\alpha}{T} \frac{\gamma}{\alpha} x \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x\right)\right). \end{aligned}$$

Отсюда уравнение $x = \left(\frac{T+\alpha}{T}\right)^2 \left(\frac{\gamma}{\alpha}\right)^2 x \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x\right) \times \left(\frac{\alpha}{\gamma} - \frac{T+\alpha}{T} \frac{\gamma}{\alpha} x \left(\frac{\alpha}{\gamma} - x\right)\right)$ имеет четыре неподвижные точки: естественно, две из них, x_1 и x_2 , являются

неподвижными точками для функции $\varphi(x)$, две другие, x_3 и x_4 , возникают вблизи точки $x_2 = \frac{\alpha}{T+\alpha} \frac{\alpha}{\gamma}$.

Производные функции $\varphi^2(x)$ в этих точках $\varphi^2(x_3)$ и $\varphi^2(x_4)$ не превосходят по модулю единицы. Это значит, что для функции $\varphi^2(x)$ они являются аттракторами, поэтому и соответствующий цикл второго порядка функции $\varphi(x)$ – аттрактор.

При $\alpha \cong 2T$ произошло удвоение цикла: из цикла первого порядка возник цикл второго порядка, причем свойство притяжения перешло к этому новому циклу – такие значения параметра α называются точками бифуркации.

При дальнейшем росте параметра α необходимо рассматривать уже три функции $\varphi(x)$, $\varphi^2(x)$ и $\varphi^4(x)$. Последняя из этих функций является (по x) многочленом восьмой степени. Ее неподвижными точками до значения параметра $\alpha \leq \sqrt{6}T$ являются только четыре неподвижные точки функции $\varphi^2(x)$.

При $\alpha = \sqrt{6}T$ производные функции $\varphi^2(x)$ в точках x_1, x_2, x_3 и x_4 становятся равными -1 и при дальнейшем росте α вблизи каждой из них возникают пары неподвижных точек функции $\varphi^4(x)$.

Для функции $\varphi^2(x)$ эти точки образуют два устойчивых цикла второго порядка, а для функции $\varphi(x)$ – устойчивый цикл четвертого порядка. При $\alpha > (2,54...)T$ этот цикл становится неустойчивым и его сменяет устойчивый цикл периода 8 и т.д.

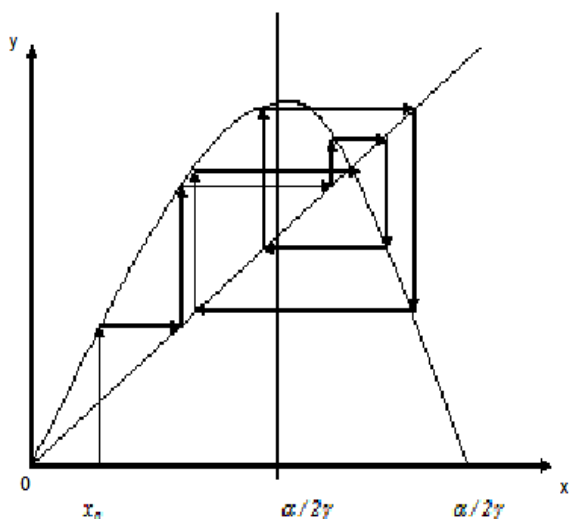
Механизм дальнейшего развития событий аналогичен: при некотором значении параметра $(2,54...)T < \alpha < \alpha_\infty = (2,56699...)T$ (очередная точка бифуркации) устойчивый цикл порядка 2^{n-1} функции $\varphi(x)$ расщепляется на два, которые образуют цикл порядка

2^n , ($n = 1, 2, \dots$). При этом «старый» цикл теряет свойства аттрактора, передав их новому циклу, и $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n$ является конечным. Причем, оказывается, $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n < 3T$.

Тем самым функция $\varphi(x)$ имеет циклы порядков 2^n при всех натуральных n . Последовательные бифуркации удвоения периодов притягивающего цикла отображения (3) происходят до значения $\alpha = \alpha_\infty = T (2,56699...)$, при котором притягивающий цикл достигает бесконечно большого периода, а циклы периодов $2^n, n = 1, 2, \dots$, будут отталкивающими. Циклов других периодов квадратичное отображение (4) в этом случае не имеет.

При $\alpha_\infty < \alpha \leq 4T$ отображение имеет циклы с любым периодом, в том числе и аperiodические траектории. Такие траектории при последовательных итерациях будут нерегулярными, хаотическим

образом блуждать внутри четырехугольника длиной $\frac{\alpha}{\gamma}$ и шириной $\frac{T+\alpha}{T} \frac{\alpha}{4\gamma}$ (см. рис.).



Апериодические траектории отображения

Таким образом, при $\alpha < \alpha_\infty$ отображение (3) имеет единственный устойчивый цикл периода 2^n , который, кроме множества меры нуль, притягивает все точки из отрезка $\left[0, \frac{\alpha}{\gamma}\right]$. Когда $\alpha > \alpha_\infty$, динамика отображения (3) становится более сложной. В этом случае существуют апериодические траектории, не притягивающиеся к циклам.

Последовательность значений α_n , при которых наблюдаются бифуркации удвоения периода, удовлетворяет закону:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[(\alpha_n - \alpha_{n-1}) / (\alpha_{n+1} - \alpha_n) \right] = \delta = 4,6692 \dots$$

Число δ является универсальной постоянной Фейгенбаума [4]. Оно показывает, что последовательность бифуркаций удвоения является универсальной.

Проведенный анализ модели нелинейной системы в качестве генератора ПСП показал, что значения псевдослучайных последовательностей α_n скапливаются возле некоторого особого значения α_∞ , после чего получаются орбиты с «бесконечным периодом» [3], т.е. с ярко выраженным хаотическим поведением. В конечном счете все пространство состояний динамической системы оказывается принадлежащим единственному хаотическому аттрактору, характеризуемому неустойчивостью и чувствительностью к начальным условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асосков А.В. и др. Поточные шифры. М.: Кудиц-Образ, 2003. 334 с.
2. Иванов М.А., Чугунков И.В. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей. М.: Кудиц-Образ, 2003. 240 с.
3. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. М.: Наука, 1990. 272 с.
4. Фейгенбаум М. // УФН. 1983. Т.141. С. 343 – 374.

УДК 621.3.082

Т.Л. ТЕН,
Г.Д. КОГАЙ

Моделирование взаимодействия элементов в информационной структуре ИИС

Уровень взаимодействия элементов информационно-измерительных систем (ИИС) во многом определяется свободным перемещением корреспондирующей информации между элементами ИИС. Большое значение имеет создание постоянно действующей системы формирования информационных ресурсов, учитывающей реальные потребности элементов структуры и планирование рационального развития информационной инфраструктуры ИИС. При этом важно иметь оценку сложности информационного обмена между

элементами системы. Рассмотрим модели анализа взаимодействия элементов при заданной сети коммуникаций между ними.

Интенсивность потенциального взаимодействия (корреспонденций) между элементами будем задавать матрицей $\Lambda = \|\lambda_{ij}\|$. Потенциальные потребности взаимодействия реализуются в виде реальных потоков, которые могут быть представлены совокупностью матриц корреспонденции между пунктами обмена информацией в существующих

информационных сетях: $D^k = \|d_{\zeta\eta}^k\|$, где $d_{\zeta\eta}^k$ – интенсивность обмена между пунктами ζ и η существующей информационной сети k .

Для совершенствования системы коммуникаций необходимо оценить сложность реализации потенциального взаимодействия. На первом этапе следует определить реальные корреспонденции между элементами. Для этого можно получить данные о связях между элементами в существующих информационных сетях, рассмотреть потоки, складывающиеся в этих сетях и определить зависимость потоков и корреспонденций.

Связи между элементами можно отразить мультиграфом, дуга которого характеризует некоторый s -й путь h_{ijs} между элементами i и j :

$$h_{ijs} = \{i, j, t_s, q, k_1, \dots, k_q; \zeta_1, \eta_1, \dots, \zeta_q, \eta_q\}. \quad (1)$$

Здесь компоненты $k_1, \dots, k_q$ определяют номера информационных систем, реализующих s -й путь связи, q – число таких систем; ζ_1 – фиксирует начальный пункт в информационной сети k_1 , η_1 – конечный пункт; t_s – оценка затрат в случае использования пути h_{ijs} . Для получения совокупности путей связи между элементами $H = \{h_{ijs}\}$ необходимо последовательно рассмотреть прямые связи каждой информационной системы, а затем применить операцию «склеивания» таких связей, учитывая естественные ограничения на допустимость путей связи между элементами. Эти ограничения должны учитывать допустимый уровень затрат на взаимодействие между элементами.

С учетом информации, задаваемой множеством H , модель взаимосвязи потоков в информационных сетях с корреспонденциями между элементами может быть представлена в виде системы линейных уравнений, имеющих следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{h_{ijs} \in M_{\zeta\eta}^k} P_{ijs} x_{ij} = d_{\zeta\eta}^k. \quad (2)$$

Здесь $M_{\zeta\eta}^k$ – множество путей взаимодействия, содержащих прямую связь k -й информационной сети; P_{ijs} – вероятность выбора s -го пути из множества путей H_{ij} , соединяющих элементы i и j , n – число элементов в рассматриваемой системе управления; x_{ij} – реальные корреспонденции между элементами. Вероятность P_{ijs} выбора пути связи реально является функцией, зависящей от параметров путей между элементами i и j . К основным параметрам этой функции относятся затраты на реализацию связи t_{ijl} и количество переключений с одной информационной системы на другой – q_{ijl} для путей, образующих совокупность H_{ij} :

$$P_{ijs} = F(t_{ijl}, q_{ijl} | h_{ijl} \in H_{ij}). \quad (3)$$

Зависимость (2) выражает сложившуюся в системе стратегию выбора коммуникаций.

Система уравнений (1), выражающая взаимосвязь потоков в ИИС с корреспонденциями, может быть в зависимости от имеющихся информационных систем и рассматриваемой системы элементов как

недоопределенной, так и переопределенной. В общем случае она обычно характеризуется большой размерностью пространства неизвестных и погрешностями измерения величин $d_{\zeta\eta}^k$, приводящими к несовместимости системы. С использованием методологии моделирования процессов в макросистемах определение величин x_{ij} , при неопределенности системы (2) можно осуществлять путем энтропийного моделирования процессов взаимодействия в системах. В этом случае рассматривается априорное вероятностное предпочтение путей передвижения p_{ijl} , которое фактически является оценкой вероятностных функций выбора P_{ijs} . Окончательно величины P_{ijs} формируются в энтропийной модели путем решения задачи максимизации, взвешенной относительно априорного предпочтения энтропийной функции типа

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \ln \frac{x_{ij}^0}{x_{ij}} \rightarrow \max \quad (4)$$

при ограничениях (2), записанных для всех маршрутных связей (ζ, η) и $x_{ij} \geq 0$. Величины x_{ij}^0 представляют собой априорную оценку корреспонденции между элементами i и j .

В случае если микропроцессы, описываемые приведенной моделью, являются в значительной степени определенными системой (2), задача максимизации (3) является весьма сложной. Ее можно заменить поиском точки пространства переменных x_{ij} , в наибольшей степени приближенной к гиперплоскостям.

В случае если данные о корреспонденциях x_{ij} получены, можно решать задачи формирования вариантов развития информационных систем, обеспечивающих взаимодействие рассматриваемой системы элементов.

Данные о корреспонденциях между элементами информационной системы, полученные описанными выше методами, дополненные информацией о потенциальных потребностях, позволяют ставить и решать задачи формирования и анализа вариантов развития информационных систем, обеспечивающих связь элементов. Критерий оценки того или иного варианта реализации ИИС между элементами может выражать суммарную сложность осуществления корреспонденций между элементами:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^{m_{ij}} P_{ijs} \lambda_{ij} t_{ijs}, \quad (5)$$

где m_{ij} – количество реальных связей между элементами i и j .

Очевидно, что важнейшей в плане определения значения такого критерия является задача определения путей связи между элементами и затрат на реализацию связи t_{ijs} . Оценка затрат связана с моделированием процессов обслуживания корреспонденций имеющимися сетями коммуникаций. Решение этой задачи сводится к определению распределения потоков в сетях. Задача

распределения потоков является обратной по отношению к задаче определения корреспонденций.

Содержащиеся в базе путей связи $H = \{H_{ij}\}$ данные позволяют достаточно просто определять матрицы $D^k = \|d_{\xi\eta}^k\|$. Действительно, поток на пути h_{ijs} определяется как

$$x_{ijs} = P_{ijs} \lambda_{ij}. \quad (6)$$

Формирование же D^k производится далее с использованием информации о пунктах переключения в информационных сетях, реализующих пути связи.

Таким образом, описание данных о путях связи между элементами ИИС позволяет разделить при моделировании процессы реализации связей в коммуникациях.

Потокораспределение, сформированное в соответствии с (6), является «свободным» в том смысле, что оно не учитывает возникающих процессов конкуренции при использовании информационных сетей. Формирование потокораспределения, отвечающего реальным процессам обслуживания, можно осуществить в рамках итеративной процедуры, состоящей из двух этапов. На первом этапе производится формирование потокораспределения в соответствии с (6), а на втором этапе выполняется моделирование процессов обслуживания на отдельных коммуникациях и корректировка затрат реализации связей по путям h_{ij} , после чего процесс возобновляется, если не установилось равновесное потокораспределение.

Характер процессов обслуживания в информационных сетях, как правило, достаточно сложен. Пункт информационной сети обычно можно рассматривать как систему массового обслуживания с отказами по максимальному времени ожидания, пуассоновским входящим потоком и произвольно распределенным временем обслуживания. При этом обслуживание происходит группами случайной величины, значение которой определяется процессом

обслуживания на взаимодействующих пунктах сети. Точный анализ такого процесса применительно к крупным системам практически не осуществим. Одним из возможных подходов является рассмотрение процессов обслуживания в нескольких характерных режимах, определение вероятности возникновения этих режимов и затем расчет средних параметров. Моделирование таких процессов, очевидно, сильно зависит от специфики системы.

В целом можно считать, что модель процесса обслуживания в информационных сетях реализует функцию зависимости затрат использования пути связи h_{ijs} от потокораспределения $X = \{x_{ijs}\}$. Поток X , определяемый в соответствии с (6), считается равновесным, если вероятности выбора путей (3), рассчитанные после корректировок затрат по путям, не изменяются.

Можно показать, что в случае, если зависимости F в (3) и $t_{ijs}(X)$, определяемая моделью обслуживания в информационных сетях, являются непрерывными, то итеративная процедура расчета потокораспределений приводит к достижению равновесного состояния. Равновесное состояние выражает как стремление элементов ИИС выбрать путь взаимодействия в соответствии со стратегией $\{P_{ijs}\}$, так и реальные процессы обслуживания в информационных сетях.

Оценка производится по критерию (2), который можно рассматривать в качестве оценки уровня взаимодействия в ИИС.

Как отмечалось, система уравнений (3), выражающая взаимосвязь потоков взаимодействия с корреспонденциями элементов информационных систем имеет большую размерность и погрешности измерения величин $d_{\xi\eta}^k$, приводящие в общем случае к несовместимости системы. Вместе с тем информация, заложенная в уравнениях взаимосвязи, должна максимально использоваться для определения взаимодействия элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейдо И.В., Гурушкин А.В. Испытательный лабораторный стенд для исследований, испытаний и наладки частотно-управляемого асинхронного электропривода // Приводная техника. 2008. № 6.
2. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001.
3. SIMOVERT MASTERDRIVES Vector Control Compendium Edition: AE.
4. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Регулируемые электроприводы переменного тока. Минск: Техноперспектива, 2006.

УДК
621.314:622.647.1

В.В. КАВЕРИН

Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока в режиме динамического торможения

Регулируемый электропривод постоянного тока нашел достаточно широкое применение в горной промышленности как в машинах и механизмах, используемых для подземной добычи, так и при открытых горных работах. В СНГ налажено серийное производство тиристорного электропривода механизма подачи угледобывающих комбайнов. Разработаны

экспериментальные и опытные образцы регулируемых электроприводов подземных напочвенных канатных дорог, очистных комбайнов и скребковых конвейеров. Основным оборудованием угольных разрезов являются экскаваторы и буровые станки, оснащенные реверсивным регулируемым электроприводом постоянного тока.

При эксплуатации рассматриваемого класса машин можно выделить три основных режима: пуск электропривода, установившаяся работа в двигательном и генераторном режимах и торможение. Пуск и установившаяся работа в двигательном режиме достаточно широко исследованы, для них получены оптимальные законы управления и реализованы системы управления. Генераторные режимы регулируемого электропривода исследованы в меньшей степени.

В настоящее время появление на рынке силовых гибридных транзисторов позволило осуществить разработку импульсных преобразователей повышенной частоты для электроприводов постоянного тока малой и средней мощности.

Использование в электроприводе силовых импульсных преобразователей нового поколения улучшает его динамические характеристики и повышает надёжность за счёт отсутствия канала синхронизации по сравнению с тиристорными выпрямителями.

Один из вариантов схемотехнического решения силовой части четырёхквadrантного электропривода представлен на рис. 1.

Силовая часть электропривода состоит из неуправляемого выпрямителя VD1-VD6, емкостного сглаживающего фильтра C1 в силовой цепи питания и трёх импульсных преобразователей. Преобразователь, выполненный по мостовой схеме VT3-VT6, ШИМ3, в диагональ которого включена якорная цепь электродвигателя М, предназначен для непрерывного управления как в двигательном, так и в генераторном режимах. Посредством преобразователя VT2, ШИМ2 обеспечивается управление током обмотки возбуждения в обоих режимах. С помощью преобразователя VT1, ШИМ1 и токоограничивающего резистора RT осуществляется ограничение напряжения на конденсаторе C1 в режиме динамического торможения. Энергия, вырабатываемая электродвигателем в генераторном режиме работы, расходуется на нагрев резистора RT. Особенностью схемотехнического решения силовой части электропривода (рис. 1) является то, что электроприводу в генераторном режиме работы не требуется электроэнергия от внешнего источника. Питание системы управления и цепи обмотки возбуждения можно осуществлять энергией конденсатора C1, заряд которого, в генераторном режиме, осуществляется от ЭДС якоря электродвигателя. Предложенная схема позволяет осуществлять непрерывное управление торможением по цепи якоря как в технологическом режиме работы электропривода при наличии электроэнергии, так и в аварийном при несанкционированном её отключении.

Для анализа процессов, протекающих в силовой цепи якоря электродвигателя, разработана схема замещения электропривода в генераторном режиме. Данная схема учитывает только элементы электропривода, формирующие режим управляемого торможения. Схема замещения представлена на рис. 2.

В зависимости от скважности импульсного преобразователя электропривод может работать как в режиме прерывистого, так и в режиме непрерывного тока в цепи якоря. Рассмотрим решение задачи определения регулировочных характеристик электропривода в режиме прерывистых токов.

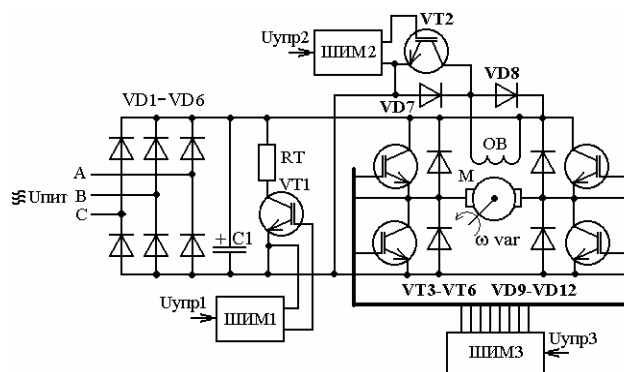


Рис. 1. Схема силовой части четырёхквadrантного электропривода постоянного тока

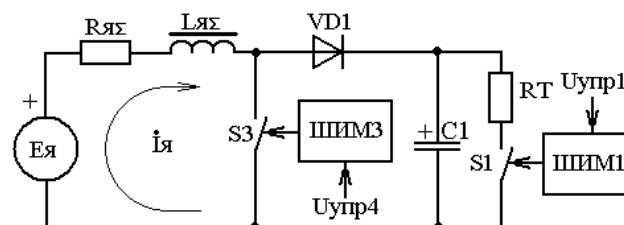


Рис. 2. Схема замещения цепи якоря электродвигателя в режиме управляемого динамического торможения: Eя – ЭДС якоря электродвигателя в генераторном режиме; RяΣ и LяΣ суммарные активная и индуктивная составляющие цепи якоря электродвигателя; S3-ШИМ3 – импульсный преобразователь, шунтирующий цепь якоря; C1 – конденсатор в цепи питания; S1, ШИМ1 – импульсный преобразователь, посредством которого осуществляется ограничение напряжения на конденсаторе фильтра C1

В период замкнутого состояния ключа S3 в индуктивной составляющей цепи якоря происходит накопление энергии. При размыкании ключа ЭДС самоиндукции складывается с ЭДС якоря и через диод VD1 вся энергия якорной цепи расходуется на заряд конденсатора C1.

Для замкнутого и разомкнутого состояния ключа S3 процессы, протекающие в цепи якоря, описываются следующими дифференциальными уравнениями:

$$E_g^* = \rho_g \left(i_z^* + \dot{O}_g \frac{di_g^*}{dt} \right), \quad (1)$$

$$\Delta U^* = \rho_g \left(i_z^* + \dot{O}_g \frac{di_g^*}{dt} \right), \quad (2)$$

где $\Delta U^* = E_g^* - U_{Cmax}^*$; $U_{Nmax}^* = \frac{U_{Cmax}}{A_{giii}}$; $E_g^* = \frac{E_g}{A_{giii}}$;

$$E_g^* = \frac{\dot{A}_g}{A_{giii}}; i_g^* = \frac{i_g}{i_{giii}}; \rho_y = R_{g\Sigma} \frac{i_{yi}}{A_{yii}}; \dot{O}_g = \frac{L_{g\Sigma}}{R_{g\Sigma}};$$

$i_{Яном}, E_{Яном}$ – номинальные значения тока и ЭДС якоря электродвигателя.

Решением уравнений (1) и (2), с учётом начальных условий, являются зависимости токов якоря в функции времени для замкнутого и разомкнутого состояния ключа S3 соответственно, которые имеют вид:

$$i_{\delta}^* = \frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_{\delta}}} \right), \quad (3)$$

$$i_{\delta}^* = i_{(0)2}^* e^{-\frac{t-t_1}{T_{\delta}}} + \frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{T_{\delta}}} \right), \quad (4)$$

$$i_{\delta}^*(0) = \frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T_{\delta}}} \right), \quad (5)$$

где t – текущее время;

t_1 – момент времени, соответствующий размыканию ключа S3;

$i_{\delta}^*(0)$ – начальное значение тока якоря для интервала времени, соответствующего разомкнутому состоянию ключа S3.

Наиболее полную оценку электрических процессов в режиме прерывистого тока в цепи якоря электродвигателя даст среднее значение тока. Его величина за период коммутации импульсного преобразователя S3-ШИМЗ определяется из выражения:

$$i_{\delta \text{ ср}}^* = \frac{\int_0^{t_1} \frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_{\delta}}} \right) dt + \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} + e^{-\frac{t-t_1}{T_{\delta}}} \left(\frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} - i_{(0)2}^* \right) \right) dt}{T}. \quad (6)$$

После подстановки выражений (3),(4),(5) в уравнение (6) его решение имеет вид:

$$\begin{cases} i_{\delta \text{ ср}}^* = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \\ \alpha_1 = \frac{\frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} \left(t_1 + T_{\delta} e^{-\frac{t_1}{T_{\delta}}} \right) - \frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} T_{\delta} + \frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} t_2}{T}, \\ \alpha_2 = \frac{T_{\delta} e^{-\frac{t_2-t_1}{T_{\delta}}} \left(\frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} - \frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T_{\delta}}} \right) \right) - \frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} t_1}{T}, \\ \alpha_3 = - \frac{T_{\delta} \left(\frac{\Delta U^*}{\rho_{\delta}} - \frac{E_{\delta}^*}{\rho_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T_{\delta}}} \right) \right)}{T}, \end{cases} \quad (7)$$

где t_2 – период коммутации ключа S3.

С помощью табличного редактора EXCEL для электродвигателя марки 4ПФ132S, технические характеристики которого и параметры элементов силовой части электропривода представлены в таблице, получено семейство регулировочных характеристик.

Характеристики элементов силовой части электропривода

RT, Ом	C1, Ф	U _н , В	I _н , А	P _н , кВт	n, об/мин	R _{яΣ} , Ом	L _{яΣ} , Гн
2	4*10 ⁻³	440	41	15	1500	1,195	0,00767

С целью определения граничных значений области прерывистого тока уравнения (3) и (4) решались относительно длительности интервала времени t_1 , определяемого величиной сигнала управления Uупр3, при условии, что мгновенное значение тока якоря к концу периода коммутации равно нулю. Данные уравнения относительно t_1 являются трансцендентными. Численные значения тока якоря в соответствии с выбранными значениями ЭДС якоря были определены с использованием средств имитационного моделирования.

Имитационная модель для определения граничных значений тока якоря представлена на рис. 4.

В результате имитационных экспериментов были определены численные значения сигнала управления импульсного преобразователя ШИМЗ для соответствующих значений ЭДС якоря, определяющие переход электропривода из режима прерывистого в режим непрерывного тока. Численные значения сигнала управления, которые отображены на диаграммах соответствующих регулировочных характеристик, позволили построить граничную зависимость А-Б (рис. 3), разделяющую оба режима.

Таким образом, полученные зависимости регулировочных характеристик могут быть использованы при синтезе системы автоматического регулирования электропривода постоянного тока в генераторном режиме.

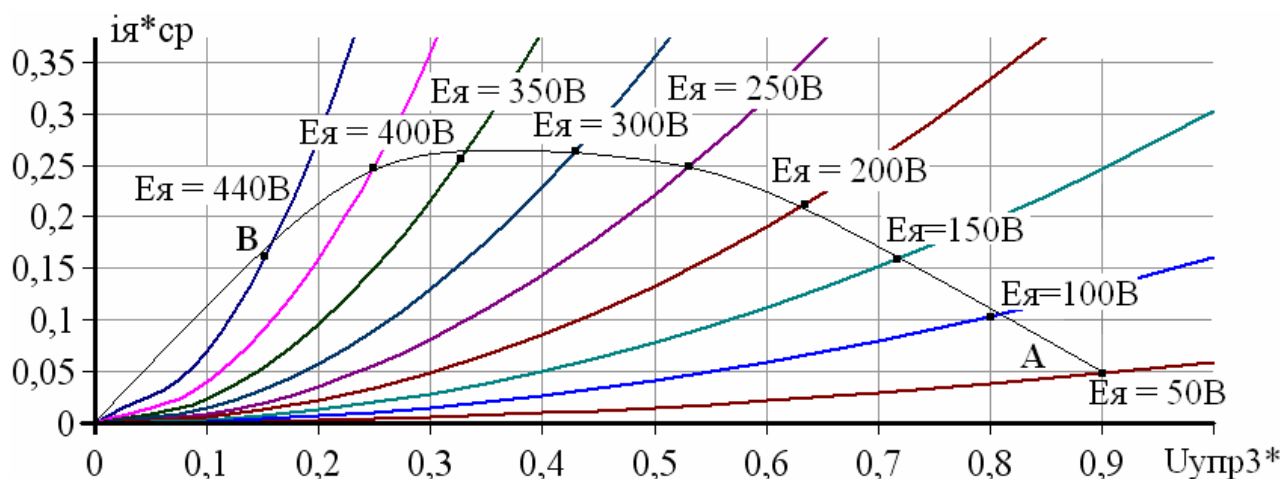


Рис. 3. Регулировочные характеристики электропривода в режиме прерывистого тока для различных значений ЭДС якоря

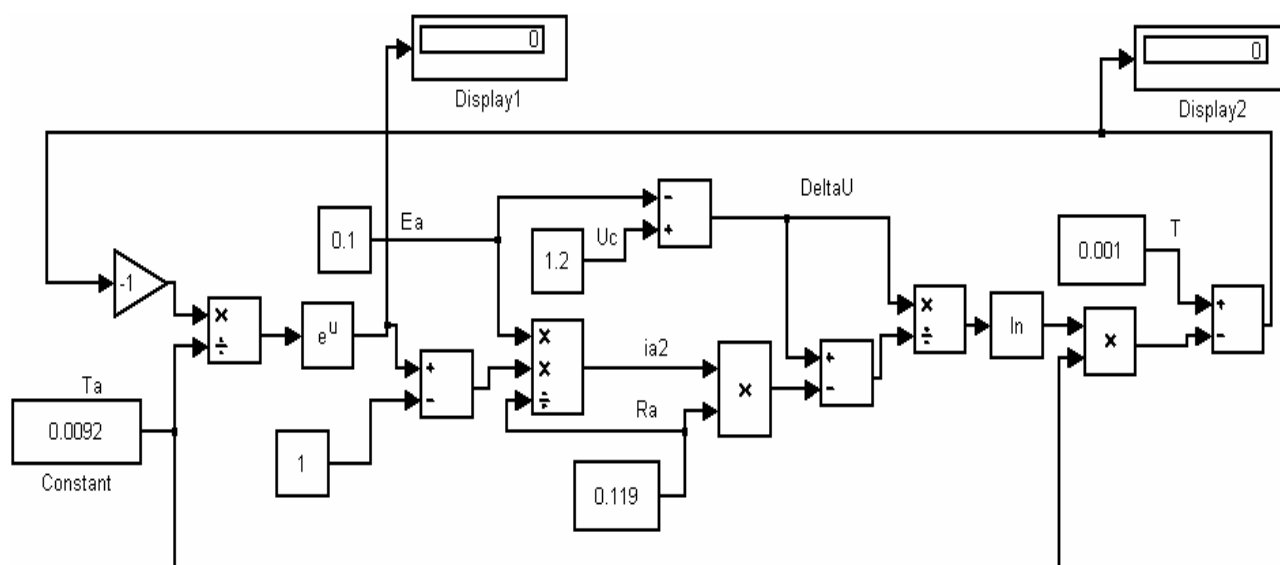


Рис. 4. Имитационная модель для определения граничных значений области прерывистого тока якоря: $T_a = L_a/R_a$ – постоянная времени якорной цепи; U_c – напряжение на обкладках конденсатора C1 (рис. 2); E_a – величина ЭДС якоря

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейдо И.В., Эм Г.А. К вопросу об использовании генераторных режимов в тиристорном электроприводе постоянного тока горных машин // Вест. Алматинского ин-та энергетики и связи. 2008. № 3. С. 52-54.
2. Быстродействующие электроприводы постоянного тока с широтно-импульсными преобразователями / М.Е. Гольц, А.Б. Гудзенко, В.М. Остеров и др. М.: Энергоатомиздат, 1986. 184 с.: ил.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер. 2008. 288 с.: ил.

УДК 621.3.036.663

А.А. КАЛИНИН

Оценка эффективности гидродинамических нагревателей как энергетических преобразователей

Перспективное направление нетрадиционной энергетики связано с конструированием и изготовлением гидродинамических нагревателей (ГДН), в которых внутренняя энергия извлекается из движущейся жидкой среды в процессе механоактивации её насосами с электрическим или дизельным приводом.

Эффективность ГДН может быть доказана экспериментальным путем планомерных измерений теплофизических характеристик жидкой среды и энергетических характеристик источников, обеспечивающих движение жидкости в течение длительного времени.

Цель проводимого исследования – разработать

автоматизированную систему научных исследований и в ее среде произвести легитимные измерения теплофизических величин, определяющих тепловые и гидродинамические характеристики экспериментальной серии ГДН с трубным реактором и в процессе исследования полученных энергетических характеристик выявить оптимальные параметры энерготехнологической системы на базе ГДН.

Для исследования физического механизма действия ГДН необходимо назначить искомую целевую функцию и адекватные ей независимые переменные или варьируемые факторы. Главной целевой функцией является коэффициент преобразования энергии и цель экспериментального исследования должна сводиться к получению таких значений параметров конструктивных компонентов ГДН, которые обеспечивают максимальный коэффициент преобразования энергии при фиксированном типе циркуляционного насоса и мощности его привода.

На рис. 1 приводится функциональная схема автоматизированного стенда для экспериментальных исследований эффективности преобразования энергии в ГДН. При работе стенда [1] в режиме аккумуляции тепла приняты следующие переменные состояния ГДН, характеризующие процесс механоактивации рабочей жидкости, измеряемые в дискретные промежутки реального времени и накапливаемые в базе данных при выполнении каждого из экспериментов матрицы планирования:

- 1) температура рабочей жидкости у входного патрубка ГДН;
- 2) температура рабочей жидкости за выходным патрубком ГДН;
- 3) температура рабочей жидкости в аккумуляторе

тепла;

- 4) расход рабочей жидкости в циркуляционном контуре;
- 5) давление рабочей жидкости у входного патрубка ГДН;
- 6) давление рабочей жидкости за выходным патрубком кавитатора;
- 7) давление рабочей жидкости у всасывающего патрубка циркуляционного насоса;
- 8) активная энергия, потребленная электродвигателем циркуляционного насоса;
- 9) максимальная мощность, потребленная электродвигателем циркуляционного насоса;
- 10) время работы циркуляционного насоса.

Одно из направлений планирования экспериментов опирается на объединение детерминированного и вероятностного подходов на основе латинских квадратов и многофакторных уравнений Протодьяконова-Тедера [2]. Экспериментальное исследование процессов механоактивации в ГДН с трубным реактором сопряжено с изготовлением физических образцов генераторов, оснащенных соответствующим набором измерительных датчиков, а поэтому минимизация затрат на экспериментальные исследования имеет существенное значение. Исходя из этого требования, необходим такой план исследований, разрешающая способность которого обеспечивается при минимальном числе экспериментов. При четырехфакторном исследовании явлений и процессов такой возможностью обладает план на трех уровнях, в котором надо выполнить всего 9 экспериментов, каждый раз при новом сочетании значений факторов. Вид такого плана при кодовых обозначениях значений факторов приведен в [3].

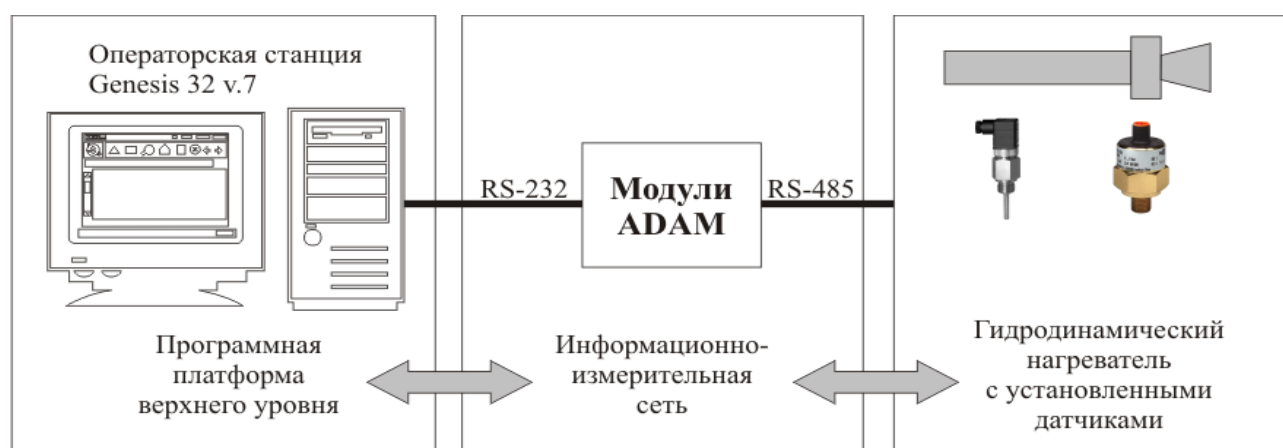


Рис. 1. Функциональная схема автоматизированного стенда

На стенде исследовались в режиме реального времени две энергетические характеристики ГДН: теплопроизводительность $Q(X)$, коэффициент преобразования энергии $K_{пэ}(X)$. $X=(L,d,p,t)$ – вектор варьируемых факторов: L – длина трубного реактора, d – внутренний диаметр трубного реактора, p – давление на входе в спиральный подвод, t – время работы циркуляционного насоса. Была выполнена

серия из девяти экспериментов, предусмотренных матрицей планирования, и каждый из них дублировался в однородных условиях по три раза. Таким образом, общая выборка составила 27 экспериментов.

С помощью автоматизированной системы научных исследований теплофизических процессов в реакторе гидродинамического нагревателя (АСНИ-

ГДН) [4] были реализованы следующие задачи: сбор информации по точкам учета в реальном масштабе времени, первичная обработка полученных данных, накопление и архивация обработанной информации, ведение трендов регистрируемых процессов (рис. 2). На основании таблицы цифровых измерений, выполненных в реальном времени и архивированных в базе данных АСНИ-ГДН, и на основании выборки из 27 проведенных экспериментов в таблице 1 приведены экспериментальные значения коэффициента преобразования энергии ($K_{пэ}$), а в таблице 2 – рассчитанные теоретические значения коэффициента преобразования энергии ($K_{пм}$), полученные по исходным данным каждой строки матрицы планирования.

Коэффициент преобразования энергии представляет энергетическую эффективность ГДН и определяется из выражения:

$$K_{пэ} = Q_i / P_i \cdot \eta_i, \quad (1)$$

где Q_i , P_i , η_i – соответственно, тепловая энергия

(теплопроизводительность), произведенная ГДН; энергия, потребляемая насосным агрегатом в процессе эксперимента, и КПД насосного агрегата в режиме i -го параллельного эксперимента на текущей строке матрицы планирования.

Коэффициент полезного действия установленного на стенде ГДН насосного агрегата мощностью 7.5 кВт, равен в номинальном режиме работы (при максимальном КПД) $\eta = 0.63$.

По данным табл. 2, функция «Коэффициент преобразования энергии – длина трубного реактора» ($K_{пт1} = f(L)$) была аппроксимирована графиком, который приведен на рис. 3. Таким же образом были получены и другие функции: «Коэффициент преобразования энергии – внутренний диаметр трубного реактора», «Коэффициент преобразования энергии – давление на входе спирального подвода», «Коэффициент преобразования энергии – время работы циркуляционного насоса».

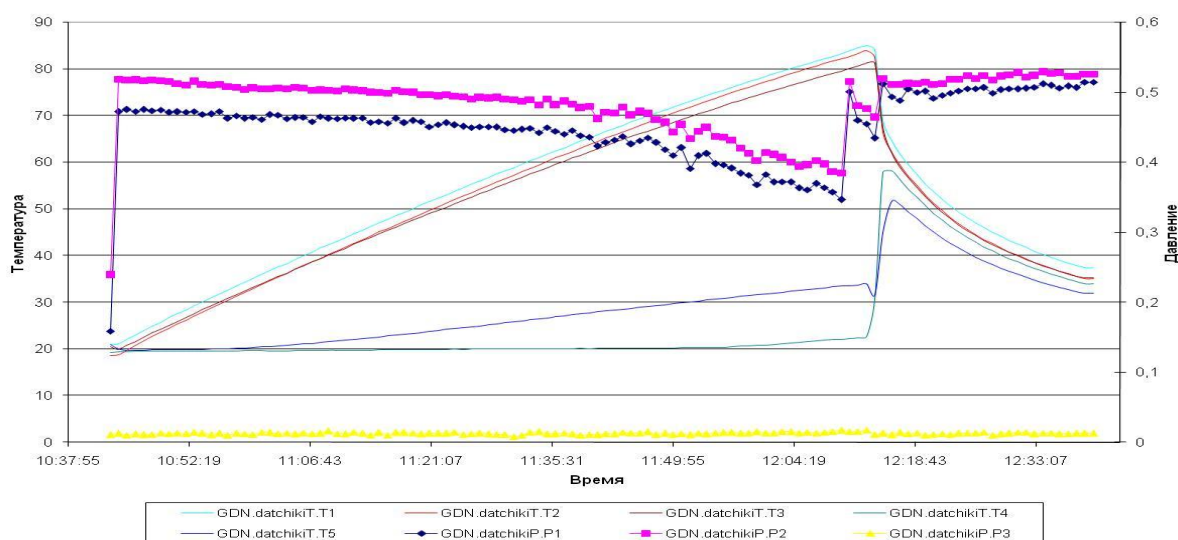


Рис. 2. Графические отчеты

Таблица 1

Коэффициент преобразования энергии

Номер эксперимента	Длина трубного реактора, l, мм	Внутренний диаметр трубного реактора, d, мм	Давление жидкости у входного патрубка ГДН, P, мПа	Время работы насоса, t, ч	K _{пэ}
1	714	51	0,70	1	1,390567
2	1200	100	0,60	1	1,298502
3	1500	150	0,50	1	1,06076
4	714	100	0,50	1.5	1,255804
5	1200	150	0,70	1.5	1,190674
6	1500	51	0,60	1.5	1,445389
7	714	150	0,60	2	1,106787
8	1200	51	0,50	2	1,296845
9	1500	100	0,70	2	1,169965

Адекватность функций коэффициента преобразования энергии выполнялась с помощью коэффициента нелинейной множественной корреляции R по критерию значимости t_R с 95 % уровнем достоверности [2]. Результаты оценок адекватности приведены в табл. 3.

Таблица 2

Значения функции $K_{пм1} = f(L)$

L, мм	$K_{пм1}$
714	1,2510525
1200	1,262007

1500	1,2253712
------	-----------

Таблица 3

Оценка значимости функций коэффициента преобразования Knm_i

Knm_i	R	Значимость по R	t_R ($t_R > 2$)	Значимость по $t_R > 2$
$Knm_1(L)$	0,7500423	значима	1,714631	не значима
$Knm_2(d)$	0,99624025	значима	132,736989	значима
$Knm_3(p)$	0,9999979	значима	238649,993	значима
$Knm_4(t)$	0,999997222	значима	179988,5229	значима

Обобщающая функция коэффициента преобразования энергии сформирована по структуре функции Протодьяконова. Результирующая аппроксимирующая функция коэффициента преобразования энергии с реактором трубного типа получила следующее выражение:

$$\begin{aligned} \dot{E} \ddot{i} \partial = & (-2\dot{A} - 0,07L^2 + 0,0004L + 1,0773) \cdot (3E - 0,6d^2 - \\ & - 0,0033d + 1,5368) \cdot (-5,6123p^2 + 6,9644p - 0,8747) \times (2) \\ & \times (-0,3069t^2 + 0,8619t + 0,6949) / 1,246144^3. \end{aligned}$$

Функция (2) является значимой ($R = 0,998119$; $t_R = 265,5359 \gg 2$), что позволяет использовать ее в физически целесообразном диапазоне параметров (L, d, p, t) . Численное исследование на экстремум функции (2) методом полного перебора пространства параметров

(L, d, p, t) с малым шагом изменения позволило установить оптимальные значения варьируемых факторов и экстремальное значение коэффициента преобразования энергии, достигнутое в циркуляционном контуре ГДН.

В табл. 4 приведены полученные экстремальные значения коэффициента преобразования энергии ГДН, достигаемые в режиме аккумуляции тепла.

Методика расчета теплопроизводительности идентична методике по расчету коэффициента преобразования энергии.

Таблица 4

Экстремальные значения параметров Кпэ

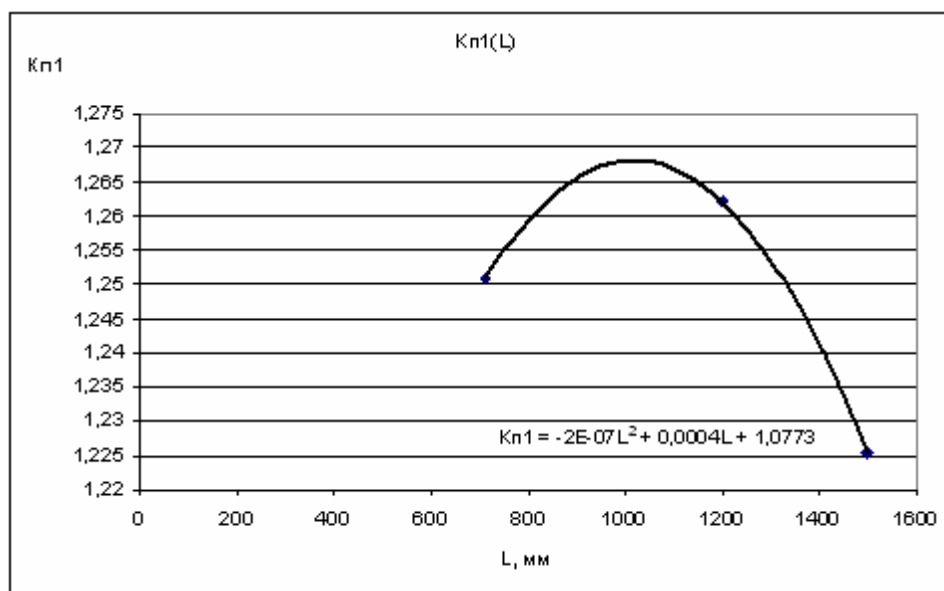
Кпэ	L, мм	d, мм	p, МПа	t, ч
1,515854749	1000	51	0,6	1,4

В ходе исследований энергетических характеристик ГДН экспериментальной серии, впервые проведенных как на территории Республики Казахстан, так и в пределах СНГ, установлено, что при воздействии на жидкую среду внешним силовым полем механического типа, например, создаваемого насосом с электроприводом, возможно получение тепловой энергии за счет:

– диссипации энергии вихревого движения рабочей жидкости в трубном реакторе благодаря необратимому процессу рассеивания части механической энергии движения вследствие вязкого трения и перехода этой энергии в тепло;

– обратимых фазовых переходов воды из свободного состояния в упорядоченное, близкое к жидкокристаллическому состоянию с обратимым выделением избыточного тепла.

Эти физические принципы извлечения скрытой энергии могут быть положены в основу создания тепловых машин гидродинамического типа с циркуляционным насосом с параметрами конструктивных узлов, удовлетворяющих значениям табл. 4.

Рис. 3. График функции $K_{п1} = f(L)$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин А.А. Автоматизированный стенд для исследования энергетических характеристик гидродинамических нагревателей с трубным реактором // Тр. 5-й Междунар. науч.-техн. конф. «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». 21-22 сентября 2006 г. Алматы, 2006. С.138-141.
2. Протоdjяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования эксперимента. М.: Наука, 1970. 238 с.
3. Карасев Н.И., Калинин А.А. Вероятностно-детерминированный подход при планировании экспериментов для изучения явлений механоактивации вихревого движения жидких сред // Materiały czwartej Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka: teoria i praktyka -2007». Tom 10. Techniczne nauki. Fizyczna kultura i sport.: Przemysł. Nauka i studia – 96 str. С.16-26.
4. Калинин А.А. Архитектура автоматизированной системы научных исследований энергетических характеристик ГДН с трубным ротором // Научные тр. Междунар. симп. «Информационные и системные технологии в индустрии, образовании и науке» (21-22 сентября 2006 г.) / М-во образования и науки Республики Казахстан, Междунар. акад. информатизации, Карагандинский гос. техн. ун-т. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. С.110-112.

УДК 534.782.001: 621.39

А.В. КАВЕРИН

Спектральный анализатор речевых команд для управления машинами и механизмами

На современном этапе развития горно-добывающей промышленности широко используется высокопроизводительная оснащённая цифровыми системами автоматического управления горно-добывающая техника (ГДТ). Одним из важных звеньев в управлении ГДТ, определяющим производительность и безопасность её эксплуатации, являются устройства, преобразующие команды управления оператора в электрические сигналы, посредством которых осуществляется пуск, изменение режимов работы и технологическая или аварийная остановка производственного механизма.

В настоящее время устройства управления, используемые в горной промышленности, можно подразделить на две группы: стационарно установленные посты (или пульта управления) и пульта с дистанционным управлением. В варианте с дистанционным управлением информация от пульта к системе управления горными машинами передаётся с использованием проводных, радиотехнических и

оптических каналов передачи информации. Для всех вариантов пультов управления ввод команд оператором осуществляется посредством кнопок, тумблеров, многопозиционных переключателей и кабель-тросовых выключателей. Пульта управления при небольших габаритных размерах имеют значительное количество элементов для формирования команд управления.

Эксплуатация многофункционального добычного оборудования в подземных условиях требует от оператора повышенной напряжённости в течение всей смены, при этом использование вышеперечисленных устройств управления может приводить к ошибочному вводу команд, что не только снижает производительность, но и ведёт к повышению травматизма.

Перспективным направлением в разработке систем управления машинами и механизмами является использование речевых команд. Данный тип

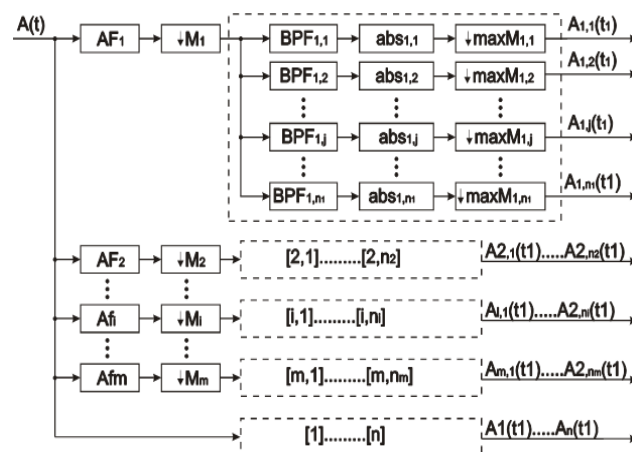
управления позволяет снизить психологическую нагрузку оператора и упрощает его обучение.

При анализе и обработке речевых команд одним из основных инструментов является спектральный анализ. Как правило, целью спектрального анализа речи является восстановление амплитудно-частотных характеристик речеобразующего тракта и вычисление параметров возбуждающего его сигнала. Главным образом имеются в виду формантные частоты речевого тракта и частота колебаний голосовой связки. Для определения характеристик речевого сигнала на сегодняшний день наибольшее распространение получили цифровые анализаторы спектра, основанные на дискретном преобразовании Фурье [1]. Однако на практике результаты, возвращаемые такими программами, не всегда корректны. Это обусловлено несовершенством реальных программных блоков и наличием ряда таких факторов, как разрывы и шумы в анализируемом сигнале, снижающих точность определения характеристик спектра. Актуальна разработка новых спектральных анализаторов, позволяющих производить более точные измерения. Альтернативным методом цифрового анализа является метод, основанный на фильтрации сигнала набором цифровых полосовых фильтров. Данный метод позволяет получать спектральные оценки речевых команд как в логарифмическом, так и в линейном масштабах по частоте. Дополнительным преимуществом данного метода является непрерывность анализа сигнала, что позволяет анализировать непериодические функции и позволяет получать спектральные оценки с более высокой точностью по сравнению с дискретным преобразованием Фурье. Развитие вычислительной техники сделало возможным создание цифровых спектральных анализаторов с высоким разрешением по частоте работающих в реальном масштабе времени на базе набора дискретных полосовых фильтров. Целью данной работы является выбор структуры и расчет параметров цифрового спектрального анализатора на базе набора дискретных полосовых фильтров для системы распознавания речевых команд.

Основным требованием к системам распознавания речевых сигналов является минимизация искажений в процессе цифровой обработки речевого сигнала и вычислительной сложности программного обеспечения.

За основу взята обобщенная структурная схема цифрового спектрального анализатора (рис. 1) [2]. Структурная схема состоит из однотипных m блоков, включающих в себя: AF_i – антиалиасинговый фильтр (A -фильтр), настроенный на частоту среза $Fa\{i\}$; M_i – дециматор; $BPF_i, j = i$, j -й полосовой фильтр; abs_i, j – блок вычисления модуля, $\max M_i, j$ – пиковый детектор и дециматор. Входным сигналом $A(t)$ является речевая команда, а выходным сигналом $A_i, j(t_1)$ – цифровой сигнал в масштабе времени t_1 . Пунктирной линией выделены i -е блоки фильтрации. С целью снижения вычислительной сложности программного обеспечения спектрального

анализатора, блоками AF_i и M_i понижается частота дискретизации, после чего сигнал обрабатывается i -й группой полосовых фильтров BPF_i, j , где $j \in [l, n_i]$ n_i – число полосовых фильтров i -й группы. Сигнал с выхода BPF_i, j поступает на вход блока вычисления модуля, после чего с помощью пикового детектора формируется огибающая и выполняется нормирование по времени дискретизации t_l . Последний блок фильтрации использует входной сигнал без понижения частоты дискретизации в связи с тем, что на существующей аппаратной базе невозможно реализовать цифровой A -фильтр с большой частотой среза без эффекта наложения частот. Особенностью данной структуры является понижение частоты дискретизации для низкочастотных резонаторов, что значительно снижает вычислительную сложность расчета спектра речи. Также при реализации цифрового спектрального анализатора существует возможность использования параллельной обработки данных в многопроцессорных системах, что в свою очередь сокращает время расчета спектра.



Структурная схема спектрального анализатора

Для синтеза спектрального анализатора по данной структуре необходимо определить следующие его параметры: число блоков первичного понижения частоты дискретизации m ; порядок A -фильтров и частоты их настройки; частоты настройки A -фильтров $Fa(i)$; число выходных частотных полос α ; порядок и частоты настройки полосовых фильтров $BPFi$, j ; частоту дискретизации $f_1(t_1)$.

Для определения числа блоков первичного понижения частоты необходимо определить порядок A -фильтров и частоты их настройки. Частоты среза A -фильтров зависят от частот дискретизации сигнала на выходе дециматоров M .

Для расчета частот дискретизации необходимо определить относительную вычислительную сложность A -фильтров. Согласно психоакустическим исследованиям подавление A -фильтра для речевого сигнала равно 65 Дб [3].

Исходя из того, что спектр сигнала в зоне подавления А-фильтра не несет информации, а в зоне пропускания будет использован для восстановления

параметров речевых команд, целесообразно выбрать фильтр Чебышева второго типа, гладкий в области пропускания и имеющий пульсации в области подавления. Порядок А-фильтра, с коэффициентом затухания сигнала в зоне подавления 65дБ, равен $n_{af1} = 6$.

На основе полученных данных частота дискретизации i -го А-фильтра и количества полосовых фильтров определяется как

$$n_o(i, f) = \frac{\frac{(f_{af}(i+1) - f_{af}(i))}{4\Delta f_i} n_{pf} \frac{f_{af}(i+1)}{4} + n_{af} f_d}{\frac{(f_{af}(i+1) - f_{af}(i))}{4\Delta f_i}}, \quad (1)$$

где n_o – коэффициент вычислительной сложности расчета спектрограммы для диапазона частот $\Delta f(i)$;

i – номер А-фильтра;

$f_{af}(i)$ – частота настройки i -го А-фильтра;

$f_{af}(i)/4$ – максимальная частота настройки полосового фильтра.

$\Delta f(i) = Fbpf(i, j + 1) - Fbpf(i, j)$;

n_{pf} – коэффициент вычислительной сложности $BPFij$;

n_{af} – коэффициент вычислительной сложности i -го А-фильтра;

f_d – частота дискретизации $A(t)$.

Настройкой для i -го А-фильтра является минимум коэффициента вычислительной сложности спектрограммы для диапазона частот $\Delta f(i)$. Функция $n_o(i, f)$ имеет только один минимум в точке $n_o(i, f)' = 0$.

Анализируемый диапазон частот речи от $f_{\min} = 70$ Гц до $f_{\max} = 7000$ Гц [2]. Приняв за начальные условия $f_{af}(0) = f_{\min} \cdot 4$, определили численные значения частот дискретизации в соответствии с (1) (таблица).

Частоты дискретизации для А-фильтров

i	1	2	3	4	5	6
$f_d(i)$ [Гц]	609	1148	1687	2226	2765	3304
$f_{pf\max}$ [Гц]	152	287	421	556	691	862

Для анализа речевого сигнала используется, как правило, шкала в Мелах $M(f)$ [3]. С целью упрощения алгоритма расчета частоты колебаний голосовой связи, зависимость $M(f) = 1125 \cdot \log\left(1 + \frac{f}{700}\right)$

линеаризована с использованием двух асимптот. Восстановление частоты колебаний голосовой связи по спектру осуществляется с использованием первых шести гармоник [4]. Максимальная частота колебаний голосовой связи равна 360 Гц [5], частота сопряжения асимптот будет в шесть раз больше и равна 2160 Гц. Первая асимптота будет аппроксимировать функцию Мелов в диапазоне частот от 70 Гц до 2160 Гц, $f_1 \in (f_{1\min}, f_{1\max}) = (70, 2160)$ Гц, а вторая – от 2160 Гц до 7000 Гц $f_2 \in (f_{2\min}, f_{2\max}) = (2160, 7000)$ Гц. Частота среза 4-го А-фильтра, находящаяся в точке сопряжения асимптот, равна 2160 Гц.

Численное значение количества А-фильтров для первого и второго интервалов аппроксимации определяется из выражения:

$$n_k = 1125 \cdot \left[\log\left(1 + \frac{f_{k\max}}{700}\right) - \log\left(1 + \frac{f_{k\min}}{700}\right) \right], \quad (2)$$

где k – порядковый номер интервала аппроксимации шкалы Мелов.

Количество А-фильтров для соответствующего интервала аппроксимации имеет следующие значения: $n_1 = 648$, $n_2 = 476$. Общее количество фильтров равно $\alpha = 1124$.

Интервал между резонансными частотами фильтров в спектральном анализаторе для диапазона частот f_k определяется из выражения:

$$\Delta f_k = \frac{f_{k\max} - f_{k\min}}{n_k}. \quad (3)$$

Численные значения интервалов резонансных частот, определяемых из выражения (3), имеют значения: $\Delta f_1 = 3,2$ Гц, $\Delta f_2 = 10,2$ Гц.

Частоты резонансов f_{r1i} и f_{r2i} полосовых фильтров для диапазонов частот f_1 и f_2 рассчитываются по формулам: $f_{r1i} = f_{1min} + \sum_1^i \Delta f_1$ и $f_{r2i} = f_{2min} + \sum_1^i \Delta f_2$.

Ширина полосы пропускания полосовых фильтров составляет 15% от частоты резонанса.

Для выделения частотного интервала требуется полосовой фильтр с максимально плоской амплитудно-частотной характеристикой в полосе пропускания и монотонной в полосе подавления. Наиболее оптимальным для решения этой задачи является фильтр Баттерворта второго порядка $n_{pf} = 2$.

Самыми короткими по продолжительности элементами речи являются взрывные согласные [5]. Минимальная длительность взрывных согласных не

меньше 0.01 секунды. Для идентификации взрывных согласных, с учётом максимальной ошибки вычисления меньше 10%, целесообразно принять масштаб по времени в десять раз меньше их длительности, $t1 = 1$ мс.

Таким образом, определены параметры спектрального анализатора речевых команд с учетом особенностей современной цифровой техники. Выбраны типы антиалиасинговых и полосовых фильтров и определены численные значения параметров этих фильтров. Проведенные исследования позволят разработать программное обеспечение для спектрального анализа речевых команд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник. М.: Радио и связь, 1985. 312с.
2. Цуриков В.С., Воронов А.С. Разработка и анализ компьютерной модели спектрального анализатора с учетом влияния шумов, разрывов в сигнале эффектов квантования и нелинейности / Алтайский гос. техн. ун-т. Барнаул: ЭФТЖ, 2007. Т.2. С. 71-78.
3. Альтман Я.А., Бибииков Н.Г. Слуховая система. Л.: Наука. 1990. 619 с.
4. Bagshaw P.C., Hiller S.M., Enhanced pitch tracking and the processing of F0 contours for computer and intonation. European Conf. On Speech Comm. Eurospeech. 1993. P. 1000-1003.
5. Фланаган Д.Л. Анализ, синтез и восприятие речи. М.: Связь, 1968. 396 с.

УДК 338.22 (075.8)

В.С. ЮШКО,
В.В. ЮШКО

Основы управления рекламным проектом

Единого определения понятия «управление проектом» официально не существует. Приведем несколько определений.

Управление проектом (УП; project management, PM) – это искусство руководства и координации людских и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта путем применения современных методов и техники управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта (США, Свод знаний по управлению проектами (PMD)) [1]. Управление проектами – это управленческая задача по завершению проекта в срок, в рамках установленного бюджета и в соответствии с техническими спецификациями и требованиями. Проект-менеджер является ответственным за достижение этих результатов (Английская ассоциация проект-менеджеров)[1]. Управление проектом – это единство управленческих задач, организации, техники и средств для реализации проекта (Германия – DIN 69901)[1].

Управление проектами подчиняется четкой логике, которая связывает между собой различные области знания и процессы управления проектами. Прежде всего, у проекта обязательно имеются одна или несколько целей. Достижение целей проекта может быть реализовано различными способами. Для сравнения этих способов необходимы критерии успешности достижения поставленных целей. Обычно

в число основных критериев оценки различных вариантов проекта входят сроки и стоимость достижения результатов. При этом запланированные цели и качество обычно служат основными ограничениями при рассмотрении и оценке различных вариантов.

Для управления проектами необходимы рычаги управленческого воздействия. К основным рычагам управления можно отнести ресурсы проекта и используемые технологии. Кроме этих основных рычагов управления существуют и вспомогательные средства, предназначенные для координации управления. К таким средствам можно отнести контракты и организацию работ. Для учета неопределенности используется анализ рисков по категориям. Функции управления определяются содержанием и жизненным циклом проекта. Процессы управления проектами могут быть разбиты на шесть основных групп: 1) процессы инициации – от формирования идеи до принятия решения о начале выполнения проекта; 2) процессы планирования – определение целей и критериев успеха проекта и разработка рабочих схем их достижения; 3) процессы исполнения – координация людей и других ресурсов для выполнения плана; 4) процессы анализа – определение соответствия плана и исполнения проекта поставленным целям и критериям и принятие решений о корректирующих воздействиях; 5) процессы управления – определение корректирующих

воздействий, их согласование, утверждение и применение; б) процессы завершения – формализация выполнения проекта и подведение его к упорядоченному финалу.

Проект предназначен для создания рекламного комплекса, а именно для создания фирменного стиля, сайта, деловой документации, печатной продукции, имиджевой и сувенирной продукции для компьютерной фирмы «SoftMaster», основным видом деятельности которой являются продажа и модернизация компьютеров и комплектующих.

Целями создания проекта являются:

- формирование и поддержание положительного имиджа фирмы и ассоциаций, связанных с предоставляемыми услугами;
- обеспечение запоминаемости фирмы потребителями, потенциальными клиентами и партнерами;
- предоставление конкурентного преимущества;
- повышение уровня воспринимаемого качества предоставляемых услуг;
- увеличение прибыли за счет внедрения рекламного комплекса в производственную деятельность фирмы.

Рекламный комплекс – это рекламные средства, выполненные в едином фирменном стиле, т.е. с помощью определенной совокупности приемов (графических, цветовых, пластических, акустических, видео), которые обеспечивают единство всем изделиям фирмы и рекламным мероприятиям.

Рекламный комплекс должен:

- быть запоминающимся;
- быть эстетичным, гармоничным, красивым;
- показывать выполненную работу в наиболее привлекательном виде;
- соответствовать технологическим требованиям;
- сохранять идентификацию (узнаваемость) при использовании фирменного стиля в рекламе (при нанесении элементов на рекламные носители);
- быть выполнен с помощью традиционных методов разработки рекламы.

Основные составляющие рекламного комплекса:

- фирменный стиль: товарный знак, цветовая гамма, фирменный шрифт, фирменный блок, схема верстки, слоган и т.д.;
- деловая документация: бэйдж, бланк, визитка (корпоративная, персональная), конверт, папка для документов;
- печатная продукция: афиша, календарь (настольный, карманный), рекламный модуль для газет и журналов, прайс-лист;
- сувенирная и имиджевая продукция: футболка, шариковая ручка, брелок, дисконтная карта;
- наружная реклама: рекламный щит – билборд, вывеска с графиком работы, штендер, наклейка на автотранспорт;
- сайт, предоставляющий информацию о фирме и товаре.

Требования к фирменному стилю:

– фирменный стиль должен быть не сильно изменен, выполнен в стиле, который уже был определен компанией ранее;

- фирменный стиль должен быть индивидуальным;
- при подборе фирменных шрифтов ограничиться тремя, при этом они должны иметь строгое начертание и соответствовать деятельности фирмы;
- слоган должен быть кратким и энергичным.

Требования к деловой документации:

- должны присутствовать основные составляющие фирменного стиля;
- должна быть выполнена в соответствии с существующим стандартом в документообороте.

Разработать:

– эскиз бейджа, информирующий покупателя о инициалах продавца (фамилия, имя), должности продавца, размер 117 x 83 мм (цветная печать);

– эскиз для бланка: для основных документов – бумага плотностью 80 г/м². Технология печати – черно-белая, цветная печать на принтере. В верхней части должны размещаться наименование фирмы на русском и казахском языках, логотип, почтовые и банковские реквизиты;

– эскиз наиболее часто применяемых фирмой видов конвертов (формат С-65, 220 x 110 мм) для писем. Конверт для писем должен содержать в левом углу логотип и почтовый адрес фирмы. Технология печати – цветная печать;

– эскиз персональных и корпоративных визиток. Эскиз персональной визитки разрабатывается для старшего менеджера компьютерной фирмы. Корпоративные визитки должны информировать о выполняемых данной фирмой услугах и содержать контактную информацию. Технология печати визиток – цветная печать, тип бумаги – Pinotex 200-300 г/м²;

– эскиз обложки папки для документов согласно фирменному стилю, в правом углу должны располагаться логотип и заголовок с названием фирмы.

Требования к печатной продукции:

- должна быть выполнена в разработанном фирменном стиле;
- должны использоваться четко сформулированные, чаще утвердительные фразы, слоган;
- доступность и простота предоставляемой информации;
- информация должна быть краткой, но при этом нести смысловую нагрузку;
- использование иллюстраций, иногда сопровождаемых комментариями;
- должна содержать контактную информацию о фирме (адрес, телефон, факс, электронный адрес и т.п.).

Разработать:

– эскиз афиши, форматом А4, должен содержать название фирмы, логотип, контактные телефоны, дополнительную информацию (спец. предложение). Технология изготовления – цветная печать на бумаге Pinotex 100 г/м²;

– эскизы карманного и настольного календарей на 2010 год. Изготовить с применением УФ-ламинирования (лицевая сторона);

– эскиз полноцветной рекламы в журнале, содержащей слоган и контактную информацию;

– эскиз модульной рекламы для газет и журналов в цветном варианте, информирующей о выполняемых услугах фирмы. Печать – черно-белая, цветная;

– эскиз прайс-листа в формате Microsoft Office Excel, информирующий покупателей о товаре, цене, технических характеристиках товара.

Требования к имиджевой и сувенирной продукции:

– для основы должна быть выбрана качественная продукция;

– основа подбирается в соответствии с разработанной фирменной цветовой гаммой;

– каждый элемент должен содержать логотип или фирменный блок фирмы.

Разработать эскиз фирменного блока:

– для брелока;

– шариковой ручки;

– однотонной футболки;

– дисконтной карты.

Требования к наружной рекламе:

– должна быть разработана в соответствии с фирменным стилем;

– иметь четкое изображение;

– не должна содержать мелкие элементы, которые невозможно рассмотреть с расстояния 2-3 м (штендер, вывеска с графиком работы), 10-15 м (билборд).

Разработать:

– эскиз вывески с графиком работы, технология – широкоформатная печать;

– эскиз штендера должен содержать название компании, контактную информацию, перечень предоставляемых услуг, технология – широкоформатная печать;

– эскиз билборда, рекламирующий услуги компании, может содержать информацию о товарах, рекламных акциях, размер 3 х 6 м, технология – широкоформатная печать;

– эскиз наклейки на автотранспорт, содержащий название компании, логотип, контактную информацию.

Требования к сайту:

– должен информировать о товарах и услугах;

– популяризировать бренд;

– создавать положительный имидж современной фирмы;

– иметь современный дизайн и технические характеристики;

– предоставлять пользователю удобную навигацию по сайту;

– быть быстро загружаемым.

Необходимо разработать структуру информационного обмена, структуру рекламной документации, сайт. Должны быть разработаны концептуальная, физическая, логическая модели комплекса и структура информационных потоков.

Реклама – это средство общения с потенциальными покупателями и партнерами.

Следовательно, реклама выполняет одну из функций, свойственных PR (паблик рилейшенз). Проводя рекламную кампанию, необходимо, по возможности, дополнять и разъяснять рекламные материалы, добиваясь положительной реакции и полного взаимопонимания не только с потенциальными покупателями, но и с общественностью. В достижении этой цели большую роль играют некоммерческие мероприятия – меценатство, благотворительные акции [2].

Деятельность PR должна быть направлена на постоянное информирование всех затрагиваемых групп населения, а также на анализ ситуации и предвидение возможной реакции тех или иных групп людей и организаций в ответ на деятельность фирмы.

Для достижения целей PR очень важно поддерживать неформальные отношения с представителями прессы, общественности, разъясняя позиции фирмы в тех или иных вопросах и сферах деятельности журналистам, сотрудникам рекламных агентств и рекламных служб фирм-партнеров. С другой стороны, необходимо учитывать и PR внутри фирмы в отношении сотрудников. Без воспитания в сотрудниках чувства сопричастности к делам формы, ответственности не только за свое дело, но и за успех фирмы в целом невозможно добиться взаимопонимания с общественностью и покупателями.

Реклама – инструмент маркетинга, орудие сбыта. Товар не может быть продан только с помощью рекламы в том или ином виде. Реклама является связующим звеном между поставщиком и потребителем, средством связи и информации, средой и сообщением. Реклама сама по себе ничего не продает. Она не продает плохой продукт (более одного раза) и не создает новых продуктов. Реклама должна сопровождаться литературой, заказами, номенклатурой, распределением и стратегией. Реклама – чаще язык знаков, а не звуков. На практике целесообразно пользоваться рекламной пирамидой, которая включает (снизу вверх) осведомленность, усвоение информации, убежденность, желание, действие. Она помогает достичь понимания возможностей рекламы.

Искусство рекламы заключается в делении населения на группы и привлечении внимания наибольшего количества этих групп к объекту рекламы с наименьшими расходами.

Чем больше объем продаж, тем выше эффективность вложенных средств. Сколько же надо выделять средств на рекламу? Существуют три подхода составления бюджета или сметы расходов на рекламу:

1) метод фиксированного процента от объема продаж или от объема чистой прибыли (прошлогодней или планируемой на текущий год).

2) целевой метод – руководство сначала определяет задачи, которые намечается решить средствами рекламы, а затем выделяет средства на покрытие расходов, связанных с их достижением. Здесь внимание фиксируется не на прошлом, а на том,

что предстоит в будущем. Такой подход более прогрессивен. Однако расплывчатость, неопределенность целей рекламы несколько усложняют этот метод;

3) смешанный метод – комбинация первых двух методов. Вначале используется целевой метод, а затем полученная максимальная сумма регулируется высшим руководством путем установления процента от объема сбыта.

Очень важно учитывать при составлении рекламы и при оценке ее эффективности побудительные

мотивы, которые заставят потенциального покупателя благожелательно реагировать на то, чего хочет добиться рекламодатель.

Мотив должен содержать обещание помочь покупателю в достижении его собственных целей или в преодолении стоящих перед ним трудностей. Наиболее часто используют следующие мотивы: качество товара, надежность, производительность, мощность, прочность, долговечность, точность, мобильность, масса, скорость, экономичность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление инновационными проектами: учеб. пособие / Под ред. проф. В.Л. Попова. М.: ИНФРА-М, 2007. 336 с.
2. Анн Х., Багиев Г.Л., Тарасевич В.М. Маркетинг: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2005. 736 с.

РЕЗЮМЕ

УДК 378:001.895 Ю.А. КУЗНЕЦОВА, Ю.М. СМЕРНОВ. **Электронный обучающий комплекс.**

В современных условиях процесс обучения, большая часть времени которого отводится самообразованию, требует разнообразия электронных обучающих средств. Для повышения эффективности учебного процесса при изучении студентами первых курсов дисциплины «Физика», а также активизации самостоятельной работы разработан электронный обучающий комплекс.

УДК 004.42:378.14(574)=512.122. А.Б. КРИЦКИЙ, Р.В. МАРКВАРДТ, А.О. САТЕНОВ, Б.Н. ФЕШИН. **Система дистанционного обучения операторов робототехнического комплекса Robotino.**

В рамках международной программы «Синергия» разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий осуществлять изучение режимов работы и приобрести навыки дистанционного управления роботом Robotino.

УДК 519.2+539.4.01:66.099.2. Б.Б. КАТРЕНОВ. **Вероятностная модель термической прочности гранул из Балхашского медного концентрата.**

Изучена термическая прочность окатышей из медного концентрата. Представлены условия и результаты опытов по определению характеристик термической прочности для гранул. Получена вероятностная модель, которая может быть использована для расчета сохранности и разрушаемости гранул при температурах обжига.

УДК 66.094.941. А.В. ИВАНЯЙСКИЙ, В.А. ИВАНЯЙСКИЙ. **Гидролиз этилсиликата при воздействии на несущую среду вихревой кавитацией.**

Рассмотрено влияние концентрации HCl на загустевание гидролизированных растворов этилсиликата. Определено, что при гомогенной стадии гидролиза этилсиликата равномерное распределение катализатора по всему объему несущей среды, при воздействии на нее эффектом кавитации, позволяет уменьшить время протекания реакции. Установлено оптимальное количество катализатора.

УДК 669.1 Т. А. ЖАКАТАЕВ. **Расчет распространения поверхностных волн в жидком расплаве металла при продувке ее турбулентными струями сверху.**

В результате малого трения на стенке бегущая поверхностная волна имеет аналогию с волной, распространяющейся в бесконечность. Получается эффект не закрепленной по краям волны. Это определяет своеобразие граничных условий и методологию решения задачи. Для описания процесса распространения такой поверхностной волны использованы Бесселевы цилиндрические функции нулевого порядка первого рода. Граничное условие в центре определяется в результате расчета динамического давления турбулентной струи при обдувании поверхности и жидкости сверху.

ЭОЖ 378:001.895. Ю.А. КУЗНЕЦОВА, Ю.М. СМЕРНОВ. **Электронный обучающий комплекс.**

Қазіргі жағдайларда уақытының көп бөлігі өзінен білім алуға бөлінетін оқыту процесі электрондық оқыту құралдарының әртүрлілігін талап етеді. Бірінші курс студенттері «Физика» пәнін зерделегенде оқу процесінің тиімділігін арттыру, сондай-ақ өзіндік жұмысты белсенділендіру үшін электрондық оқыту кешені әзірленген.

ЭОЖ 004.42:378.14(574)=512.122. А.Б. КРИЦКИЙ, Р.В. МАРКВАРДТ, А.О. САТЕНОВ, Б.Н. ФЕШИН. **Робототехникалық кешені операторларын қашықтықтан оқыту жүйесі.**

«Синергия» халықаралық программасының аясында жұмыс режимдерін зерделеуді жүзеге асыруға және Robotino роботын қашықтан басқару дағдыларын алуға мүмкіндік беретін, программалы-аппараттық кешен әзірленген.

ЭОЖ 519.2+539.4.01:66.099.2. Б.Б. КАТРЕНОВ. **Балхаш мыс концентратынан алынатын түйіршіктердің термиялық беріктігінің ықтималдық моделі.**

Мыс концентратынан алынатын шөкем тастардың термиялық беріктігі зерделенген. Түйіршіктерге арналған термиялық беріктік сипаттамаларын анықтау бойынша тәжірибелердің шарттары мен нәтижелері ұсынылған. Күйдіру температураларында түйіршіктердің сақталуы мен бұзылуын есептеу үшін пайдаланылуы мүмкін болатын ықтималдық модель алынған.

ЭОЖ 66.094.941. А.В. ИВАНЯЙСКИЙ, В.А. ИВАНЯЙСКИЙ. **Көтергіш ортаға құйынды кавитациямен әсер еткендегі этилсиликат гидролизі.**

HCl концентрациясының этилсиликаттың гидролизденген ерітінділерінің қоюлануына әсері қарастырылған. Этилсиликат гидролизінің гомогенді сатысында катализатордың көтергіш ортаның бүкіл көлемі бойында біркелкі таралуы, оған кавитация эффектісімен әсер еткенде, реакцияның жүру уақытын азайтуға мүмкіндік береді. Катализатордың оптималды мөлшері анықталған.

ЭОЖ 669.1. Т.А. ЖАКАТАЕВ. **Беттік толқындарды жоғарыдан турбулентті ағыстармен үрлегенде олардың металдың сұйық балқытпасында таралуын есептеу.**

Қабырғадағы аз үйкеліс нәтижесінде кума беттік толқының шексіздікке таралатын толқынмен ұқсастығы болады. Шеттерінде бекітілмеген толқын эффектісі алынады. Бұл шекаралық шарттардың өзгешелігін және есепті шешу әдіснамасын анықтайды. Мұндай беттік толқының таралу процесін сипаттау үшін Бесселевтің бірінші текті нөлдік ретті цилиндрлік функциялары пайдаланылған. Центрдегі шекаралық шарт сұйықтық бетін жоғарыдан үрлегенде турбулентті ағыстың динамикалық қысымын есептеу нәтижесінде анықталады.

UDC 378:001.895. Yu.A. KUZNETSOVA, Yu.M. SMIRNOV. **Electronic Teaching Complex.**

In modern conditions the process of teaching, the largest part of which is devoted to self-education, requires a variety of electronic teaching means. To increase the efficiency of the teaching process in studying the first courses of discipline "Physics", as well as activating students' independent work there has been worked out an electronic teaching complex.

UDC 004.42:378.14(574)=512.122. A.B. KRITSKI, R.V. MARKVARDT, A.O. SATENOV, B.N. FESHIN. **System of Robot-Engineering Complex Robotino Operators Distance Education.**

Within the frames of the international program "Synergy" there has been developed a software and hardware complex permitting to carry out working modes studying and to acquire the skills of robot Robotino distance control.

UDC 519.2+539.4.01:66.099.2. B.B. KATRENOV. **Probabilistic Model of Thermal Strength of Balkhash Copper Concentrate Pellets.**

There is studied the thermal strength of copper concentrates pellets. There are presented the conditions and results of the experiments to determine the thermal strength characteristics for pellets. There has been obtained a probabilistic model which can be used for calculating the pellets preservation and breakability at the annealing temperatures.

UDC 66.094.941. A.V. IVANAYSKI, V.A. IVANAYSKI. **Ethyl Silicate Hydrolysis in Effecting Carrier Medium with Turbulent Cavitation.**

There is considered HCl concentration effect on solidification of hydrolyzed ethyl silicate solutions. There has been determined that at the homogenous stage of ethyl silicate hydrolysis the catalyst uniform distribution by the whole volume of the carrier medium when it is effected by cavitation, permits to decrease the time of the reaction duration. There has been established the catalyst optimal quantity.

UDC 669.1. T.A. ZHAKATAYEV. **Calculation of Spreading Surface Waves in Liquid Metal Melt in Blowing it Down with Turbulent Jets.**

As a result of small friction on the wall the running surface wave is similar to the wave spreading in infinity. There is the effect of a non-attached on the edges wave. This defines the variety of the boundary conditions and methodology of the problem solution. To describe the process of such a surface wave there have been used the Bessel cylindrical functions of the zero order of the first type. The boundary condition in the centre is determined as a result of calculating the dynamic pressure of the turbulent jet in blowing the liquid surface down.

УДК 621.771. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, В.А. АНДРЕЯЩЕНКО. **Влияние внешних факторов при угловом прессовании.** Изучено влияние внешних факторов на протекание процесса деформирования, на основании чего выбраны наиболее рациональные условия проведения углового прессования.

УДК 669.223.431(574). А.К. ТУРСУНБАЕВА. **ИК-спектроскопические исследования сорбции золота и цветных металлов.** Установлено, что цианидные комплексные анионы золота и цветных металлов сохраняют свою форму и устойчивость как при растворении солевых растворов, так и при сорбции их анионитами, а связь активных групп анионита и сорбируемых анионов имеет ту же природу, что и в твердой соли. Исследуемый анионит АМ-2Б обладает высокой селективностью по отношению к золоту и рекомендуется для избирательного концентрирования благородных металлов из растворов сложного состава.

УДК 621.941.24. К.Т. ШЕРОВ. **Исследование способа повышения точности измерения и снижения трудоемкости пригоночных работ.** Приведены результаты статистических исследований стабильности результатов измерений контрольными линейками специальной конструкции в цеховых условиях. Данные проведенных экспериментов показали, что точность расположения углов V-образных направляющих деталей токарного станка НТ-250И с помощью контрольных линейек конструкции Карагандинского государственного технического университета может быть повышена более чем в 10 раз по сравнению с отклонениями, заданными по чертежу. Полученные результаты позволили внедрить в производство новую методику измерения значений угловых и линейных размеров функционально связанных поверхностей.

УДК 669.015.5.001. А.Е. БУКЕТОВА. **Влияние структурных факторов гидросоксимов на стабильность комплексов с катионами меди (II).** Методом *ab initio* в приближении Хартри-Фока с использованием базисного набора 6-31G(d,p) и гибридного обменно-корреляционного функционала плотности B3LYP изучены структуры модельных молекул, входящих в состав экстрагента LIX 984N и комплекса с катионом меди (II). Показано влияние вклада от взаимодействия молекул кетоксима с катионом меди(II) и вклада от образовавшейся водородной связи между молекулой кетоксима и кислородом фенольной группы альдоксима на стабильность комплекса с катионом меди (II).

УДК.669.18:669.15-194. А.Б. АХМЕТОВ, Р.Ш. АХТАНОВА, С.Х. НАСЫБУЛЛИНА. **Влияние состава связующих на восстановление железа в железоуглеродистых брикетах.** Работа посвящена исследованиям процессов рециклинга железосодержащих отходов металлургических предприятий. Приводятся результаты исследований влияния состава различных связующих на восстановление железа из оксидов с изучением их поведения при высоких температурах. Лабораторными экспериментами установлено, что применение пыли в качестве связующего материала дает возможность решить экологическую проблему отходов, кроме того, высвобождает расходы по их хранению, а извлечение железа, содержащегося в пыли ДСП и окалине, в процессе выплавки стали,

ЭОЖ 621.771. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, В.А. АНДРЕЯЩЕНКО. **Бұрыштық баспалау кезіндегі сыртқы факторлардың әсері.** Деформациялау процесінің жүруіне сыртқы факторлардың әсері зерделенген, оның негізінде бұрыштық баспалау жүргізудің аса ұтымды шарттары таңдалған.

ЭОЖ 669.223.431 (574). Ә.К. ТҰРСЫНБАЕВА. **Алтын мен түсті металдар сорбциясын ИК-спектрскопиялық зерттеулер.** Алтын мен түсті металдардың цианидті кешенді аниондарының сәйкес тұздардың еруі кезінде де, олардың аниониттермен сорбциясы кезінде де өзінің пішіні мен тұрақтылығын сақтайтыны, ал аниониттің активті топтары және сорбцияланатын аниондар байланысының қатты тұздік сияқты табиғаты бар. Зерттелетін АМ-2Б аниониті алтынға қатысты жоғары талғамдылықты иеленеді және күрделі құрамды ерітінділерден асыл металдарды таңдап шоғырландыру үшін ұсынылады.

ЭОЖ 621.941.24. К.Т. ШЕРОВ. **Қиылыстыру жұмыстарының өлшеу дәлдігін арттыру және еңбек сыйымдылығын төмендету.** Цех жағдайларында арнайы конструкциялы бақылау сызғыштарымен өлшеу нәтижелерінің тұрақтылығын статистикалық зерттеулер нәтижелері келтірілген. Жүргізілген эксперименттер деректері НТ-250И жону станогының V тәрізді бағыттаушы тетіктері бұрыштарының орналасу дәлдігінің Караганды мемлекеттік техникалық университетінің арнайы конструкциялы бақылау сызғыштарының көмегімен сызба бойынша берілген ауытқулармен салыстырғанда 10 еседен артық арттырылуы мүмкін болатынын көрсетті. Алынған нәтижелер функционалдық байланысқан беттердің бұрыштық және сызықтық өлшемдерінің мәндерін өлшеудің жаңа әдістемесін өндіріске ендіруге мүмкіндік берді.

ЭОЖ 669.015.5.001. А.Е. БӨКЕТОВА. **Гидросоксимдердің құрылымдық факторларының мыс катиондары (II) бар кешендердің тұрақтылығына әсері.** 6-31G(d,p) базистік жинағын және тигіздігі B3LYP гибриді алмасу-корреляциялық функционалы пайдалану арқылы Хартри-Фок жуықтауында *ab initio* әдісімен LIX 984N экстрагентінің және мыс катиондары (II) бар кешеннің құрамына кіретін модельді молекулалар құрылымдары зерделенген. Кетоксим молекулаларының мыс катионымен (II) өзара әрекеттесуінен үлестің және кетоксим молекуласы мен альдоксимнің фенол тобының оттегісі арасында пайда болған сутекті байланыстан үлестің мыс катионы (II) бар кешеннің тұрақтылығына әсері көрсетілген.

ЭОЖ 669.18:669.15-194. А.Б. АХМЕТОВ, Р.Ш. АХТАНОВА, С.Х. НАСЫБУЛЛИНА. **Темір-көміртегілі кесекшелерде темірдің қалпына келуіне байланыстырушылар құрамының әсері.** Жұмыс металлургия кәсіпорындарының құрамында темір бар қалдықтарының рециклингі процесерін зерттеуге арналған. Әр түрлі байланыстырушылар құрамының олардың тәртібін жоғары температураларда зерделеу арқылы оксидтерден темірді қалпына келтіруге әсерін зерттеулер нәтижелері келтірілген. Байланыстырушы материал ретінде шанды қолданудың экологиялық қалдықтар проблемасын шешуге мүмкіндік беретіні, сонымен қоса оларды сақтау бойынша шығындардан босататыны, ал болатты қорыту процесінде ДСП шаңындағы және от қабыршығындағы темірді алудың

UDC 621.771. A.B. NAIZABEKOV, V.A. ANDREYASHCHENKO. **Effect of Outer Factors in Angle Extrusion.** There is studied the effect of outer factors on the process of deforming, on which base there are selected the most rational conditions of the angle extrusion carrying out.

UDC 669.223.431(574). A.K. TURSUNBAYEVA. **IR-Spectroscopic Studies of Gold and Non-Ferrous Metals Sorption.** There is established that cyanide complex anions of gold and non-ferrous metals pertain their form and stability both in dissolving certain salts and in their sorption with anions, and the bond of anionite active groups and anions has the same nature as in a solid salt. The ionite studied AM-2B possesses a high selectivity in relation to gold and is recommended for selective concentrating of noble metals from solutions of complicated composition.

UDC 621.941.24. K.T. SHEROV. **Studying Method of Increasing Accuracy of Measuring and Decreasing Labor Intensity of Adjusting Operations.** There are presented the results of statistic studies of stable results of measuring with control rules a special structure in the conditions of a shop. The data of the results carried out showed that the accuracy of V-shaped guiding parts of the lathe NT-250I position with the help of control rules of Karaganda State Technical University can be increased more than 10 times as compared to the deviations accepted in the drawing. The results obtained permitted to introduce in production the new method of measuring angle and linear dimensions of functionally connected surfaces.

UDC 669.015.5.001. A.Ye. BUKETOVA. **Effect of Structural factors of Hydrocyoxims on Stability of Complexes with Copper (II) Cations.** By the method *ab initio* in Hartree-Fock approximation using basis complete 6-31G(d,p) and the hybrid exchange-and-correlation functional of density B3LYP there are studied the structures of model molecules in the structure of extragent LIX 984N and the complex with copper (II) cation. There is shown the effect of contribution of interacting ketoxim with copper (II) cation and hydrogen bond between a ketoxim molecule and aldoxim phenol group oxygen on the complex with copper (II) cation stability.

UDC 669.18:669.15-194. A.B. AKHMETOV, R.Sh. AKHTANOVA, S.Kh. NASYBULLINA. **Binders Composition Effect on Iron Reduction in Iron-and-Carbon Briquettes.** There are studied the processes of recycling iron-containing waste of metallurgical enterprises. There are presented the results of studies of different binders composition effect on iron reduction from oxides with studying their behaviour at high temperatures. The laboratory experiments established that using dust as a binder gives the possibility to solve an ecological problem of wastes, besides, it decreases the costs for their storage, and iron extraction from the dust and scale in the process of steel manufacturing permit an enterprise to save the deficit and expensive metal scrap.

позволяет предприятию экономить дефицитный и дорогостоящий металл.

УДК 621.91.24. К.Т. ШЕРОВ. **Метрологическое обеспечение точности функционально связанных поверхностей металлорезающих станков.**

Рассмотрен новый способ измерения углов V – образных поверхностей с высокой точностью. Приведены схемы измерения значения угла V – образной поверхности одной контрольной линейкой специальной конструкции Карагандинского государственного технического университета. Предложена последовательность выполняемых работ для измерения угла призмы направляющих станины токарных станков.

УДК 622.831. В.Ф. ДЕМИН, С.К. ТУТАНОВ, В.В. ДЕМИН, В.В. ЖУРОВ, Т.В. ДЕМИНА. **Проявления горного давления в вентиляционной выемочной выработке при технологии очистных работ с возвратноточной схемой проветривания.**

Исследованы напряженно-деформированное состояние, проявления горного давления, условия поддержания выработок в зависимости от горно-технических и технологических параметров. Исследования позволили установить степень влияния их разработки на эффективность применения анкерного крепления выемочных выработок.

УДК 622.271. В.Н. ДОЛГОНОСОВ. **Исследование деформации ползучести глинистых грунтов.**

Изучение реологических свойств горных пород по данным лабораторных испытаний на ползучесть заключается в выборе вида эмпирического уравнения ползучести и в определении параметров этого уравнения. Рассмотрены результаты длительных лабораторных испытаний образцов подрудных глин Тургайского месторождения в условиях объемного напряженного состояния.

УДК 622.271: (622.682+622.684). С.С. КУЛНИЯЗ. **Анализ результирующего угла установки и коэффициентов удлинения конвейерного подъемника.**

Рассмотрены вопросы установки питателя относительно бункера дробилки, а также влияние длины става на величину коэффициента удлинения конвейерного подъемника.

УДК 622.271. Н.Ф. НИЗАМЕТДИНОВ, В.Н. ДОЛГОНОСОВ, О.В. СТАРОСТИНА. **Особенности напряженного состояния массива горных пород.**

Изучение напряженно-деформированного состояния массива горных пород является основой исследования всех геомеханических процессов. Выполнен анализ ряда литературных источников и изложены некоторые особенности и напряженного состояния горного массива.

УДК 628.162.8. С.Б. АБДРЕШОВА, Ш.А. БАХТАЕВ, С.А. ШАРИПОВА, М.К. ДЮСЕБАЕВ. **Исследование эффективности применения озона для обезвреживания воды от нефтепродуктов.**

Проведенные исследования «модели» водой и водой из моечной ванны промышленного предприятия показали высокую эффективность применения озона для обезвреживания.

УДК 622.23.05: 622.235. Б.М. КЕНЖИН. **Результаты исследования гидравличес-**

кәсіпорынның тапшы және қымбат тұратын металл сынығын үнемдеуіне мүмкіндік беретіні зертханалық эксперименттермен анықталған.

ЭОЖ 621.91.24. К.Т. ШЕРОВ. **Металл кескіш станоктардың функционалды байланысқан беттерінің орналасу дәлдігін метрологиялық қамтамасыз ету.**

V тәрізді беттердің бұрыштарын жоғары дәлдікпен өлшеудің жаңа тәсілі қарастырылған. V тәрізді бет бұрышының мәнін Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің арнайы конструкциялы бақылау сызғышының біреуімен өлшеу құралдары келтірілген.

Жонустаноктарының бағыттаушы тұғырлары призмасының бұрышын өлшеу үшін орындатын жұмыстардың үйелілігі ұсынылған.

ЭОЖ 622.831. В.Ф. ДЕМИН, С.К. ТУТАНОВ, В.В. ДЕМИН, В.В. ЖУРОВ, Т.В. ДЕМИНА. **Қайтымды-дәл желдету құралы бар тазарту жұмыстарының технологиясында желдетіп алу қазбасында тау қысымының айқындалуы.**

Кернеулі-деформацияланған күй, тау қысымының айқындалуы, кен-техникалық және технологиялық параметрлерге байланысты қазбаларды күтіп ұстау шарттары зерттелген. Зерттеулер оларды қазудың алу қазбаларын анкермен бекітуді қолдану тиімділігіне әсер ету дәрежесін анықтауға мүмкіндік берді.

ЭОЖ 622.271. В.Н. ДОЛГОНОСОВ. **Балшықты грунттардың сусымалылығы деформациясын зерттеу.**

Сусымалылыққа зертханалық сынау деректері бойынша тау жыныстарының реологиялық қасиеттерін зерделеу сырғымалылықтың эмпирикалық теңдеуін таңдаудан және осы теңдеудің параметрлерін анықтаудан тұрады. Көлемді кернеуленген күй жағдайларында Торғай кен орнының руда астындағы балшықтарының үлгілерін ұзақ зертханалық сынау нәтижелері қарастырылған.

ЭОЖ 622.271: (622.682+622.684). С.С. ҚҰЛНИЯЗ. **Орнатудың нәтижелерін бұрышын және конвейер көтергішін ұзарту коэффициенттерін талдау.**

Ұсатқыш шанабына қатысты қоректендіргішті орнату мәселелері, сондай-ақ қондырғы ұзындығының конвейер көтергішін ұзарту коэффициентінің шамасына әсері қарастырылған.

ЭОЖ 622.271. Н.Ф. НИЗАМЕТДИНОВ, В.Н. ДОЛГОНОСОВ, О.В. СТАРОСТИНА. **Тау жыныстары массивінің кернеулі күйінің ерекшеліктері.**

Тау жыныстарының кернеулі-деформацияланған күйін зерделеу барлық геомеханикалық процестерді зерттеу негізі болып табылады. Бірқатар әдебиет көздерін талдау орындалған және тау массивінің кернеулі күйінің кейбір ерекшеліктері баяндалған.

ЭОЖ 628.162.8. С.Б. АБДРЕШОВА, Ш.А. БАХТАЕВ, С.А. ШАРИПОВА, М.К. ДҮЙСЕБАЕВ. **Суды мұнай өнімдерінен зарарсыздандыру үшін озонды қолдану тиімділігін зерттеу.**

"Модельді" сумен және өнеркәсіптік кәсіпорынның жууға арналған ваннаның суымен жүргізілген зерттеулер озонды Зарарсыздандыру үшін қолданудың жоғары тиімділігін көрсеткен.

ЭОЖ 622.23.05: 622.235. Б.М. КЕНЖИН. **Тік бұрышты импульс режиміндегі гидрав-**

UDC 621.91.24. K.T. SHEROV. **Metrological Provision of Metal-Cutting Machine-Tools Functionally Connected Surfaces Position Accuracy.**

There is considered a new method of measuring angles of V -shaped surfaces with high accuracy. There are given the schemes of measuring an angle of V -shaped surface with one control rule of special construction of Karaganda State Technical University. There is suggested the sequence of the operations performed for measuring the angle of lathes frame guides prism.

UDC 622.831. V.F. DYOMIN, S.K. TUTANOV, V.V. DYOMIN, V.V. SHUROV, T.V. DYOMINA. **Manifestation of Mining Pressure in Ventilation Extraction Working in Technology of Cleaning Operations with Recurrent Scheme of Ventilation.**

There are considered stressed-and-strained state, manifestation of mining pressure, working support conditions depending on mining-and-technical and technological parameters. The studies permitted to establish the degree of their development effect on the efficiency of using a roof bolting of extraction workings.

UDC 622.271. V.N. DOLGONOSOV. **Studying Clay Soil Creep Deformation.**

Studying rheologic properties of mining rocks by the data of laboratory tests for creep consists in the selection of creep empiric equation type and in determining the parameters of this equation. There are considered the results of long-term laboratory tests of under-ore clay samples of the Turgai deposit in the conditions of the volume stressed state.

UDC 622.271: (622.682+622.684). S.S. ULNIYAZ. **Analysis of Set up Resulting Angle and Conveyer Hoist Elongation Coefficients.**

There are considered the questions of feeder setting up relatively to the grinder hopper, as well as the effect of the flight on the conveyer hoist elongation coefficient.

UDC 622.271. N.F. NIZAMETDINOV, V.N. DOLGONOSOV, O.V. STAROSTINA. **Peculiarities of Stressed State of Mining Rocks Mass.**

Studying the stressed-and-strained state of mining rocks mass is the base for studying all geo-mechanical processes. There has been carried out the analysis of a number of literature sources and presented some peculiarities of mining mass stressed state.

UDC 628.162.8. S.B. ABDRESHOVA, Sh.A. BAKHTAYEV, S.A. SHARIPOVA, M.K. DYUSEBAYEV. **Studying Efficiency of Using Ozone for Water Cleaning from Oil Products.**

The studies carried out for the model in the washing water bath of industrial enterprises showed high efficiency of ozone using for rendering water harmless.

UDC 622.23.05:622.235. B.M. KENZHIN. **Results of Studying Hydraulic Seismic**

кого сейсмоисточника в режиме прямоугольного импульса.

На основании математической модели движения сейсмоисточника и ее решения с использованием критериев оценки получены аналитические выражения и графические зависимости выходных показателей от внутренних параметров, установлены практические рекомендации для интервалов изменения внутренних параметров.

УДК 666.97.052. Х.Г. АКАНОВ, А.З. НУРМУХАНОВА. **Исследование движения материала загрузки барабанных смесителей с горизонтальной осью вращения.**

Рассмотрены процессы движения материала загрузки в барабанных смесителях с горизонтальными осями вращения, по двум основным схемам – «каскадной» и «водопадной», для установления критических частот вращения барабанов смесителей и для отмеченных выше режимов.

УДК 626.131.34. Д.О. БАЙДЖАНОВ, Д.Т. ТОКАНОВ, П.А. КРОПАЧЕВ, С.Р. ЖОЛМАГАМБЕТОВ, Н.С. КОПБАЛИНА. **Натурные исследования и усиление монолитных железобетонных конструкций углеродными фиброволокнами.**

Исследована несущая способность конструкций монолитного каркаса. Рассматривается эффективность нового метода усиления низкочастотных конструкций композитным материалом на основе односторонних углеродных фиброволокон.

УДК 539.3. Ж.Б. БАКИРОВ, А.А. ТАНИРБЕРГЕНОВА. **Расчет надежности устройства в изгибающем кручении.**

Из минимального условия надежности определено расположение опасных зон от случайных компонентов напряженного состояния. Получены аналитические выражения для расчета надежности в плоскостном напряженном состоянии. Минимальное условие надежности в изгибающем кручении можно заменить максимальным условием математического ожидания расчетного напряжения.

УДК 631.425.2. С.Д. МАГАЙ. **Мониторинг за потенциалом влаги в почвогрунтах.**

Приведены результаты мониторинга за потенциалом влаги в почвогрунтах Казахской части Голодностепского массива при возделывании хлопчатника с применением английского почвенного оборудования: гипсовым блоком «GYR 1» и датчиком «WMK» с помощью регистратора данных «DL 2e». Выявлены зависимости потенциала влаги от влажности почвогрунтов.

УДК 624.012.35/46(075). В.Н. НЭМЕН, В.А. ЛИТВИНЕНКО, С.И. ПЕТРЕНКО, В.В. ГРОЗНОВ. **Армокирпичная перемычка.**

Рассматривается разработанная авторами конструкция армокирпичной перемычки. На основании загрузки, выполненного согласно действующим стандартам, установлена допустимость эксплуатации ее в качестве наружной оконной (дверной) перемычки. В дальнейшем предполагается экспериментальная проверка возможности использования ее в качестве внутренней перемычки.

УДК 621.752(031). Ж.Б. БАКИРОВ, В.Ф. МИХАЙЛОВ. **Анализ колебаний механических систем при случайном параметрическом и внешнем возбуждении.**

Методом спектральных представлений

ликалық сейсмикалық көзді зерттеу нәтижелері.

Сейсмикалық көз қозғалысының математикалық моделі және бағалау критерийлері пайдаланылған оның шешімі негізінде ішкі параметрлерден шығыстық көрсеткіштердің аналитикалық өрнектері және графикалық тәуелділіктері алынған, ішкі параметрлердің өзгеру интервалдары үшін практикалық ұсыныстар анықталған.

ӨЖ 666.97.052. Х.Г. АҚАНОВ, А.З. НҰРМҰҚАНОВА. **Горизонталь айналу осі бар барабанды араластырғыштардың тиеу материалының қозғалуын зерттеу.**

Горизонталь айналу осьтері бар барабанды араластырғыштардағы тиеу материалының қозғалу процесстері араластырғыштар барабандары айналуының ауыспалы жиіліктерін анықтау үшін және жоғарыда аталған режимдер үшін, «каскадты» және «сарқырамалы» екі негізгі құла бойынша қарастырылған.

ӨЖ 626.131.34. Ж.О. БАЙЖАНОВ, Д.Т. ТОКАНОВ, П.А. КРОПАЧЕВ, С.Р. ЖОЛМАГАМБЕТОВ, Н.С. КОПБАЛИНА. **Біртұтас темірбетонды конструкцияларды табиғи зерттеулер және көміртегілі фиброталшықтармен күшейту.**

Біртұтас қаңқа конструкцияларының көтергіш қабілеті зерттелген. Беріктігі төмен конструкцияларды бір бағытты көміртегілі фиброталшықтар негізіндегі композитті материалмен күшейтудің жаңа әдісінің тиімділігі қарастырылған.

ӨЖ 539.3. Ж.Б. БӘКІРОВ, А.Ә. ТӘНІРБЕРГЕНОВА. **Иіліп бұралудағы құрылғы сенімділігін есептеу.**

Сенімділіктің минимум шартынан кернеуленген күйдің кездейсоқ компоненттерінен қауіпті аудандарының орналасуы анықталған. Жазық кернеуленген жағдайда сенімділікті есептеу үшін аналитикалық өрнектер алынды. Иіліп бұралуда сенімділіктің минимумдық шартын есептік кернеудің математикалық үмітінің максимум шартымен алмастыруға болады.

ӨЖ 631.425.2. С.Д. МАГАЙ. **Топырақ грунттарындағы ылғал потенциалының мониторингі.**

«DL 2e» деректерін тіркегіштің көмегімен «GYR 1» гипстік блоктары және «WMK» датчиктері ағылшындық топырақ жабдықтарын қолданып мақта егісін өсіргенде Голодностеп массивінің Қазақстандық бөлігінің топырақ грунттарындағы ылғал потенциалы мониторингінің нәтижелері келтірілген. Ылғал потенциалының топырақ грунттарының ылғалдылығына тәуелділіктері айқындалған.

ӨЖ 624.012.35/46(075). В.Н. НЭМЕН, В.А. ЛИТВИНЕНКО, С.И. ПЕТРЕНКО, В.В. ГРОЗНОВ. **Шегенделген кірпіш маңдайша.**

Авторлармен әзірленген шегенделген кірпіш маңдайша конструкциясы қарастырылады. Қолданылып жүрген стандарттарға сәйкес орындалған жүктеу негізінде оны сыртқы терезе (есік) маңдайшасы ретінде пайдалану мүмкінділігі анықталған. Әрі қарай оны ішкі маңдайша ретінде пайдалану мүмкіндігін эксперименттік тексеру жорамалданады.

ӨЖ 621.752(031). Ж.Б. БӘКІРОВ, В.Ф. МИХАЙЛОВ. **Кездейсоқ параметрлік және сыртқы қоздырылған механикалық жүйелер тербелістерін талдау.**

Спектрлік түсініктер әдісімен әртүрлі кездейсоқ әсерлер болғанда сызықтық

Source in Rectangle Pulse Mode.

On the basis of a mathematical model of a seismic source motion and its solution using the criteria of estimation there are obtained analytical expressions and graphic dependences of the output indices on the inner parameters, established practical recommendations for the inner parameters changing intervals.

UDC 666.97.052. Kh. AKANOV, A.Z. NURMUKHANOVA. **Studying Motion of Loading Material for Drum Mixers with Horizontal Axis of Rotation.**

There are considered the processes of loading material motion for drum mixers with horizontal axes of rotation, in two principal schemes – “cascade” and “waterfall”, for establishing critical frequencies of the mixer drum rotation and for the abovementioned modes.

UDC 626.131.34. D.O. BAIDZHANOV, D.T. TOKANOV, P.A. KROPACHEV, S.R. ZHOLMAGAMBETOV, N.S. KOPBALINA. **Nature Studies and Strengthening Monolithic Reinforced Concrete Structures with Carbon Fibres.**

There is studied the carrying capacity of monolithic frame structures. There is considered the efficiency of the new method of strengthening low-strength structures with a composite material on the base of one-directional carbon fibres.

UDC 539.3. Zh.B. BAKIROV, A.A. TANIRBERGENOVA. **Calculation of Device Reliability in Bending Torsion.**

From the minimal condition of reliability there is determined the location of dangerous zones from the random components of stressed state. There are obtained analytical expressions for calculating reliability in the flat-and-stressed state. Minimal conditions of reliability in bending torsion can be changed with maximal conditions of mathematical expectation of calculated stress.

UDC 631.425.2. S.D. MAGAI. **Monitoring Water Content Potential in Soil Grounds.**

There are presented the results of water potential monitoring in the soil grounds of The Kazakhstan part of Golodnostepski mass in growing cotton using an English soil equipment: gypsum blocks “GYR 1” and sensors “WMK” with the help of data register “DL2e”. There are revealed the dependences of water potential on soil grounds water.

UDC 624.012.35/46(075). V.N. NEMEN, V.A. LITVINENKO, S.I. PETRENKO, V.V. GROZNOV. **Reinforced Brick Lintel.**

There is considered a developed by the authors structure of reinforced brick lintel. On the basis of loading carried out in accordance to the existing standards, there is established the possibility to use it as an outer window (door) lintel. In the future there is suggested an experimental checking of its use possibility as an inner lintel.

UDC 621.752 (031). Zh.B. BAKIROV, V.F. MIKHAILOV. **Analysis of Mechanical Systems Oscillations at Random Parametrical and Outer Excitation.**

By the method of spectral presentations there has been obtained a stationary and non-

получено стационарное и нестационарное решение для линейной механической системы при различных случайных воздействиях

механикалық жүйе үшін тұрақты және тұрақсыз шешім алынған.

stationary solution for a linear mechanical system at various random effects.

УДК 622.867.2. С.К. МАЛЫБАЕВ, Н.А. ДАНИЯРОВ, О.Т. БАЛАБАЕВ, С.Ж. КОСБАРМАКОВ, Д.М. НУРГАЛИЕВ. **Опыт эксплуатации магистрального ленточного конвейера фирмы «H+E LOGISTIK GMBH» на руднике «Нурказган».**

Рассмотрен опыт эксплуатации магистрального ленточного конвейера фирмы «H+E Logistik GmbH» на руднике «Нурказган». Выявлены причины, приводящие к многочисленным поломкам основных узлов конвейера, в числе которых: несоответствие потребной мощности применяемых приводных двигателей; пониженная прочность резинометаллической ленты и превышение ее эксплуатационной скорости и движения и др.

ӨЖ 622.867.2. С.К. МАЛЫБАЕВ, Н.А. ДАНИЯРОВ, О.Т. БАЛАБАЕВ, С.Ж. КОСБАРМАКОВ, Д.М. НУРГАЛИЕВ. **«Нұрқазған» кенішінде «H+E LOGISTIK GMBH» фирмасының магистральдық таспалы конвейерін пайдалану тәжірибесі.**

«Нұрқазған» кенішінде «H+E LOGISTIK GmbH» фирмасының магистральдық таспалы конвейерін пайдалану тәжірибесі қарастырылған. Конвейердің негізгі тораптарының көптеген бұзылуына әкелетін себептер айқындалған, олардың қатарында: қолданылатын жетекті қозғалтқыштардың талап етілетін қуатының сәйкес еместігі; резина-трос таспасының төмен беріктігі және оның қозғалысының пайдаланылу жылдамдығын арттыру және т.б. бар.

UDC 622.867.2. S.K. MALYBAYEV, N.A. DANIYAROV, O.T. BALABAYEV, S.ZH. KOSBARMAKOV, D.M. NURGALIYEV. **Experience of Using Main Line Belt conveyor of «H+E LOGISTIK GMBH» company at «Nurkazgan» mine.**

There is considered the experience of using a main line belt conveyor of «H+E Logistik GmbH» company at «Nurkazgan» mine. There are revealed the reasons of multiple damages of the principal parts of the conveyor including inconformity of the driving engines necessary power, low strength of rubber-and-rope belt and its operation speed exceed, etc.

УДК 624.131.542. Е.С. УТЕНОВ. **Расчет осадок фундаментов с учетом влияния локальных изменений сжимаемости и напряженного состояния основания здания.**

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований механизма взаимодействия фундамента с основанием разработан и предложен эффективный метод расчета осадок ленточных фундаментов, позволяющий учесть локальные изменения сжимаемости и напряженного состояния грунтов в пределах активной области основания, вызванные различными воздействиями природного и техногенного характера.

ӨЖ 624.131.542. Е.С. УТЕНОВ. **Үй негізінің қысылғыштығының және кернеулі күйінің жергілікті өзгерістерінің әсерін есепке алып іргетастардың шөгуге есептеу.**

Іргетастың негізбен өзара әрекеттесу механизмін теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижелері негізінде таспалы іргетастардың шөгуге есептеудің тиімді әдісі ұсынылған, ол әртүрлі табиғи және техногенді сипатты әсерлермен тудырылған негіздің активті аймағы шегінде грунттардың сығылғыштығы мен кернеулі күйінің жергілікті өзгерістерін есепке алуға мүмкіндік береді.

UDC 624.131.542. Ye.S. UTENOV. **Calculation of Foundation Settlements Taking into Consideration Local Changes of Compressibility and Building Base Stressed State Effect.**

On the basis of the results of theoretical and experimental studies of the foundation interaction with the base mechanism there has been developed and suggested an efficient method of calculating strip foundation settlements permitting to take into consideration compressibility and ground stressed state local changes within the limits of the active part of the base caused by different effects of natural and technogenic character.

УДК 666.97.052. А.З. НУРМУХАНОВА, Х.Г. АКАНОВ. **Расчет полезной мощности, потребляемой барабанным смесителем.** Дается полное определение расчета полезной мощности, потребляемой барабанным смесителем, при вращении барабана смесителя, а также условия оборачиваемости массы материала загрузки в смесителе, влияющие на качество смешения.

ӨЖ 666.97.052. А.З. НУРМУХАНОВА, Х.Г. АКАНОВ. **Барабанды араластырғышпен тұтынылатын пайдалы қуатты есептеу.** Араластырғыш барабаны айналғанда барабанды араластырғышпен тұтынылатын пайдалы қуатты есептеудің толық анықтамасы, сондай-ақ араласу сапасына әсер ететін араластырғыштағы тиеу материалы массасының айналымдылығы шарттары берілген.

UDC 666.97.052. A.Z. NURMUKHANOVA, Kh.G. AKANOV. **Calculating Net Power Consumed by Drum Mixer.**

There is given a complete defining of calculating the net power consumed by a drum mixer at its rotation, as well as the conditions of the loading material mass turnover in the mixer effecting the quality of mixing.

УДК 621.313.222. Д.М. СИЛКОВ. **Нечеткий регулятор скорости электродвигателя последовательного возбуждения.**

Разработан регулятор скорости электродвигателя последовательного возбуждения на базе нечеткой логики. Приводятся результаты имитационного моделирования электропривода.

ӨЖ 621.313.222. Д.М. СИЛКОВ. **Тізбекті қоздырылатын электр қозғалтқышы жылдамдығын анық емес реттегіш.**

Анық емес логика базасында тізбекті қоздырылатын электр қозғалтқышының жылдамдығын реттегіш әзірленген. Электр жетегін имитациялық модельдеу нәтижелері келтіріледі.

UDC 621.313.222. D.M. SILKOV. **Indistinct Regulator of Electric Engine Speed with Series Excitation.**

There is developed a regulator of the series excitation electric engine speed on the basis of indistinct logics. There are presented the results of electric drive imitation modeling.

УДК 004.056.55. М.А. БЕЙСЕНБИ, Б.Е. ТАЙЛАК. **Исследование порождения детерминированного хаоса и криптографическая система защиты информации в компьютерных сетях.**

На основе простейшей нелинейной модели исследуется возникновение многообразия типов поведения криптографической системы, варьирующих от простых точек равновесия до множественных хаотических.

ӨЖ 004.056.55. М.А. БЕЙСЕНБИ, Б.Е. ТАЙЛАК. **Детерминделген ретсіздікті тудыруды зерттеу және компьютерлік желілердегі ақпаратты қорғаудың криптографиялық жүйесі.**

Қарапайым сызықтық емес модель негізінде қарапайым тепе-теңдік нүктелерінен көптік ретсіз нүктелерге дейін түрленетін криптографиялық жүйе тәртібі типтерінің алуан түрлілігінің пайда болуы зерттеледі.

UDC 004.056.55. M.A. BEISENBI, B.Ye. TAILAK. **Studying Determined Chaos Occurring and Cryptographic System of Information Protection in Computer Networks.**

On the basis of the simplest non-linear model there is studied occurring the variety of behaviour types of a cryptographic system varying from the simple equilibrium points to multiple chaotic ones.

УДК 621.3.082. Т.Л. ТЕН, Г.Д. КОГАЙ. **Моделирование взаимодействия элементов в информационной структуре ИИС.**

Описанный подход дает возможность получить потокораспределение в информационных сетях в виде $\{D^h\}$ и данные о связях между элементами H , что позволяет оценивать проекты совершенствования систем взаимодействия в ИИС. Оценка производится по критерию (2), который можно рассматривать в качестве оценки уровня взаимодействия в ИИС.

ӨЖ 621.3.082. Т.Л. ТЕН, Г.Д. КОГАЙ. **АӨЖ ақпараттық құрылымындағы элементтердің өзара әрекеттесуін модельдеу.**

Сипатталған амал ақпараттық желілерде ағын үлестірілуін $\{D^h\}$ түрінде және H элементтері арасындағы байланыстар туралы деректерді алуға мүмкіндік береді, бұл АӨЖ-де өзара әрекеттесу жүйелерін жетілдіру жобаларын бағалауға мүмкіндік береді. Бағалау (2) критерий бойынша жүргізіледі, оны АӨЖ-де өзара әрекеттесу деңгейін бағалау ретінде қарастыруға болады.

UDC 621.3.082. T.L. TEN, G.D. KOGAI. **Modeling Interaction between Elements in IIS Information Structure.**

The approach described gives the possibility to obtain flow-distribution in information networks in the form $\{D^h\}$ and the data about the ties H , which permits to estimate the projects of improving the systems of interaction in IIS. The estimation is carried out by the criterion (2), which can be considered as an estimation of the interaction level in IIS.

УДК 621.314:622.647.1. В.В. КАВЕРИН.

ӨЖ 621.314:622.647.1. В.В. КАВЕРИН.

UDC 621.314:622.647.1. V.V. KAVERIN.

Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока в режиме динамического торможения.

Определение регулировочных характеристик электропривода постоянного тока с импульсным преобразователем повышенной частоты в цепи якоря в режиме управляемого динамического торможения.

УДК 621.3.036.663. А.А. КАЛИНИН. **Оценка эффективности гидродинамических нагревателей как энергетических преобразователей.**

Приводятся результаты экспериментальных исследований энергетических характеристик гидродинамических нагревателей с трубным реактором, осуществляется оценка эффективности преобразования механической энергии в тепло.

УДК 534.782.001: 621.39. А.В. КАВЕРИН. **Спектральный анализатор речевых команд для управления машинами и механизмами.**

Осуществлен выбор структуры и выполнен расчет параметров спектрального анализатора для систем управления машинами и механизмами на производственных предприятиях с использованием речевых команд.

УДК 338.22 (075.8). В.С. ЮШКО, В.В. ЮШКО. **Основы управления рекламным проектом.**

Отражены основные этапы процесса управления рекламным проектом. Приведены цели разработки рекламного проекта, основные составляющие рекламного комплекса и требования к его составлению. Рассмотрены методы определения бюджета рекламного проекта и побудительные мотивы покупки (потребитель).

Динамикалық тежеу режиміндегі тұрақты тоқты электр жетегінің реттік сипаттамалары.

Басқарылатын динамикалық тежеу режиміндегі якорь тізбегінде жоғары жиілікті импульстік түрлендіргіші бар тұрақты тоқты электр жетегінің реттеу сипаттамалары анықталған.

ЭОЖ 621.3.036.663. А.А. КАЛИНИН. **Энергетикалық түрлендігіштеріндегі гидродинамикалық қыздырғыштардың тиімділігін бағалау.**

Құбырлы реакторы бар гидродинамикалық қыздырғыштардың энергетикалық сипаттамаларын эксперименттік зерттеу нәтижелері жүргізіледі, механикалық энергияны жылуға түрлендіру тиімділігін бағалау жүзеге асырылады.

ЭОЖ 534.782.001: 621.39. А.В. КАВЕРИН. **Машиналар мен механизмдерді басқаруға арналған сөйлеу командаларының спектрлік анализаторы.**

Сөйлеу командаларын пайдаланып өндірістік кәсіпорындардағы машиналар мен механизмдерді басқару жүйелеріне арналған спектрлік анализатор құрылымын таңдау жүзеге асырылған және параметрлерін есептеу орындалған.

ЭОЖ 338.22 (075.8). В.С. ЮШКО, В.В. ЮШКО. **Жарнама жобасын басқару негіздері.**

Жарнама жобасын басқару процесінің негізгі кезеңдері сипатталған. Жарнама жобасын әзірлеу мақсаттары, жарнама кешенінің негізгі құраушылар және оны құрастыруға қойылатын талаптар келтірілген. Жарнама жобасын бюджетін анықтау әдістері және сатып алушылардың (тұтынушылардың) түрткі болатын дәлелдері қарастырылған.

Regulation Characteristics of Direct Current Electric Drive in Dynamic Braking Mode.

Determining the regulation characteristics of direct current electric drive with a pulse converter of increased frequency in the anchor chain in the mode of the controlled dynamic braking.

UDC 621.3.036.663. A.A. KALININ. **Efficiency Estimation of Hydrodynamic Heaters as Power Converters.**

There are presented the results of experimental studies of power characteristics of hydrodynamic heaters with the tube reactor, there is carried out efficiency estimation of converting mechanical power into heat.

UDC 534.782.001:621.39. A.V. KAVERIN. **Spectral Analyzer of Speech Commands for Controlling Machines and Mechanisms.**

There is carried out the structure selection and the calculation of spectral analyzer parameters for systems of controlling machines and mechanisms at industrial enterprises using speech commands.

UDC 338.22 (075.8). V.S. YUSHKO, V.V. YUSHKO. **Principles of Controlling Advertising Project.**

There are reflected the stages of the advertising project control process. There are presented the aims of an advertising project developing, the main components of an advertising complex and the consumers impetus.

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагается CD-диск 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, шрифт (кегель) 10, формат объекта 100 %.

В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей, не более 7) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты. Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов.

Публикация неверно оформленных статей задерживается.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано две статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать данными, полученными экспериментальным путем или методами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести

результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не допускается использование в статьях фрагментов текста, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

республикалық

журнал

республиканский

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2009. №3. 95 с.

№ 1351-ж тіркеу куәлігін 2000 жылдың 4 шілдесінде Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігі берген

Регистрационное свидетельство № 1351-ж от 04.07.2000 года выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

Әдеби редакторлар — Литературные редакторы

Р.С. Искакова, Б.А. Асылбекова, К.К. Сагадиева

Аудармашылар — Переводчики

А.С. Қордабаева, Н.М. Драк

Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка

М.М. Утебаев, У.Е. Алтайбаева

Басуға қол қойылды	28.09.2009	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	11,9	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	4249	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции

100027, г. Караганда, бульвар Мира, 56. Издательство КарГТУ.

