

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ
ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

✻ 4 (17)
2004

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

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

МЕНШІК ИЕСІ

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

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

СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

Г.Г. Пивень

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

Редакционный совет

- Пивень Г.Г.** ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф. (председатель)
- Акимбеков А.К.** проректор по научной работе и международным связям, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя)
- Исагулов А.З.** первый проректор, академик МАИИ, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя)
- Ахметжанов Б.А.** зав. кафедрой экономики предприятия, д-р экон. наук, проф.
- Байджанов Д.О.** профессор кафедры технологии строительных материалов и изделий, д-р техн. наук
- Бакиров Ж.Б.** зав. кафедрой прикладной механики, д-р техн. наук, проф.
- Брейдо И.В.** зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИИ, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Гращенко Н.Ф.** профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, академик МАН ЭБ, д-р техн. наук
- Ермеков М.А.** профессор кафедры геофизики и геологии, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук
- Жадрасинов Н.Т.** зав. кафедрой теоретической механики, академик МАИИ, чл.-кор. НИИ РК, д-р техн. наук, проф.
- Жумасултанов А.Ж.** профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук
- Кашык Ш.К.** профессор кафедры экономической теории, академик МЭАЕ, чл.-кор. АСН РК, д-р экон. наук
- Квон С.С.** профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, д-р техн. наук
- Климов Ю.И.** зав. кафедрой горных машин и оборудования, академик МАИИ, чл.-кор. АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Колесникова Л.И.** зав. кафедрой экономической теории, канд. экон. наук, доц.
- Малыбаев С.К.** зав. кафедрой промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.
- Низаметдинов Ф.К.** зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, д-р техн. наук, проф.
- Нургужин М.Р.** директор Департамента высшего и послевузовского образования МОН РК, академик МАИИ, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.
- Пак Ю.Н.** проректор по учебно-методической работе, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Палев П.П.** профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, д-р техн. наук
- Сагинов А.С.** академик НАН РК, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.
- Смирнов Ю.М.** зав. кафедрой физики, академик МАИИ, д-р техн. наук, проф.
- Тутанов С.К.** зав. кафедрой высшей математики, д-р техн. наук, проф.
- Хамимолда Б.Ж.** проректор по воспитательной работе, чл.-кор. АМР РК, д-р техн. наук, проф.
- Яворский В.В.** зав. кафедрой автоматизированных информационных систем, академик МАИИ, д-р техн. наук, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	5
ПАК Ю.Н. Университетские издательства и их роль в повышении эффективности учебно-образовательного процесса	5
ИСАГУЛОВ А.З., ШАРАЯ О.А., КИПНИС Л.С. Об актуальных задачах подготовки инженеров-литейщиков для казахстанских предприятий в современных условиях	7
БРЕЙДО И.В., ФЕШИН Б.Н. Межкафедральный виртуально-аппаратный лабораторный комплекс компьютерных систем технологического контроля и управления	9
ПАРШИНА Г.И. Опыт внедрения системы для дистанционного образования MOODLE	13
КУЛИКОВ В.П., КУЛИКОВА В.П. Концепция инвестиций в инновации высшей школы	16
РАЗДЕЛ 2. GEOTEХНОЛОГИИ	19
БОРАНБАЕВ М.Б., НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., РОМАНОВ В.И. Выбор рационального типа взрывчатого вещества при взрывной отбойке массива на карьере	19
ОЖИГИН С.Г., ОЖИГИНА С.Б., АБЕЛЬСЕЙТОВА С.К., ШИН Е.П. Оценка устойчивости уступов и стационарного борта разреза «Богатырь» в районе станции «Фланговая»	21
ОРАЗГАЛИЕВ Г.Ш. Методика оценки технического уровня и качества крепеустановщиков	23
ОРАЗГАЛИЕВ Г.Ш. Основные средства механизации возведения рамных крепей горных выработок	26
ПОПОВ С.Н. Расчет влияния внезапного выброса угля и газа на устойчивость проветривания угольных шахт	29
БЕРКАЛИЕВ Б.Т., ХАМИМОЛДА Б.Ж., ТНИМОВ Ж.Т. Установление потерь и разубоживание руды в очистных блоках (методика)	31
БЕРКАЛИЕВ Б.Т., ХАМИМОЛДА Б.Ж., ТНИМОВ Ж.Т. Критерий оценки эффективных вариантов очистной выемки полезных ископаемых	32
БАИЗБАЕВ М.Б. Определение предельной глубины открытых горных работ	33
ТУЛЕГЕНОВ Ш.А. Гидравлическое сопротивление безнапорного азрированного потока в закрытом водоводе	36
ТУТАНОВ С.К. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг выработки с учетом ползучести и разрушения	39
РАЗДЕЛ 3. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ	41
ПИВЕНЬ Г.Г., ПАДИАРОВА И.П., ИЩЕНКО А.П., САВЧАК О.Г., КЛОК А.Б. Функциональные модели информационной системы управления машиностроением	41
ШВОЕВ В.Ф., СИХИМБАЕВ М.Р., МУРАВЬЕВ О.П., БАЙЖАБАГИНОВА Г.А. Исследование зависимости тангенциальных остаточных напряжений при электроконтактной обработке	44
МАКСИМОВ Е.В., КУЛИКОВ В.Ю., ИСАГУЛОВ А.З., ЕГИМБАЕВ Б.Б. Характер взаимодействия теплоносителя с дисперсными частицами	46
МАКСИМОВ Е.В., КАПБАСОВ Ш.К., ИСАГУЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., АХМЕТОВА С.С. Структура полидисперсных и пористых систем	48
МАКСИМОВ Е.В., КАПБАСОВ Ш.К., ЩЕРБА В.С., ФЕТ Е.П. Изучение распределения газа в слое жидкости	52
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., ЛЕЖНЕВ С.Н., ГОЛУМБОВСКАЯ С.Ю. Исследование микроструктуры металла при прокатке толстолистовых заготовок в рельефных и гладких валках	55
САРЕКЕНОВ К.З. Об интенсивности доменной плавки при вдувании м азута	58
КИМ В.А., САРЕКЕНОВ К.З. О причинах ухудшения хода доменной печи на глиноземистых шлаках	60
ИМАНОВ А.Н., ИСЕКЕШЕВ Е.О., ЕРМЕКОВ Т.Е., ТОРНЕР Р.В. Оптимизация рецептуры и свойств композиций на основе α -полиолефинов	62
ИМАНОВ А.Н., БУДНИЦКИЙ Ю.М., ИСЕКЕШЕВ Е.О., ЕРМЕКОВ Т.Е. Процессы релаксации в высоконаполненных композициях	64

РАЗДЕЛ 4. ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	66
ЭТТЕЛЬ В.А. Определение моментов инерции и жесткости упругих элементов редукторов горных машин.....	66
ТУРГАНБАЕВ М.К. К выбору параметров напорного механизма машины для проходки скважин в грунтах	67
ТУРГАНБАЕВ М.К. Установление коэффициента жесткости амортизатора машины для проходки скважин в грунтах	69
МУХАММЕТЖАН А.А. Расчет и обоснование норматива сдачи отработанных промышленных масел самоходного горного оборудования для подземных рудников корпорации «Казахмыс».....	70
РАЗДЕЛ 5. ТРАНСПОРТ	72
ИБАТОВ М.К. Оценка загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами отработавших газов при работе карьерного автотранспорта	72
ИБАТОВ М.К. Математическая модель процесса нейтрализации отработавших газов карьерного автотранспорта	75
САРБАЕВ С.Ш. Оперативное управление организационными системами в общетранспортных узлах с применением теории игр	77
РАЗДЕЛ 6. СТРОИТЕЛЬСТВО	81
БЕКБАСАРОВ И.И. Определение объема воды, необходимой для доувлажнения грунта, из «точечного источника» при вытрамбовывании котлованов неглубокого заложения.....	81
БАЙДЖАНОВ Д.О., АБСИМЕТОВ В.Э., КУЧЕРБАЕВ Е.Т., ТУРЕБАЕВ И.Н. Исследование работы плетеных арматурных сеток	84
БЕКБАСАРОВ И.И. Определение диаметра уплотненной зоны грунта, формирующейся вокруг вытрамбовываемого котлована неглубокого заложения.....	85
РАЗДЕЛ 7. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА.....	89
АВДЕЕВ Л.А., БРАТЦЕВ С.А. Централизованная система автоматизированного контроля и управления вентиляторами главного проветривания угольных шахт с использованием беспроводных каналов связи и компьютерной техники.....	89
КАРАСЕВ Н.И. Энергоресурс жидких сред при вихревом движении.....	91
КАРАСЕВ Н.И., КУЧИН В.Н. К новому поколению вихревых теплогенераторов с трубным реактором.....	95
РЕЗЮМЕ	100

УДК 655.411:378.14

Ю.Н. ПАК

Университетские издательства и их роль в повышении эффективности учебно-образовательного процесса

Сегодня на высшую школу возлагается огромная ответственность, связанная с тем, что в университетах сосредоточен значительный интеллектуальный потенциал республики, ученые и педагоги вносят заметный вклад в стабилизацию общества, технический и социальный прогресс. Определенную озабоченность вызывает проблема качества подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием и, как следствие, дефицит по-настоящему образованных специалистов.

Демократизация общества и современные рыночные отношения не могут существовать без созидательного интеллекта и творческого подхода к труду. Для качественного образования важно максимально использовать индивидуальные способности студента, привить потребность к самообразованию и систематической работе с учебной литературой. Соглашаясь с тезисом: «Не образование на всю жизнь, а всю жизнь образование», университеты должны создать обучающемуся все необходимые условия и, в первую очередь, обеспечить учебной и методической литературой. Определенный дефицит в учебных книгах привел к тому, что лекции стали основным средством получения знаний для студентов. Бесспорно, лекция была и останется одним из важнейших составляющих обучения в вузе. Однако в период масштабного реформирования и перехода к бакалаврской подготовке по широкому спектру укрупненных специальностей с кредитной технологией обучения, предусматривающей усиление роли самостоятельной работы и снижение аудиторной нагрузки обучающихся, крайне важно добиться полного

обеспечения образовательного процесса учебно-методической литературой, являющейся необходимым инструментом формирования профессиональных качеств и информационной культуры специалиста.

Объем вузовской литературы, издаваемой крупными университетскими издательствами, имеет тенденцию к росту как по тиражу, так и предметным направлениям. Однако тематика литературы не в полной мере отражает реальную потребность вузов Казахстана и зачастую связана с профессиональными интересами и возможностями авторов.

Ранее вузовская литература выпускалась в основном крупными издательствами и, как правило, большими тиражами. Сейчас конъюнктура рынка сделала неэффективным выпуск малотиражной учебной литературы в крупных издательствах, обладающих достаточной инерционностью. Основную нагрузку по изданию вузовских учебников и пособий могут взять на себя университетские издательства, не обремененные бюрократическими тенденциями, способные оперативно реагировать на запросы вузовской общественности по выпуску учебной литературы.

Задача эффективно организованного университетского издательства — обеспечить учебный процесс необходимой литературой: учебниками, учебными пособиями, курсами лекций, методическими указаниями к лабораторным, практическим и семинарским занятиям, пособиями для самостоятельной работы студентов и др. Это позволит в условиях снижения аудиторной (контактной) нагрузки несколько переориентировать

роль лекции в учебном процессе. На лекциях должны быть изложены базовые идеи данной дисциплины в нормальном речевом темпе, а высвободившееся время можно максимально использовать для реализации других форм учебных занятий, развивающих мысль и творчество обучающихся. При такой постановке обучения большая нагрузка ложится на самостоятельную работу студентов, а преподаватель превращается в наставника, широко образованного собеседника. Главное для достижения такой цели — обеспечить доступность учебно-методической литературы для студентов и организовать хорошо оснащенные аудитории и библиотеки.

Любое учебно-методическое издание должно служить средством, направленным на успешную реализацию обучающей, развивающей и воспитывающей функции. Материал должен быть изложен лаконичным и доступным языком в строгой последовательности с учетом логики межпредметных связей, развивать интерес обучающегося к данному предмету, мотивировать формирование теоретических и практических навыков и умение ставить и решать проблемные вопросы в данной отрасли науки. Наглядная информация (иллюстрации, схемы, таблицы) должна быть представлена в доступной форме с тем, чтобы способствовать более качественному и оперативному усвоению материала.

Научно-технический прогресс настолько динамичен, что любая образовательная система должна быть способной не только вооружить студента знаниями, но и формировать потребность в непрерывном самообразовании. Если в XIX веке изменения в реальной жизни одного поколения были заметны на уровне 50%, в XX веке — 100%, то в XXI веке прогнозируется, что окружающая обстановка в течение жизни человека будет меняться многократно. Такая динамика заставляет издательства гибко подстраиваться к новациям, снять излишне бюрократические барьеры на пути движения рукописи к готовой полиграфической продукции. Освоить подобную технологию с перечисленными жесткими требованиями под силу университетским издательствам, оснащенным современным высокопроизводительным печатным и постпечатным оборудованием и имеющим в штате высококвалифицированных специалистов.

Использование эффективной системы мотивации для повышения творческой активности профессорско-преподавательского состава, оперативная публикация материалов, ведущих к раскрепощению инициативного мышления, — надежный путь модернизации высшего профессионального образования. В настоящее время в Казахстане отрабатывается модель высшего образования XXI века. Если в стратегическом плане общие принципы реформирования системы образования понятны, то тактические шаги реализации четко не определены. Назрела необходимость придать техническому образованию былую значимость. Для повышения мотивации к получению высшего технического образования необходимо наращивать творческую составляющую учебы и последующей работы дипломированного специалиста. В решении обозначенных задач не последнюю роль должны

сыграть университетские издательства. Здесь важно оценить их практические возможности в деле повышения образованности обучающихся, увеличения творческого начала и динамичности учебно-образовательного процесса.

Роль университетов в жизни современного общества не должна ограничиваться только их образовательной деятельностью. В вузах формируются новые идеи экономического и социального развития, создаются передовые технологии, образцы новой техники. В них сосредоточен огромный интеллектуальный потенциал, а авторитет профессорско-преподавательского состава выходит далеко за рамки учебного процесса.

Профессиональная деятельность любого ученого-педагога немислима без широкой публикации результатов исследований (научная статья, учебная литература, монография и т.д.). Эффективно действующее университетское издательство должно способствовать тому, чтобы каждый профессор и доцент смогли оперативно издавать собственный курс лекций или учебное пособие. Более того, выпуск нескольких альтернативных учебных пособий по одной и той же дисциплине позволит успешно реализовать право студентов на свободу выбора части изучаемых дисциплин, что положительно отразится на качестве учебного процесса.

Вузовский учебник требует особого подхода в процессе его написания, верстки, редактирования и тиражирования, позволяющего оперативно реагировать на запросы научно-педагогической общественности и добиться вовлечения большого числа авторов в данный процесс. Подготовка оригинала-макета вузовского учебника или учебного пособия, особенно по техническим направлениям, представляется весьма трудоемкой процедурой. Обилие формул, иллюстраций схем, таблиц создает немалые трудности в процессе компьютерной верстки. Главное требование к выпускаемой учебной литературе — это соответствие государственному образовательному стандарту специальности и высокое полиграфическое качество. Для написания учебных книг недостаточно профессионального опыта в той или иной отрасли науки. Нужно еще и хорошее образование, вкус к научно-литературной работе и языковой культуре.

Изначально университетские издательства создавались для обеспечения учебного процесса необходимой учебно-методической литературой. В процессе развития стала очевидной нерациональность дальнейшего функционирования университетского издательства в замкнутой системе. Экономически невыгодно содержать в университете издательско-полиграфический комплекс, удовлетворяющий только собственные нужды. Необходимо наладить систематическую связь с другими вузами в части обмена книжной продукцией. Найти сферы взаимодействия с регионами, промышленными предприятиями и общественными организациями.

Специфика вузовского учебника (относительно небольшой тираж и обширный перечень необходимых книг) предполагает строить экономическую деятельность издательств на принципе сочетания

бюджетного и коммерческого финансирования. При наличии резерва мощности у издательства целесообразно выпускать непрофильную печатную продукцию, выполнять платные заказы других учреждений, а средства, полученные от этой хозяйственной деятельности, направлять на стимулирование работников.

Немаловажна проблема рентабельности вузовского книгоиздания. Выпуск малотиражных книг и учебных пособий, в частности, по техническим направлениям подготовки специалистов, как правило, убыточен. Но частные убытки университетских издательств несопоставимы с теми выгодами, которые приобретает общество в целом, решая проблему книгообеспечения, а следовательно, и повышения культуры и профессионального роста специалистов. Осознавая общественную значимость издания учебно-методической литературы, следует постоянно привлекать как бюджетные, так и коммерческие средства для обновления издательско-полиграфической техники и укрепления штата издательства.

Экономически рентабельно иметь издательство в головных вузах страны, на базе которых сформированы Учебно-методические объединения (УМО) вузов, объединяющие однопрофильные вузы. Этим самым можно решить проблему обеспечения максимального числа вузов учебной литературой, увеличения тиражей и организации более стабильной книготорговой сети. Тесное взаимодействие издательства и Советов УМО позволит расставить приоритеты в выпуске учебной литературы, определить необходимые тиражи и заказчиков. Организационная близость издательства и УМО будет способствовать выпуску качественной учебной литературы за счет тщательного внешнего рецензирования представляемых рукописей. Важно объединить усилия ученых разных организаций для написания вузовских учебников. Учебно-методические объединения должны выступать с инициативой по формированию творческих авторских коллективов для создания учебников нового поколения по всему спектру специальностей высшего профессионального образования.

Проблема качественной подготовки специалистов неразрывно связана с учебно-методической обеспеченностью образовательного процесса. Важно издавать качественную учебную литературу, востребованную учебным процессом. В развитии этой проблемы необходимо разработать и внедрить организационно-методические принципы, обеспечивающие квалифицированное рецензирование учебной литературы, с тем, чтобы низкопробные издания не выходили в свет. Надо ужесточить требования при присвоении рекомендательного грифа «Учебник для вузов». Ответственность за экспертизу и выдачу заключений по ним следует возложить на Учебно-методические объединения, в структурах которых собраны профессионалы той или иной области наук.

Университетские издательства, являясь первоосновой адресного выпуска учебной литературы, должны быть функционально объединены с книжной торговой сетью. В каждом университете необходимо создавать книжные киоски для продажи разнообразной учебно-методической литературы с reinvestированием денежных средств в издательско-полиграфическое производство и материальным стимулированием авторов.

Централизованного решения ждет разработка типовой структуры университетского издательства, его правовой статус. Необходим стандарт учебной литературы для вузов, и наконец, нужен закон об издательской деятельности. Для решения обозначенных вопросов нужны интегрированные усилия Министерства образования и науки, Министерства информации, культуры и спорта и заинтересованное участие вузовской общественности.

Идеология государственных образовательных стандартов третьего поколения и многоуровневый характер непрерывного обучения предусматривают достаточно большую автономию вузам в части содержания, форм и методов обучения, обеспечения его вариативности и альтернативности. Все это налагает повышенные требования к университетским издательствам, которые должны в третьем тысячелетии сыграть роль культурно-творческих центров, способных повысить эффективность образовательного процесса.

УДК 621.74

*А.З. ИСАГУЛОВ
О.А. ШАРАЯ
Л.С. КИПНИС*

Об актуальных задачах подготовки инженеров-литейщиков для казахстанских предприятий в современных условиях

Одно из положений принятой в 2000 г. концепции научной и научно-технической политики Республики Казахстан — сохранение и воспроизводство кадрового потенциала страны.

В условиях рынка интересы государства, студентов и работодателей совпадают в не меньшей степени, чем при плановой экономике. Поэтому вузы и кафедры должны максимально приближаться к реалиям сегодняшнего дня, гибко реагировать на

изменения в структуре производства, готовить специалистов в возможно большем соответствии с его запросами.

На сегодня знания, умения и навыки составляют важнейший капитал молодого человека, вступающего в самостоятельную жизнь, независимо от того, собирается ли он работать по найму или заняться предпринимательством.

Требования к подготовке принимаемых на работу выпускников вуза остались в основном теми же, что предъявлялись к молодым специалистам в недалеком прошлом. Однако нынешних работодателей, в качестве которых выступают преимущественно частные и акционерные предприятия, как правило, в первую очередь интересует подготовленность выпускника к немедленному началу самостоятельной практической деятельности, в том числе и в отсутствие на предприятии работников, у которых можно было бы перенять опыт.

Это обуславливается происходящими в последние годы переменами в структуре машиностроительного комплекса Казахстана. Последнее время вследствие общего экономического подъема в республике в машиностроении и металлообработке наблюдается улучшение конъюнктуры. Оно происходит, главным образом, за счет возобновления работы или наращивания объемов производства на мелких и средних предприятиях, прежде всего на тех, которые заняты обеспечением и ремонтом оборудования нефтегазовой и горнодобывающей отраслей. Литейные цехи этих предприятий в большинстве относительно невелики по мощности; по характеру производства это — мелкосерийные, маломеханизированные производства.

Одновременно в составе действующих либо вновь организуемых предприятий создаются новые литейные цехи, также преимущественно с серийным характером производства и небольшой мощности. У этих цехов неплохие перспективы развития и наращивания объемов производства, поскольку заказы на литее заготовки в последнее время непрерывно растут. Одновременно растут и требования к их качеству. Эта тенденция, вероятно, будет сохраняться в течение нескольких лет.

Сложившаяся ситуация определяет некоторые особенности подготовки инженеров-литейщиков для нынешних предприятий Казахстана. Прежде всего, это касается необходимости внести коррективы в преподавание специальных дисциплин. Начиная с 60-х годов оно было ориентировано, главным образом, на детальное изучение технологии и оборудования для массового производства отливок. Это было оправданно, поскольку выпускники чаще всего направлялись на работу на предприятия массового производства. В цехах массового производства проводились большей частью и производственные практики, они были также объектом большинства дипломных проектов.

В силу отмеченных выше обстоятельств в настоящее время представляется необходимым уделить значительно большее внимание детальному изучению современных технологий и оборудования для серийного и единичного производства. Это, в первую очередь, способы механизированного и автоматизированного изготовления высокоточных форм и стержней, в том числе для отливок сложной конфигурации, новые эффективные и экологически безопасные формовочные материалы и смеси, особенности конструирования и новые технологии изготовления, деревянной, пластмассовой, металлической и комбинированной модельной

оснастки. При изучении оборудования необходимо детально рассматривать новые высокопроизводительные и экономичные плавильные агрегаты для черных и цветных сплавов на постоянном токе, компактные выбивные устройства, очистные агрегаты и комплексы с программным управлением, другие вопросы.

Для усиления практической подготовки в области технологии было бы целесообразно возродить проводившиеся олимпиады по профессиональному мастерству. Не случайно, благодаря хорошей базовой подготовке по технологии, команда Карагандинского политехнического института по литейному производству занимала первое место в республике, второе место (1982 г.) и третье место (1983 г.) на всесоюзной олимпиаде (г. Запорожье).

Весьма важны знания современных разработок в области систем автоматизированного проектирования технологических процессов и оснастки для производства литья, а также систем автоматизированного моделирования и анализа процессов формирования отливки. При этом, помимо теоретических представлений об этих средствах, большую ценность представляют навыки практической работы с ними, включая компьютерную графику, а также методики ускоренного прототипирования. С этой целью на кафедре помимо стандартных программ при изучении курсов «Компьютерная графика» и «САПР литейных машин и технологий» используются разработки ведущих фирм, занимающихся созданием программного обеспечения для литейного производства, а также материалы, полученные при выполнении дипломных и курсовых проектов. Однако для освоения такого сложного материала необходимы дополнительное учебное время и оборудование.

В тематике дипломных проектов необходимо значительно увеличить число заданий, предусматривающих разработку проектов современных высокотехнологичных серийных производств небольшой и средней мощности с учетом последних достижений и тенденций в этой области.

Молодой специалист, таким образом, должен быть вооружен доскональным знанием наиболее перспективных разработок в литейной технологии и технике, чтобы быть компетентным и активным их проводником на предприятии, где он начнет трудовую деятельность.

Конкурентоспособность выпускника на рынке труда зависит не только от уровня полученного им образования, но и от таких качеств, как восприимчивость к новым идеям, хватка, умение брать на себя ответственность, способность добиваться цели, которые во многом также формируются во время учебы в вузе. Этому способствуют проведение занятий в форме деловых игр и решение практических задач в условиях, максимально приближенных к производственным.

Очень хорошей школой для этого также является производственная практика, которая дает будущему специалисту не только профессиональные знания и навыки, но и ценный опыт общения в рабочем коллективе, инициативность, уверенность в себе.

Несмотря на сложности в организации практики в рыночных условиях целесообразность ее сохранения и совершенствования несомненна. Своеобразие нынешней ситуации в организации и проведении производственных практик обусловлено изменением отношения к ней со стороны предприятий. Если в недавнем прошлом студентов-практикантов использовали, обычно, для замены уходящих в летние месяцы в отпуск рабочих, то в настоящее время на предприятиях рассматривают практику, прежде всего, как «смотрины» с целью отбора будущих работников. Многие казахстанские предприятия, желающие отобрать для пополнения своего инженерного корпуса наиболее способных молодых специалистов-литейщиков, приглашают студентов для прохождения практики. Такой подход, несомненно, представляет большой интерес и для предприятий, и для студентов, и, конечно, для кафедры.

По долгосрочным договорам о подготовке специалистов наши студенты проходят технологическую и преддипломную практику в литейных цехах Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения, корпорации «Казахмыс», Алматинского завода тяжелого машиностроения, АО «Целингормаш» в Степногорске, АО «Алюминий Казахстана» и ряде других предприятий республики.

В последние годы у большинства студентов заметно возрос интерес к профессии и мотивация к повышению уровня профессиональной подготовки. В связи с этим существенно возрастает значение индивидуальных контактов преподавателей и студентов, которые заинтересованы в возможно более качественной и всесторонней профессиональной подготовке. Важнейшим резервом для этого является новая кредитная система подготовки специалистов, практическое освоение которой начинается в университете с нынешнего учебного года. Предусмотренное при этом существенное увеличение объема самостоятельной работы студентов и консультаций с преподавателями создает благоприятные условия для выбора студентами направления развития в соответствии со своими интересами и способностями.

Той же цели служат электронные учебники, виртуальные лабораторные и учебно-исследовательские работы созданию которых кафедра уделяет большое внимание. Все это позволит обеспечить наиболее способным и целеустремленным студентам возможность приобрести дополнительный багаж знаний и умений, а вузу, кафедре — сформировать всесторонне образованных, нестандартно мыслящих специалистов.

УДК 658.5.011.056

И.В. БРЕЙДО
Б.Н. ФЕШИН

Межкафедральный виртуально-аппаратный лабораторный комплекс компьютерных систем технологического контроля и управления

Создание и модернизация учебно-лабораторной базы с использованием действующего оборудования, особенно силового, отвечающей требованиям времени и необходимой для качественной подготовки инженеров, требует от высших учебных заведений существенных, порой нереальных, инвестиций. В то же время, бурное развитие компьютерных технологий позволяет на принципиально новой основе при значительно меньших затратах решать проблемы создания современного и постоянно развивающегося учебно-лабораторного обеспечения.

Межкафедральный лабораторный комплекс компьютерных систем (ЛККС) технологического контроля и управления создан кафедрой автоматизации производственных процессов (АПП) Карагандинского государственного технического университета (КарГТУ) по утвержденному ректоратом техническому заданию и проекту и предназначен для обучения студентов и магистрантов электротехнического и информационного направлений по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, проведения научно-исследовательских работ студентами, магистрантами, аспирантами и преподавателями и переподготовки инженерных кадров.

Идеология проектирования ЛККС базируется на принципах построения современных

интегрированных комплексных систем автоматизации. В отличие от традиционных методов изготовления учебно-лабораторной базы, когда разрабатываются отдельные лабораторные стенды, позволяющие изучить различные элементы технических и программных средств, создан лабораторный комплекс, содержащий все компоненты систем автоматизации и системы в целом, а также объекты контроля и управления. Уникальный лабораторный комплекс был официально открыт в дни празднования 50-летия КарГТУ. Комплекс также был успешно презентован на республиканских и региональных выставках.

Лабораторный комплекс выполнен в виде многоуровневой иерархической системы. На нижнем уровне размещены физические объекты контроля и управления, а также их электронные и виртуальные имитаторы. Следующий уровень — это датчики и различные технические средства сбора и обработки информации, подключенные к рабочим станциям. Рабочие станции связаны с файл-серверами лабораторного комплекса. Через Intranet осуществляются связи между файл-серверами и компьютерными классами факультетов и кафедр.

Информация о компьютерных системах технологического контроля и управления физическими стендами, о виртуальных объектах концентрируется в файл-сервере базы данных

лабораторного комплекса и становится доступной в асинхронном режиме для любого пользователя, находящегося в компьютерных залах и лабораториях, входящих в структуру комплекса. В настоящее время проект реализован до уровня файл-серверов ЛККС (первая очередь ЛККС). На этом этапе связь между рабочими станциями и файл-серверами ЛККС производится с помощью локальной сети. В последующем запланирован выход в сеть Intranet КарГТУ.

В лабораторном комплексе реализованы следующие новые направления в области образовательной деятельности:

•Создание компьютерных виртуальных лабораторно-практических комплексов.

Разработан и внедрен в учебный процесс ряд виртуальных комплексов по теоретическим основам электротехники, теории автоматического управления, электронике, микропроцессорным средствам и системам, электроприводе. В настоящее время разрабатываются комплексы по элементам электропривода и робототехнике.

•Создание программно-аппаратных комплексов с физическими объектами управления.

Студенты в процессе обучения самостоятельно настраивают программно-аппаратную систему, изучают ее характеристики, проверяют соответствие расчетов реальным свойствам системы. Здесь закрепляются навыки, полученные при выполнении виртуальных работ.

•Создание программно-аппаратных комплексов с электронными и виртуальными объектами управления.

Разработан виртуальный имитатор технологического процесса шахтного водоотлива. Управление водоотливными установками производится ПЛК Logo фирмы Siemens. Разработан также электронный имитатор компрессорной установки, управляемый этим же ПЛК. Студенты самостоятельно разрабатывают программы управления контроллером и проверяют их функционирование на практике.

Возможности виртуальных систем и программно-аппаратных комплексов значительно шире, чем у традиционных лабораторных практикумов. При выполнении лабораторных работ изучается работа электронных и электротехнических устройств во всех режимах, включая аварийные, анализируются последствия ошибочных действий без вывода из строя дорогостоящей техники, осуществляется многовариантное проектирование с учетом реальных условий эксплуатации, изучается влияние дрейфа и изменение параметров элементов на функционирование устройств, приобретаются навыки и знания технологий наладки и ремонта и т.п.

•Создание лабораторных комплексов на базе промышленных программно-аппаратных средств в комплекте с физическими объектами управления и контроля.

•Создание учебных SCADA-систем и компьютерных систем управления.

В рамках этого направления студенты приобретают навыки проектирования и наладки

современных интегрированных систем автоматизации, характерным для которых является визуализация процесса управления, возможность управления непосредственно с ПК, наличие системы диагностики, представление информации в виде графиков, диаграмм и т.п., протоколирование процессов, аварийная сигнализация. К этому же направлению относится комплекс по изучению компьютерных автоматизированных систем контроля электропотребления, подключенный к электронной сети университета.

•Внедрение в учебный процесс современного типового программного обеспечения систем технологического контроля и управления, производимого ведущими мировыми производителями.

Таким образом, в ЛККС имеются все компоненты современных интегрированных программно-аппаратных средств автоматизации и интегрированные системы в целом, а также имеется возможность не только изучения современных и перспективных программных и технических средств автоматизации и смежных направлений, но и осуществляется отработка инновационных образовательных технологий.

На базе ЛККС предполагается обеспечивать реализацию интегрированных технологий непрерывного обучения, развитие профессионального аналитического и логического мышления, приобретение исследовательских и проектных навыков, эффективное внедрение научных и инженерных разработок в учебный процесс, постоянное развитие единой учебно-лабораторной и научной базы, многоцелевое использование лабораторных стендов при изучении дисциплин, снижение затрат на учебное оборудование при одновременном повышении эффективности обучения. Использование сетевых технологий в сочетании с промежуточным накоплением информации на файл-серверах позволяет на одной и той же лабораторной базе осуществлять обучение студентов в соответствии с требованиями стандартов в лабораториях и компьютерных классах факультетов и кафедр и одновременно организовывать обучение наиболее одаренных студентов и привлечение их к реальной научно-исследовательской и проектной деятельности непосредственно в помещении лабораторного комплекса.

ЛККС интегрирован в информационную инфраструктуру КарГТУ и является ее неотъемлемой частью. На рис. 1 приводится структура первой очереди ЛККС, а на рис. 2 второй — ЛККС2.

Предполагается, что создание ЛККС2 будет выполняться в две очереди:

I очередь (июнь 2004 — октябрь 2004 г.). Это создание локальных виртуально-аппаратных систем контроля и управления в рамках локальной компьютерной сети 229 аудитории главного корпуса КарГТУ;

II очередь (ноябрь 2004 — октябрь 2005 г.). Это объединение ЛККС и ЛККС2 на базе сети Intranet КарГТУ.

Характеризуем множество технических и программных систем, предлагаемых в качестве развития ЛККС в новой лаборатории ЛККС2 :

К1 — виртуальные лабораторно-практические комплексы по теории автоматического управления, теоретическим основам электротехники, электронике, микропроцессорным средствам и системам, теории электропривода, теории автоматизированного электропривода;

К2 — компьютерные системы технологического контроля и управления на базе виртуально-визуальных объектов и аппаратных средств для их сопряжения с промышленными контроллерами типа LOGO, PLC, TREI, Simatic, ППП схмотехнического и имитационного моделирования, а также с SCADA-системами;

К3 — компьютер РЗ стыкуется с контроллером Simatic. Возможен режим управления контроллером виртуальными объектами или режим управления по специально выделенным каналам связи преобразователями фирмы Siemens. Преобразователи устанавливаются в лаборатории автоматизированного электропривода и используются в модернизированных учебных системах автоматизированного электропривода (АЭП);

К4 — компьютерные системы технологического контроля и управления на базе виртуальных объектов и аппаратных средств для их сопряжения с промышленными контроллерами типа LOGO, PLC, TREI, Simatic, ППП схмотехнического и имитационного моделирования, а также с SCADA-системами;

К5 — компьютерная система контроля и управления режимами работы виртуальных и виртуально-визуальных робототехнических объектов, агрегатов, установок, технологических процессов и ППП схмотехнического и имитационного моделирования;

К6 — автономные виртуальные системы контроля и управления по схеме «SCADA-система — объект управления в среде MATLAB». В качестве объекта управления могут быть использованы разработанные сотрудниками кафедры АПП математические модели: горнодобывающих машин с автоматизированными электроприводами, прокатных станов, агрегатов непрерывного отжига, агрегатов электролитического лужения, агрегатов непрерывного алюминирования, систем электроснабжения угольных шахт и т.п. К5 и К6 могут функционировать во взаимосвязанных режимах;

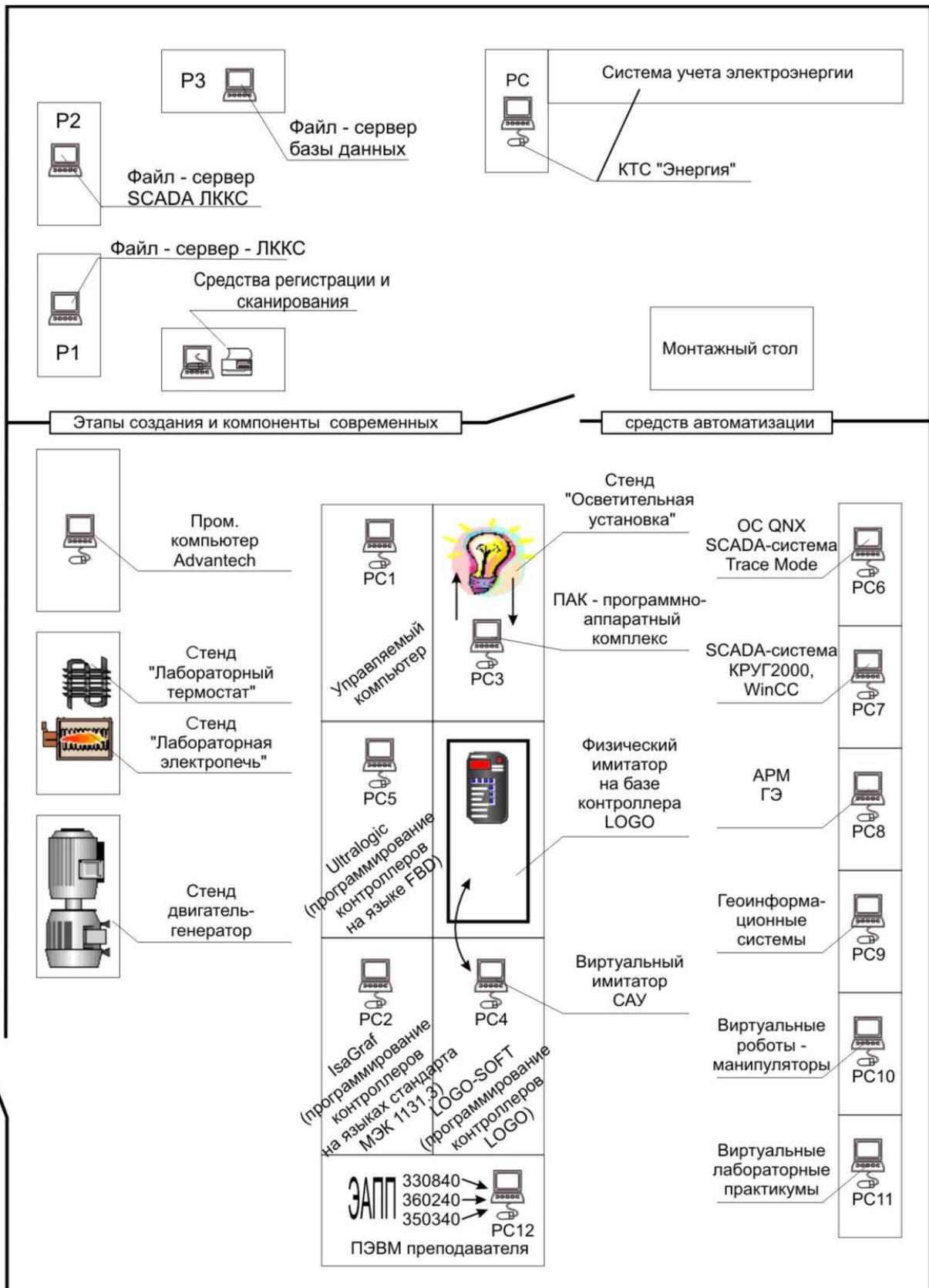


Рис. 1. Лабораторный комплекс компьютерных систем технологического контроля и управления (ЛККС)

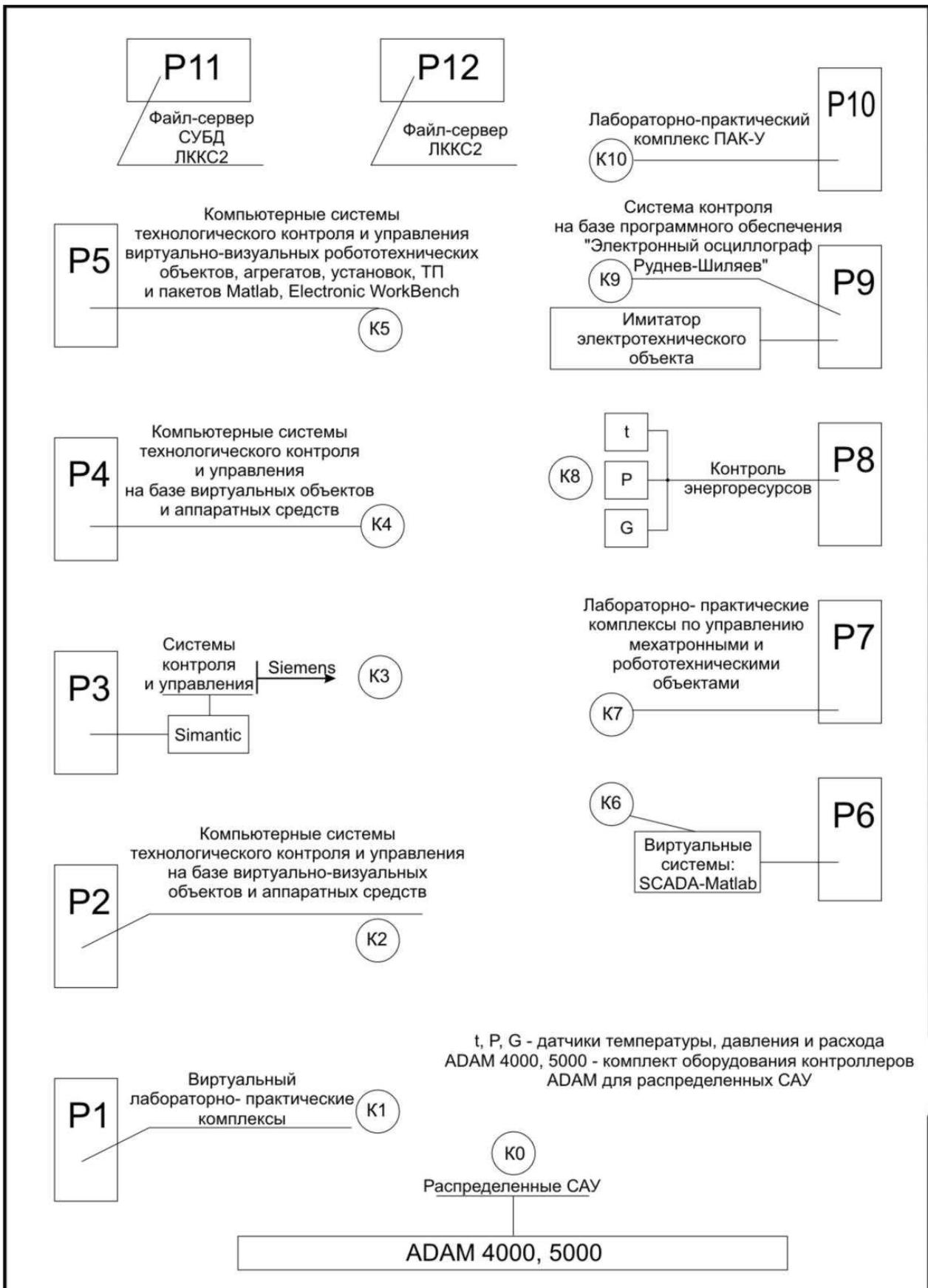


Рис. 2. Схема расположения оборудования в ЛККС2

К7 — комплекс лабораторно-практических работ по программированию режимов работы и управлению мехатронными и робототехническими объектами (последние имитируются на ПЭВМ оригинальным программным обеспечением кафедры АПП «Виртуальный робот»);

К8 — на базе Р8 и специального оборудования фирмы Метран (Россия) предполагается создание реальной системы учета и контроля энергоресурсов (УКЭ). Ведутся переговоры с ТОО «Эргономика» о совместном проектировании и внедрении УКЭ;

К9 — на Р9 устанавливается программно-аппаратное обеспечение (ПАО) фирмы «Руднев-Шилиев», называемое «электронный осциллограф». В качестве объекта контроля используется имитатор электротехнического объекта (ЭО) в виде набора активных фильтров и корректирующих устройств;

К10 — это программно-аппаратный комплекс (ПАК-У) содержащий осветительную установку,

контролируемую и управляемую с помощью ПЭВМ и оригинального программного обеспечения.

Сеть Intranet КарГТУ, файл-серверы ЛККС2 (ПЭВМ Р12 и Р11), а также файл-серверы ЛККС (см. рис.1 ПЭВМ Р1, Р2 и Р3) позволят реализовать различные режимы работы ЛККС, ЛККС2, компьютерных залов ЭМФ, ФСТ и кафедры ИИТ, в том числе: автономная работа ЛККС; автономная работа ЛККС2; совместная работа ЛККС и ЛККС2; совместная работа ЛККС с компьютерными залами ЭМФ и ФСТ и кафедры ИИТ; совместная работа ЛККС2 с компьютерными залами ЭМФ и ФСТ и кафедры ИИТ; совместная работа ЛККС, ЛККС2 с компьютерными залами ЭМФ и ФСТ и кафедры ИИТ.

УДК 358.5-50

Г.И. ПАРШИНА

Опыт внедрения системы для дистанционного образования MOODLE

В связи с реформой высшего образования и в условиях перехода на кредитную систему обучения вузы Казахстана входят в новую стадию представления информации — электронную. Это подразумевает «электронизацию» учебно-методической базы университета в целях более надежного, экономичного, легко модернизируемого ее представления и использования для учебных целей. Но обычные электронные учебники, выполненные в общепринятой форме в виде HTML-файлов, не отвечают всем требованиям дистанционных обучающих систем, так как сейчас необходимо не просто предоставить студенту доступ к электронным учебникам по локальной сети или через Internet, но также иметь возможность контролировать и направлять работу студента, следить за посещаемостью студентом того или иного курса, проводить тестирование в определенных контрольных точках согласно графику работы для студентов как заочного, так и очного отделений. Для этого необходимо создавать не просто электронные учебники, а автоматизированные обучающие системы.

Некоторые вузы пытаются создать подобные системы самостоятельно, но это трудоемкий, дорогостоящий и достаточно длительный процесс. Поэтому намного эффективнее в данный момент использовать уже существующие разработки, которые, как показала практика, хорошо зарекомендовали себя на рынке дистанционного образования. И наша задача, проанализировав существующий рынок программных продуктов, выбрать из предлагаемых наиболее подходящий.

На рынке дистанционного образования в данный момент широко используются разработки зарубежных фирм, в том числе и российских, такие как «WEB City», «Learning Space» и некоторые другие. Все эти программные продукты имеют примерно равные возможности и успешно применяются во многих странах мира. Но все они имеют один недостаток — это коммерческие, дорогостоящие системы. Кроме того, их нельзя модифицировать, т.к. их программный код закрыт. Поэтому для организации учебного процесса на

кафедре АПП КарГТУ использована бесплатно распространяемая с открытым исходным кодом система австралийских разработчиков MOODLE (Модульная Объектно-Ориентированная Учебная Система).

Система Moodle базируется на 3-х современных программных продуктах (рис. 1):

- язык программирования с открытым исходным кодом PHP. Он сконструирован специально для ведения Web-разработок и может внедряться в HTML-код;
- серверная программа управления базами данных MySQL;
- сервисная программа Apache, которая установлена на сервере и в ответ на запросы браузера выдает запрошенные документы.

В настоящее время на кафедре АПП на базе оболочки MOODLE разработаны следующие дистанционные курсы:

- Моделирование динамических процессов в автоматизированных электроприводах;
- Курсовой проект по информатике;
- Лабораторный практикум по дисциплине «Базы данных», а также ведется разработка еще ряда курсов.

Рассмотрим более подробно возможности системы на примере курса «Моделирование динамических процессов в автоматизированных электроприводах». Первая страница курса представлена на рис. 2.

Прежде чем попасть на сам курс, всем пользователям необходимо пройти процедуру аутентификации (рис. 3). В соответствии с принятой системой защиты в Moodle существуют 3 уровня входа: для администратора, создателя курса и студента. Соответственно каждый пользователь системы наделен определенными правами (см. рис. 1). Права администратора курса распространяются на всю систему в целом. Создатель курса (преподаватель) имеет право на редактирование только своего курса. И соответственно пользователи (студенты) могут только пользоваться материалами курсов, на которые они записаны.

Управление пользователями происходит при минимальном вмешательстве администратора с сохранением высокой безопасности. Система

обеспечивает интеграцию с существующими системами аутентификации:

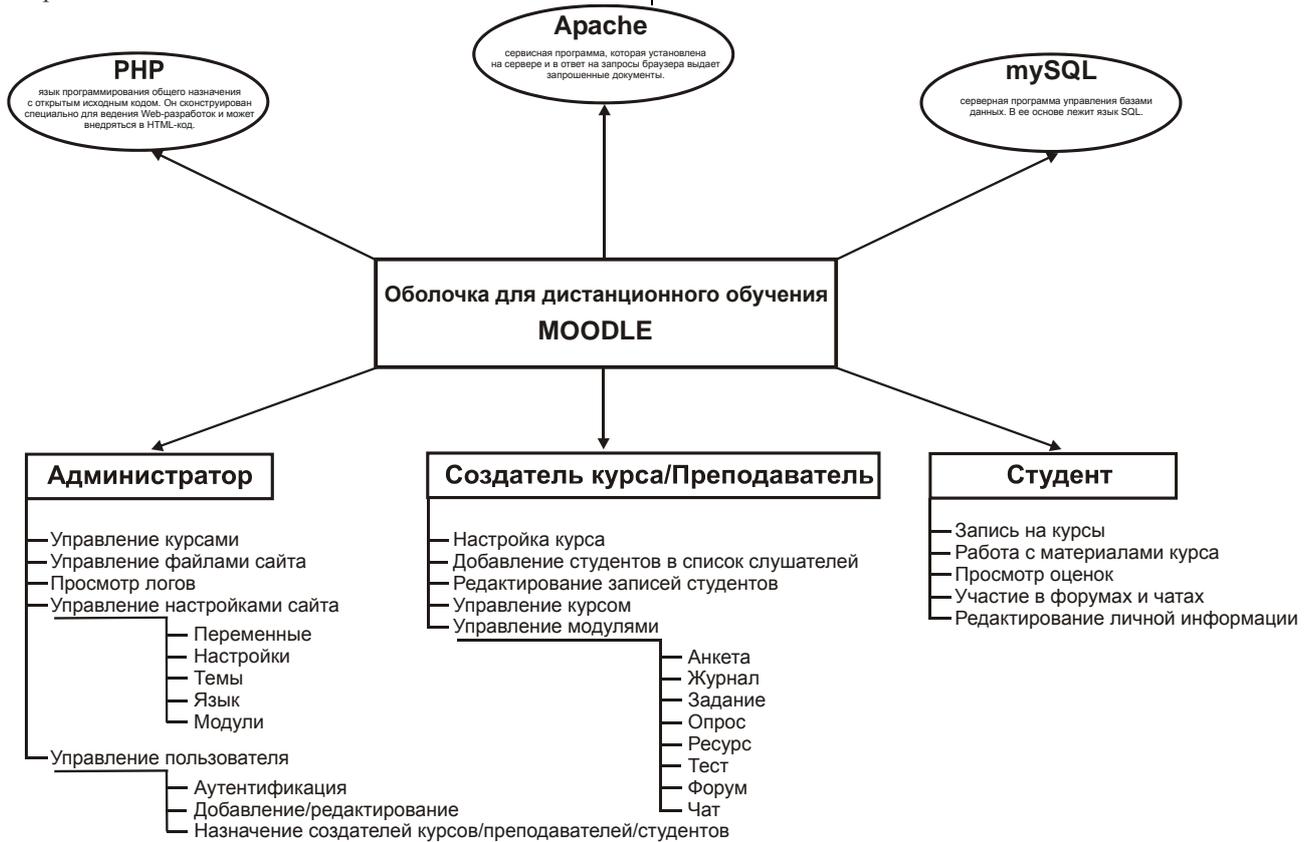


Рис. 1

- на основе e-mail: студент может создать свой аккаунт. E-mail адрес проверяется через подтверждение;

- LDAP-метод: аккаунты могут сверяться на LDAP сервере. Администратор может указывать, какие поля использовать;

- MAP, POP3, NNTP: аккаунты сверяются на почтовом или новостном сервере. Поддерживаются SSL и TLS;

- внешняя база данных: любая база данных, содержащая минимум 2 поля, может использоваться в качестве внешнего источника аутентификации.

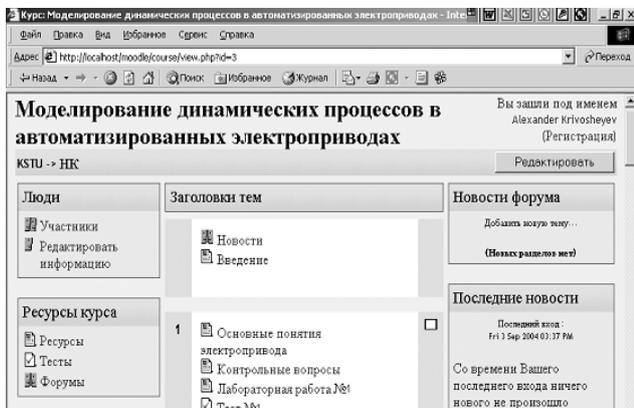


Рис. 2

Кроме того, преподаватель может добавить «кодовое слово» для своих курсов, чтобы предотвратить попадание на курсы посторонних.

Структура курса может быть представлена в виде календаря, форума или дерева. Рассматриваемый курс выполнен в виде календаря и включает в себя:

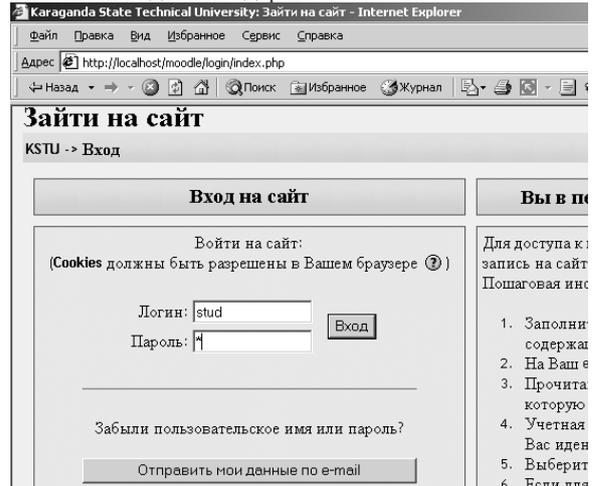


Рис. 3

- лекционный материал;
- лабораторные работы;
- тесты для текущего контроля знаний и заключительный тест.

Лекционный материал, лабораторные и практические работы могут либо храниться на сервере, либо создаваться «на лету», с помощью web-форм (рис. 4а). А присоединение их к курсу происходит с помощью Модуля «Ресурс». В системе поддерживаются следующие типы ресурсов:

- HTML-текст;
- Ссылка — ссылка на статью в журнале или книгу;
- Файл — отображает любой файл, который размещен на сервере в папке вашего курса;
- Web-ссылка — URL ссылка;
- Web-страница — работает аналогично Web-ссылке, за исключением того, что ресурс открывается во фрейме (интегрируется с сайтом);
- Внешняя программа, принимающая на входе информацию о пользователе и курсе.

Тесты для контроля знаний рассматриваемого курса созданы непосредственно в системе Moodle (рис. 4б) с помощью Модуля «Тест». Создание тестов при этом сведено к минимуму действий. Для создания полноценного теста нет необходимости знать PHP, Perl, JavaScript и HTML.

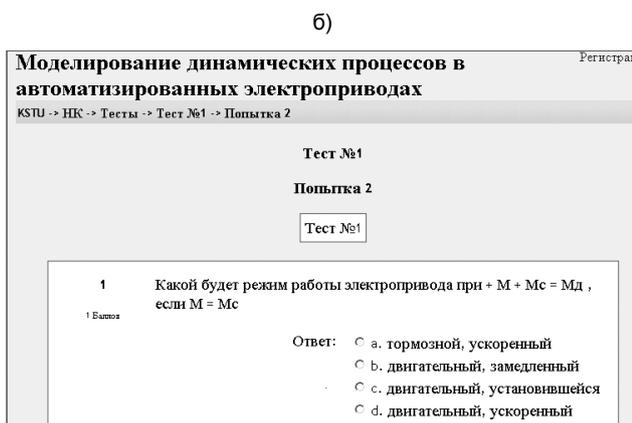
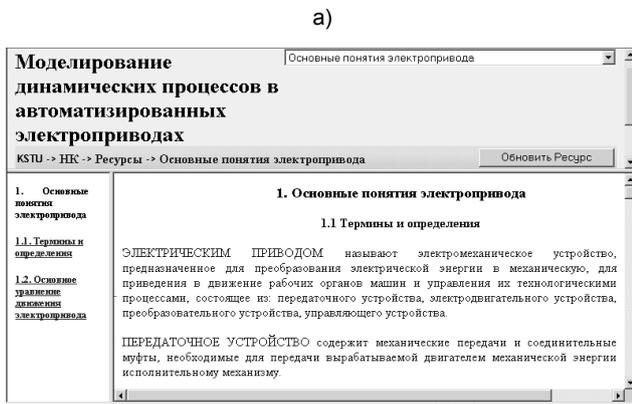


Рис. 4

Преподаватель в web-интерфейсе создает базу данных, содержащую вопросы для многократного использования в различных тестах. Тесты автоматически оцениваются (и могут быть переоценены при изменении «стоимости» вопросов). Тесты могут иметь ограниченные временные рамки. По выбору преподавателя, тесты могут проходиться несколько раз, могут показывать комментарии к ответам и/или правильные ответы. Вопросы могут

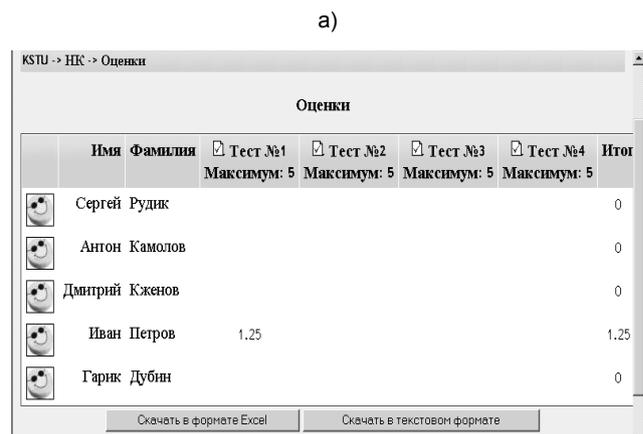
содержать HTML-текст и картинки. Вопросы, предполагающие выбор из вариантов ответов могут иметь как один правильный ответ, так и несколько. Поддерживаются вопросы с ответом в виде слова или фразы, а также альтернативные вопросы (верно/не верно).

Кроме того, разрабатываемые курсы могут содержать следующие составляющие: Форум («только для учителей», «форум новостей», «открытый для всех» и др.), Тетрадь (частный контакт между учителем и учеником), Опрос (голосование студентов за что-нибудь или получение комментариев от каждого студента), Домашнее Задание (задание выдается с определенным сроком сдачи, максимальной оценкой и форматом ответа), Анкета.

Изменения, происшедшие в курсе со времени последнего входа пользователя в систему, отображаются на первой странице курса. Все оценки (из Форумов, Рабочих тетрадей, Тестов и Заданий) могут быть собраны на одной странице или сохранены в файле (рис. 5а). Доступен полный отчет по вхождению и работе пользователя в системе. Отчет может включать графики и детали работы над различными модулями (последний вход, количество прочтений, сообщения, записи в тетрадях) (рис. 5б). Кроме того, предусмотрена возможность E-mail-рассылки новостей, форумов, оценок и комментариев преподавателей.

Также следует отметить, что система:

- спроектирована с учётом достижений современной педагогики, имеет простой, «легкий» и удобный web-интерфейс;
- может быть легко установлена на любую платформу, а также имеет полную абстракцию баз данных (поддерживает MySQL, PostgreSQL, MSSQL, Oracle, Interbase, Foxpro, Access, ADO, Sybase, DB2 и ODBC).



б)

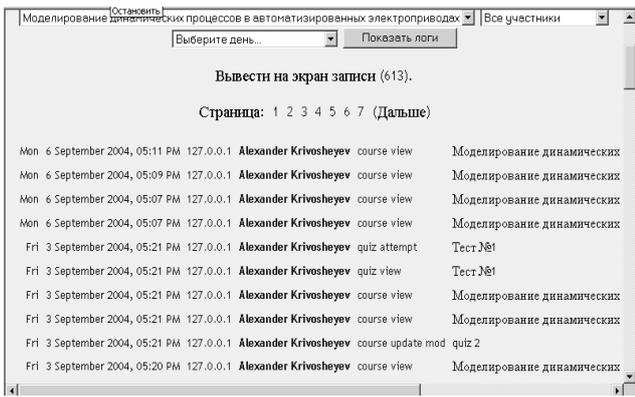


Рис. 5

Таким образом, можно утверждать, что внедрение и использование системы в учебном процессе позволят на высоком уровне создавать дистанционные обучающие курсы. Благодаря этому процесс образования будет более полно отвечать современным требованиям реформы высшей школы.

УДК 378:330.322

В.П. КУЛИКОВ
В.П. КУЛИКОВА

Концепция инвестиций в инновации высшей школы

Большинство моделей описания, анализа и разработки методов управления образовательной системой базируется на аналогии процессов образования и производственных процессов. При этом использование количественных методов предполагает существование между исследователями соглашения относительно:

- комплекта входных и выходных показателей (зачастую лишенных возможности быть оцененными непосредственно, что ведет к использованию соответствующих индексов, тестов, экспертизы и т.п.);

- набора *существенных* критериев (являются менее определенными и обоснованными, чем критерии экономики) оценки каждого показателя изучаемой системы.

Даже строго аргументированный комплекс количественных показателей процессов обучения и преподавания (которые формируют процесс образования) не является неизменным, т.е. неизбежно должен отражать эволюцию жизни (цели и направленность образовательного потока). В области образования имеются способы оценки части показателей (например, познавательных способностей учащегося и достигнутого им уровня знаний), а часть компонент (например, компетентность, этичность, способность к творчеству и т.д.) адекватных методов и моделей оценивания не имеет. В результате в образовательной системе при анализе проблем стратегического и оперативного управления прослеживается тенденция уделять наибольшее внимание компонентам, которые «можно измерить», и пренебрегать теми показателями, «мера» которых еще не найдена. Попытка измерения значимых параметров «не знаю чем» ухудшает практическую ценность существующих моделей [7].

Основной ориентацией многочисленных работ по изучению возможностей моделирования образовательного процесса является создание *модели* причинно-следственных связей между входными и выходными показателями:

- адекватной огромному объему статистического экспериментального материала;

- позволяющей принимать решения относительно управления системой образования, распределения ресурсов внутри системы и определения доли национального дохода на удовлетворение нужд образования;

- аргументирующей осуществление или прекращение той или иной политики в области развития образования;

- являющейся научной основой обоснования методик обучения, преподавания, управления.

В принципе, связывая анализ деятельности учебных заведений с совокупностью методов исследования операций, предпочтение при анализе процессов обучения (преподавания) отдается методам статистики. Сложности статистического моделирования образования вызваны, в частности, тем, что между некоторыми показателями процесса наблюдается сильная взаимосвязь [4,5], а усилия на полное выделение влияния на процесс каждого из них не всегда достигают успеха. Действительно, при сильной взаимной корреляции нескольких компонент любая из них уменьшает дисперсию интегрального индикатора практически на ту же величину, что и вся группа, т.е. использование в модели любой подгруппы показателей ничуть не хуже, чем использование группы целиком. Для относительно независимых показателей образовательной стохастической модели оценить их отдельное влияние или влияние «по совокупности» можно разделением дисперсии [6] или методами пошаговой регрессии.

Применение для оценки значимости показателей (или их составляющих) относительной величины дисперсии, обусловленной регрессией по соответствующим переменным, а не коэффициентов регрессии, говорит о несовершенстве используемой модели. Для совокупности переменных с сильной корреляцией нестабильность коэффициента множественной корреляции меньше, чем нестабильность коэффициентов регрессии. Некоторые характеристики взаимосвязи могут принимать отрицательные значения в силу того, что независимые переменные, отрицательно коррелируя между собой, положительно коррелируют с некоторой зависимой от них переменной. Например, «общественный вес»

студента положительно коррелирует с его успеваемостью и участием в спортивных мероприятиях, хотя успеваемость и активность в спорте могут коррелировать отрицательно. Влияние одного из показателей значительно увеличивается при включении в модель другого (проявление мультиколлинеарности, увеличивающей величину дисперсии ошибки). Таким образом, несмотря на все более глубокое проникновение рыночного механизма в систему образования и, кажушееся, на первый взгляд, «полное подобие» происходящих процессов в экономике (производстве) и образовании, существует настоятельная потребность в акцентировании специфических особенностей образования.

Система образования традиционно в мировой практике и с недавних пор в практике нашего государства рассматривается как сектор экономики. Иными словами, с экономической точки зрения образование есть «капитал», т.е. затраты на образование рассматриваются как инвестиции в производительный капитал, и усилия моделирования направлены на исследование:

- экономического эффекта от инвестирования: соотношения между затратами и выгодами для различных групп участников образовательного процесса;

- социального эффекта образования;

- вклада образования в экономику (в мировой практике — величина «остатка» после исключения из общего вклада той его части, которая связана с обычными экономическими показателями);

- распределения общественных фондов в системе высшего образования для различных статей поступлений;

- оценки экономической эффективности обучения непосредственно на рабочем месте и т.д.

Тенденции современной системы образования ориентирует рыночная структура: спрос на получение образования стал конкурентным. Стратегией вуза является синтез функций транслятора и генератора знаний, что проявляется в стремлении повысить выпуск и качество основного «продукта» — обучения (подготовки специалиста) и исследований. Создание собственной ниши на мировом рынке наукоемкой продукции возможно за счет «проектирования новых потребностей», т.е. очевидна ценность инновационной деятельности. В свою очередь, активизация инновационного процесса является непосредственным следствием оживления инвестиционной деятельности.

Научно-исследовательская работа вуза есть особая сфера инновационной деятельности — выработка новых знаний; новых в отношении объема, качества, глубины, смыслового содержания. Образовательная инициатива учебного заведения направлена на формирование у специалиста качеств, необходимых и достаточных для его участия в нововведениях такой разновидности управленческого решения, в результате которого происходят радикальные изменения экономических, технических, социальных и прочих явлений. *Критерием признания (наличия) таких качеств являются гарантии на получение инвестиций* — энергетических, информационных, материальных, — для распределения которых применяются

государственные и рыночные механизмы. Таким образом, вузу необходимо:

- владеть механизмом оценки собственного инновационного потенциала и инвестиционных перспектив (с точки зрения элемента-потребителя функционирующего рынка);

- использовать инновационную технологию обучения, обеспечивающую предоставление (приобретение) знаний, навыков, умений максимизации прибыли и/или благосостояния общества путем инвестиций в инновации (как исполнителю заказа на предоставление образовательных услуг).

В этом аспекте рассмотрим агрегированные модельные параметры, условно обозначенные как «участие государства в сфере образования» и «частная поддержка образования». СКГУ помимо государственного образовательного заказа [инвестиции — гранты и кредиты; инновация сразу переходит в общественную собственность] выполняет заказы частного характера [инвестиции — оплата коммерческого обучения, индивидуальных заказов; устанавливается монопольное владение инновацией]. Предлагаемая концепция инновационного процесса под инвестиционным воздействием является развитием моделей [1], [3] и основана на предположении *рационального поведения инвестора*, выбирающего момент инвестирования (прекращения инвестиционного стимулирования) в зависимости от рыночной конъюнктуры квалифицированного труда и/или научных разработок для практического применения. В качестве объекта инвестирования рассматривается проект «покупки инновации».

В результате инновации происходит приращение общественного благосостояния (функции полезности) — изменение на соответствующем сегменте рынка, — равное разнице между выгодой от приобретения нового «товара» и затратами на его покупку:

$$\Delta w(t) = \int_0^{q(t)} D(q, t) dq,$$

где временной параметр $t \in [t_a; t_b]$ задает форму (например, смещение) функции спроса $D(q, t)$. Возможен отсев инноваций, ожидаемая ценность которых отрицательна; объем будущих «продаж» $q(t)$ имеет прогнозную оценку (вероятностную или нечетко-интервальную).

Общественное благосостояние есть сумма благосостояний всех экономических агентов.

Для частного заказа настоящее значение t известно (момент вложения денег «под будущий инновационный товар» определен заказчиком); соответственно благосостояние при монополизации инновации выражается так:

$$W_m(t) = p(I_m) \cdot \Delta w(t) - C_w(t) - I_m,$$

где I_m — объем инвестиций в коммерческих условиях; $p(I_m)$ — вероятность инновации;

$\Delta w(t)$ и $C_w(t)$ — соответственно прирост и потери благосостояния общества от инновации.

Для государственного заказа имеется лишь прогностическая плотность вероятности $f(t)$

распределения значения t (оценивается многими прогнозными факторами, в частности — демографическим состоянием общества, социальной активностью, уровнем развития рыночной инфраструктуры, конечной потребностью в специалистах, прошедших соответствующий курс обучения, и т.д.); в этом случае благосостояние общества составляет

$$W_o(t) = \int_{t_0}^{t_b} p(I_o) \cdot \Delta w(t) \cdot f(t) dt - I_o = p(I_o) \cdot M(\Delta w) - I_o,$$

где I_o — объем инвестиций;

$M(\Delta w)$ — математическое ожидание прироста благосостояния общества от инновации.

Формальное сравнение двух подсистем деятельности вуза сводится к исследованию выражения $W_o(t) - W_m(t)$ и не является информативным относительно результатов инвестиций в инновацию: выражение может принимать значения разных знаков. Содержательный анализ полученных отношений позволяет оценить преимущества той или иной формы обучения (последствия внедрения инновации на совокупную полезность общества) и, следовательно, обеспечивает возможность манипулирования инновационной деятельностью.

С государственных позиций, очевидно, приоритетность вложения инвестиций в образование рационально устанавливать по критерию способности вуза обеспечить достаточные финансовые потоки как для его «выживания», так и для последующего выхода на траекторию устойчивого развития. Детализация концептуального подхода целесообразна, скорее всего, только в конкретных условиях применительно к определенному вузу. Действительно, дальнейшее развитие модели потребует уточнения функции спроса, т.е. фактически — прогнозирования объема «продаж» (многочисленных определяющих этот показатель количественных и качественных факторов) и выбора оптимального момента инвестирования (неопределенность которого может иметь различную природу), что в обобщенном виде имеет малую привлекательность для практического применения [3].

Кроме того, в практике, как правило, используется линейная зависимость реальных инвестиций I от реальной ставки процента r : $I = a + b \cdot r$. Поскольку эта зависимость объединяет объемный (инвестиции прямо зависят от масштабов экономики в целом) и относительный показатели, ее можно использовать без риска существенной погрешности только в статической краткосрочной модели. А инвестиции в образование подразумеваются с некоторым временным лагом: от 3-х (ускоренное обучение) до 6-7-ми (с учетом магистратуры и/или аспирантуры) лет. Таким образом, в модель потребуется включить зависимость инвестиций от времени, что не всегда возможно с позиций стратегического управления социально-экономическими процессами.

С позиций будущего монопольного владельца инновацией решение об инвестировании образовательной инновации учитывает приемлемый уровень риска процедуры размещения средств в тот

или иной рыночный объект, предоставляющий образовательную услугу. Причем «физический» инвестор (чаще всего — родители) риск возможного денежного вложения связывает с вероятностью получения полноценного на разных уровнях признания «сертификата» (диплома). «Юридический» инвестор (предприятие, фирма и т.п. в лице работодателя) при выборе стратегии инвестирования руководствуется риском соответствия «продукта» рыночной конъюнктуре, т.е. фактически оценивает предоставляемый классификатор специальностей (расширение которого напрямую связано с инвестициями, в чем, собственно, проявляется обратная связь, т.е. реакция на получение информации о результате управления). Кроме того, инвестор-работодатель балансирует между риском и выходом инновации: очевидно, чем больше по объему выход, тем меньше готов рисковать инвестор.

Учет отношения инвестора к риску неизбежно приведет к функциональным (стохастическим) монотонным нелинейным зависимостям экспоненциального (статистически равномерный спрос) или гиперболического (системный спрос) типа. В последнем случае возникает вопрос о разумности использования в качестве индикатора оценки эффективности образовательной инвестиционной стратегии параметров рангового распределения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перцовский О., Подколзина Е., Рябинина А. Колхоз ударников умственного труда // КомпьюТерра. 2001. №7. (384). С.26-27.
2. Шпагина М. Чему мы учим наших детей? // Дистанционное образование. 2000. №5. С.42-43.
3. Аркин В.И., Слестников А.Д., Симакова Э.Н. Стохастическая модель выбора оптимального момента инвестирования //Обозрение прикладной и промышленной математики. Т.7. 2000. Вып.2. С.470-472.
4. Погребницкая М.В., Курманалиев О.Ш., Руженская Л.Л. Мнение студентов как источник информации о качестве преподавания в вузе // Сб. междунар. материалов конф. «Национальные системы высшего образования в условиях глобализации». Т.2. С.174-176.
5. Тукачев А.А. Оценка качества ППС в СКГУ // Там же. С.190-193.
6. Исследование операций / Под ред. Дж.Моудера, С.Элмаграби. М., 1981. Т.2. С.448.
7. Мутанов Г., Куликов В., Куликова В. Об оценке качества обучения в высшей школе Казахстана // Вестник САМАН. Алматы, 2001.

Раздел 2

Геотехнологии

УДК 622.235:622.271

*М.Б. БОРАНБАЕВ
Ф.К. НИЗАМЕТДИНОВ
В.И. РОМАНОВ*

Выбор рационального типа взрывчатого вещества при взрывной отбойке массива на карьере

При разработке полезных ископаемых открытым способом в современных условиях количество и степень дробления отбитой взрывом горной массы должны обеспечивать сокращение объема взрывчатого вещества (ВВ) на последующее вторичное дробление, т.к. это влияет на производительность труда и стоимость разработки полезного ископаемого. Работа дробления пропорциональна затраченной на нее энергии.

Взрывная энергия характеризуется двумя параметрами: максимальным давлением на фронте волны и продолжительностью действия взрывного импульса. Максимальное давление зависит от типа ВВ. Из-за небольшого ассортимента ВВ, применяемых на карьерах, управление дроблением целесообразно рассматривать с позиции управления таким параметром, как продолжительность приложения взрывного импульса к разрушаемой среде. Развитию этого направления способствует применение таких типов ВВ, которые характеризуются низкой стоимостью взрывной энергии и простотой в рецептуре изготовления.

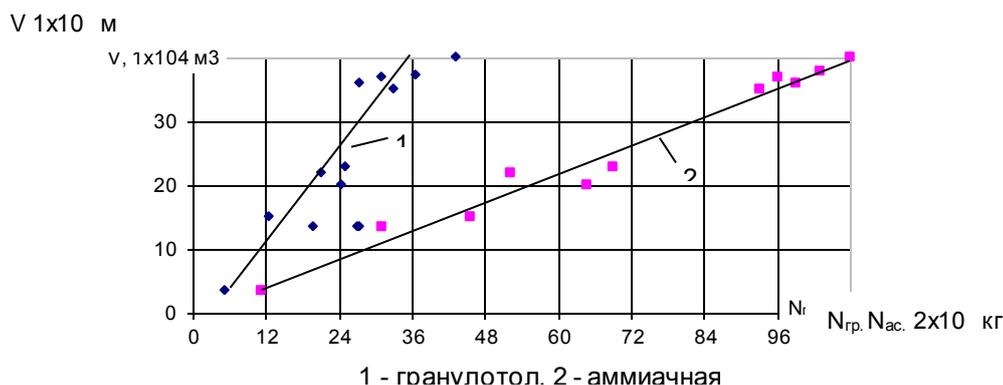
Для технико-экономической оценки промышленного ассортимента ВВ, применительно к условиям Николаевского карьера, используются денежные затраты, связанные с использованием

такого веса каждого типа ВВ, который эквивалентен взрыву 1т эталонных ВВ (граммонита) при дроблении постоянного объема пород до одинаковой (рациональной) кусковатости.

При разрушении горной массы на Николаевском карьере в основном применяют гранулотол и аммиачно-селитряные ВВ. Согласно динамике производства взрывных работ за 2001 год соотношение аммиачной селитры и гранулотола составило соответственно в среднем 72/28 (табл. 1). Из-за большой стоимости гранулотола взрывные работы приводят к значительным денежным затратам.

На основании анализа взрывных работ построен график (см. рис.) изменения расхода ВВ (гранулотол, аммиачная селитра) от объема взрывной горной массы, который имеет крутую прямолинейную зависимость с небольшим фронтом от 10 до 73т при гранулотоле (1) и пологую прямолинейную зависимость с расширенным фронтом от 24 до 216т при использовании аммиачной селитры (2). Проведенные исследования показывают, что незначительное уменьшение гранулотола и соответственно увеличение аммиачной селитры с сохранением общего расхода ВВ не влияет на объем разрушаемого массива, но влияет на денежные затраты ВВ, так как при стоимости 1 тонны

гранулозола 163,4 тыс.т. и аммиачной селитры 11 тыс. т. экономический эффект от изменения соотношения гранулозола и аммиачной селитры на 5-15% может соответственно составить (табл. 2).



Изменение расхода ВВ от объема взрывной горной массы

Таблица 1
ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ
НА НИКОЛАЕВСКОМ КАРЬЕРЕ

Месяц	Горная масса				
	Объем т.м ³	Грануло-тол, кг.	Аммиачная селитра, кг.	Соотношение АС/ГР.	Удельный расход, кг/м ³
январь	200000	48840	130370	73/27	0,896
февраль	35000	10914	24050	69/31	0,999
март	139500	55114	62050	53/47	0,840
апрель	400000	86108	216610	72/28	0,770
май	360500	53560	198950	79/21	0,700
июнь	150000	26240	93820	78/22	0,800
июль	143000	40040	53440	57/43	0,653
август	230000	50720	137350	73/27	0,818
сентябрь	371000	61720	191450	76/24	0,691
октябрь	350000	66230	185700	74/26	0,720
ноябрь	220000	42750	107800	72/28	0,684
декабрь	380000	73360	207429	74/26	0,734
итого за год	2979000	615686	1609019	72/28	0,747

Таблица 2
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ
СООТНОШЕНИЯ ВВ

Соотношение ВВ:			
Аммиачная селитра/гранулотол	77/23	82/18	87/13
Изменение соотношения ВВ, %	5	10	15
Годовой экономический эффект, тыс. тг.	4143,8	8292,5	12438,8

При отбойке пород одной и той же крепости энергия взрыва возрастет по мере увеличения мощности ВВ. Исследования и практика взрывных работ показывают, что увеличение мощности ВВ не всегда приводит к улучшению дробления массива и что в ряде случаев для качественной отбойки горных пород необходимо увеличить продолжительность взрывной нагрузки. Простейшее гранулированное ВВ (игданит) обеспечивает необходимую продолжительность взрывного импульса с достаточно высоким давлением, а это в сочетании с низкой стоимостью обуславливает перспективность широкого применения его на карьере.

Улучшение дробления пород можно также достичь за счет применения рациональных комбинированных зарядов, короткозамедленного взрывания, конструкций зарядов с воздушными промежутками и оптимального использования промышленного ассортимента ВВ.

Для проверки и уточнения предложенных мероприятий были проведены промышленно-

экспериментальные работы на Николаевском карьере. Взрывающиеся блоки на карьере длиной 30-100м отбивались вертикальными скважинами глубиной 12-17м с величиной заряда 150-400кг. В качестве ВВ применялся граммонит 72/28. Для снижения экономических затрат на взрывающихся блоках в сухих скважинах граммонит был заменен игданитом (аммиачная селитра+ соляное топливо), а для повышения качества дробления была принята колонковая и рассредоточенная конструкция заряда с воздушными промежутками длиной 1,5м. Глубина забойки составляла 5-8м. Расстояние между скважинами и рядами скважин 5х5м. В среднем удельный расход по взрывающимся блокам колебался от 0,6 до 0,9 кг/м³.

Визуальный осмотр горного массива показал, что разрушение пород произведено удовлетворительно. Гранулометрический состав соответствует кондиционности куска. Применение игданита в качестве ВВ в сухих скважинах с колонковой и рассредоточенной конструкцией зарядов увеличивает время действия взрыва и обеспечивает достаточное давление на отбиваемый массив, что способствует повышению использования энергии на дробление и снижению экономических затрат при разработке горного массива порядка 12400-15500 тыс. тг. в год.

Для изучения воздействия промышленных взрывов на деформируемость прибортового массива на верхних площадках уступов закладывались репера в виде профильных линий и производились наблюдения.

Наблюдения за промышленными взрывами показали, что максимальные деформации массива за линией отрыва возникают в непосредственной близости от последнего ряда взрывных скважин, а с удалением в глубь прибортового массива деформации уменьшаются. Расстояние в среднем составляет 40м. Законурный массив уступов на взрывающихся участках находится в удовлетворительном состоянии с точки зрения устойчивости уступа. Для оформления откосов на проектных контурах требуется применение специальных технологических схем заоткоски.

Решение поставленных вопросов способствует улучшению технико-экономических показателей и техники безопасности работ на горных предприятиях при открытой добыче полезных ископаемых.

УДК 622.1:622.271

С.Г. ОЖИГИН
С.Б. ОЖИГИНА
С.К. АБЕЛЬСЕЙТОВА
Е.П. ШИН

Оценка устойчивости уступов и стационарного борта разреза «Богатырь» в районе станции «Фланговая»

Оценка устойчивости уступов и стационарного борта разреза в районе станции «Фланговая» (р.л. 41, 41^а) производилась научно-исследовательской лабораторией «Маркшейдерия, геомеханика и геометрия недр» КарГТУ. На данном участке стационарного борта на горизонтах +70м-+94м и +94м-+115м произошли оползневые деформации. Возник вопрос безопасности эксплуатации железнодорожной станции. Стационарный борт разреза сложен анизотропными массивами слоистых осадочных пород (аргиллитами, алевролитами песчаниками) и осложнен рядом природных и техногенных факторов.

Задача определения параметров устойчивого борта в анизотропном массиве имеет множество решений, которые постоянно совершенствуются [1-4]. Анализ существующих способов расчёта показывает, что возможности теории предельного равновесия как основы для создания надёжных способов решения задач устойчивости откосов далеко не исчерпаны. В развитие способа Г.Л. Фисенко [4] с учётом применения современной вычислительной техники в КарГТУ проф. П.С. Шпаковым и др. разработан численно-аналитический способ расчёта, в котором в результате анализа различных вариантов, удовлетворяющих основным положениям теории предельного равновесия, может быть однозначно установлено местоположение поверхности скольжения в приоткосном массиве. Определённая

универсальность этого способа позволила создать единую методику расчёта параметров предельного откоса или откоса с заданным коэффициентом запаса устойчивости численно-аналитическим способом для широкого диапазона изменения горно-геологических условий. Для математического описания процессов, происходящих в массиве, создается геомеханическая модель прибортового массива, приближенно отражающая действительную природу рассматриваемого процесса. При решении задачи устойчивости борта с согласно падающей слоистостью положение наиболее слабой поверхности в массиве устанавливается с учетом одновременного удовлетворения общего и специального предельного равновесия на границе двух сред путем анализа из ряда возможных реализаций поверхности скольжения. Теоретические основы численно-аналитического метода расчета изложены в работах [2,3].

Для автоматизации расчетов по определению параметров и оценки устойчивости карьерных откосов численно-аналитическим методом в КарГТУ разработано специальное программное обеспечение с помощью пакета Delphi фирмы Inprise Inc. версии 5.0. Методика автоматизированной оценки устойчивости карьерных откосов позволяет оперативно и с высокой надежностью выполнять расчеты. В качестве примера на рисунке 1 приведен расчет устойчивости стационарного борта разреза «Богатырь» по разведочной линии 41-41 (участок 2).

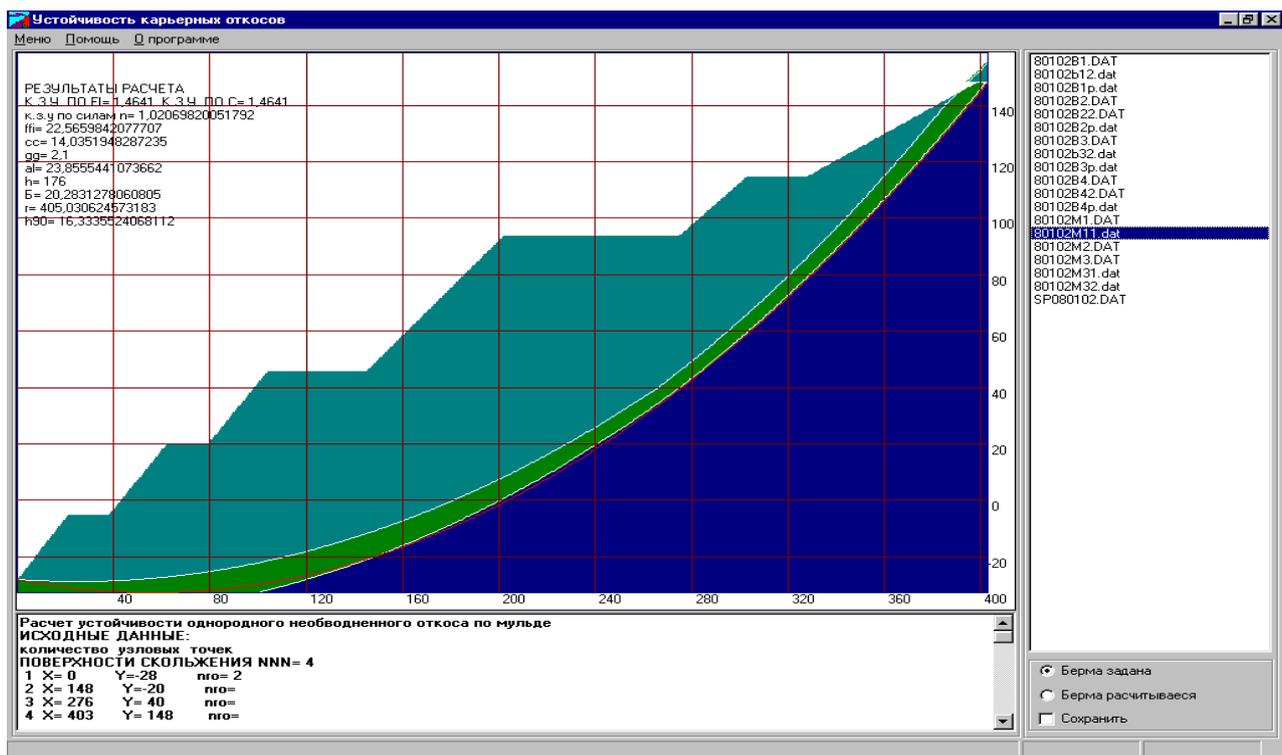


Рис. 1. Расчет устойчивости стационарного борта разреза «Богатырь» по разведочной линии 41-41 (участок 2)

Физико-механические свойства горных пород, используемые в расчетах [5,6], приняты на основании исследований Казахского филиала ВНИМИ [7].

Выполненные расчеты по оценке устойчивости стационарного борта разреза в районе станции «Фланговая» (р.л.41-41) показали, что борт на участке в целом устойчив. Величина коэффициента запаса устойчивости борта $n \geq 2,0$, что подтверждается ранее выполненными расчетами [7]. Залегание пород пологое, углы наклона борта 12-16°. Потенциальная поверхность скольжения при данных параметрах борта не может сформироваться только по контактам пород, а пересекает слоистый массив, обеспечивая его устойчивость.

При постановке нижних уступов гор. -30м – -5м, гор. -5м – +20м, гор. +20м – +45м в стационарное положение, в соответствии с проектом «Вскрытие и подготовка горизонта -30м» («Карагандагипрошахт и К», 2001г.), происходит подрезка контактов между слоями. В связи с этим появляется возможность возникновения поверхности скольжения, проходящей только по контакту. На основании расчетов, выполненных для трех возможных положений поверхности скольжения, проходящей по контакту между породами, можно утверждать, что борт на проектном контуре до гор. -30м также будет находиться в устойчивом состоянии ($n_{\min} = 1,30$).

Анализ фактического состояния устойчивости уступов показывает, что на возникновение деформационных процессов основное влияние оказывают угол наклона уступа, угол наклона согласно падающего контакта и величина сцепления по контакту. Первые два параметра определяются достаточно надежно. На величину сцепления существенное влияние оказывают взрывные работы, воздействие горно-транспортного оборудования и процессы выветривания. Величина сцепления в зависимости от местоположения контакта может составить 2-4 т/м² [7].

Расчеты по оценке устойчивости фактических откосов уступов показали возможность их деформирования при существующих параметрах, т.к. $n_f < n_{\text{доп}}$ ($n_{\text{доп}} = 1,5-2,0$). В связи с тем, что прочностные свойства слоистого массива неоднородны по площади, деформации наиболее вероятны в местах, где величина сцепления менее 3 т/м², что подтверждается существующей деформацией горизонтов +70 – +94м и +94 – +115м.

Для расчетов устойчивости уступов, подсеченных системами трещин, известен ряд аналитических решений [1,5,6]. В КарГТУ разработана программа, которая позволяет определить устойчивость откосов уступов в анизотропной трещиноватой среде, где в основу расчета приняты типовые схемы проф. Р.П. Окатова [1] для слоистых, трещиноватых откосов. Программа реализована с помощью пакета *Delphi* фирмы Inprise Inc. версии 4.0 и может использоваться на рабочих станциях под управлением операционных систем *Windows 95/98*, *Windows NT 5.0* и *Windows 2000* [8].

В ходе оценки параметров устойчивости откоса ведется текстовый журнал, содержащий подробную информацию о ходе расчета и полученных результатах. Журнал расчета сохраняется вместе с задачей и обновляется всякий раз, при новом расчете устойчивости откоса. После завершения расчета пользователь может либо работать с текстовой информацией, представленной в журнале расчета, либо с интерактивной формой представления этого результата (рис. 2).

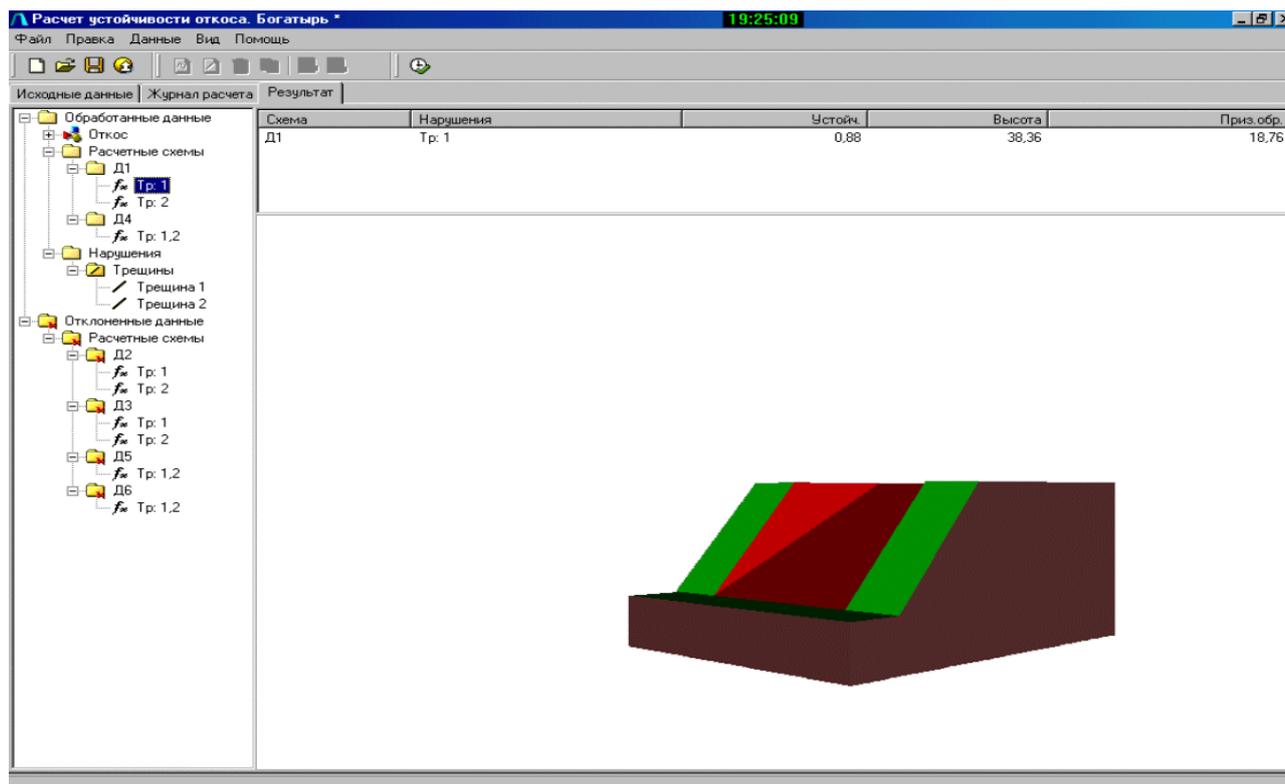


Рис. 2. Внешний вид графического визуализатора

Анализ состояния устойчивости проектного положения уступов показывает, что в связи с мульдообразной (синклиальной) формой инженерно-геологических контактов возможна реализация деформаций по различным схемам: схема №1 (при пологом и наклонном залегании поверхностей ослабления $\alpha > \lambda$), схема №2 (при наклонном и крутом залегании поверхностей ослабления $\alpha = \lambda$) [1].

Расчетами установлено, что устойчивость гор. +45-+70м и +70-+95м в пределах нормативных требований проектом не может быть обеспечена. Выполаживание углов наклона откосов на гор.+45-70м и гор.+70-95м до 44° повысит их устойчивость. При этом коэффициенты запаса устойчивости составят соответственно 1,36 и 1,30. Поэтому устойчивость уступов на данных горизонтах должна регулярно контролироваться инструментальными наблюдениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов И.И., Окатов Р.П. Борьба с оползнями на карьерах. М.: Недра, 1980. 239 с.
2. Шпаков П.С., Попов И.И. Расчет параметров карьерных откосов на основе численно-аналитических методов // Горный журнал. 1988. №1. С.26-28.
3. Шпаков П.С., Поклад Г.Г., Ожигин С.Г., Омаров С.Т. Расчет устойчивости реальных карьерных откосов для геомеханической модели неоднородного массива // Известия вузов. Горный журнал. 1991. №9. С.51-55.
4. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 378 с.
5. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров / ВНИМИ. Л., 1972. 165 с.
6. Временные методические указания по управлению устойчивостью бортов карьеров цветной металлургии. М.: МЦМ СССР, 1989. 128 с.
7. Рекомендации по параметрам бортов и уступов разрезов производственного объединения «Экибастузуголь» и физико-механические свойства горных пород / Казахский филиал ВНИМИ. Караганда, 1982. 29с.
8. Низаметдинов Ф.К., Абельсеитова С.К. Автоматизация методов расчета устойчивости анизотропных откосов // Труды I Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы комплексного освоения рудных и нерудных месторождений восточного казахстанского региона». 10-12 мая 2001г. Усть-Каменогорск, 2001.

УДК 622.268.13:622.289

Г.Ш. ОРАЗГАЛИЕВ

Методика оценки технического уровня и качества крепеустановщиков

Для установления рациональных параметров крепеустановщиков необходимо разработать модель, объединяющую лучшие показатели существующих машин и выбрать конструкцию крепеустановщика с параметрами, близкими к параметрам модели. Для этого произведены анализ и оценка технического уровня и качества крепеустановщиков (табл. 1) по предлагаемой методике. Для оценки принят смешанный метод, объединяющий дифференциальный метод для определения единичных относительных показателей

и комплексный метод для определения комплексных показателей качества. По способу получения информации применены измерительный, регистрационный, органолептический, расчетный и комбинированный методы. По источнику получения информации приняты традиционные методы с использованием литературных источников. За базовое значение принята пятибалльная оценка или наилучший уровень гипотетического образца (эталон).

Таблица 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Наименование показателей	КПМ-8 (УкрНИИ гидроуголь)	Крепеустановщик подвесной (ИГД)	Крепежно-доставочный агрегат КДА-1 (ИГД)	К-1000М (ВНИИО МШС)	ТУ-2 (КУЗНИИ шахтострой)	«Прогресс» ПНИУИ	Портальный крепеустановщик (КУЗНИИ шахтострой)	Подвесной крепеустановщик (ВНИИОМШС)	КП-300 (КНИУИ)	УТ-ИИ (ЦНИИПодземмаш)	ТПУ-1 (КНИУИ)
1. Тип возводимой крепи	Металлическая арочная	Металлическая арочная	Металлическая арочная	Тюбинги и блоки	Тюбинги	Деревянная и ж/б	УРП	УРП	Любой с верхняком из металла	Любой	Металлическая арочная
2. Способ перемещения	Самоходная на монорельсах	Самоходная на монорельсах	Навесная на комбайне	Самоходный на колесно-рельсовом ходу	Самоходный на колесно-рельсовом ходу	Навесная на комбайне	Самоходный на колесно-рельсовом ходу	Самоходный на колесно-рельсовом ходу	Самоходная на монорельсах	Самоходный на колесно-рельсовом ходу	Самоходная на монорельсах
3. Сечение выработки в свету до осадки, м ²	7-24	8,5-24	8,5-30	8-14	6-20	6,5-9,5	—	—	5-16	9,5-15,7	8,5-24
4. Грузоподъемность, кН	8	5	10	10	6	—	2,5	8	3	6	8
5. Габариты, мм длина ширина высота	6100 1145 600	6100 1145 600	3800 3200 2500	5000 1300 1600	3450 1350 1320	4400 1250 530	1600 - 1850	1910 3550 1650	1450 1050 670	3800 1360 2152	6100 1145 600
6. Масса, кг	3240	1240	2000	10700	4500	3800	1500	1700	850	4300	2000
7. Мощность электродвигателей, кВт	5,5	3	5	5,5	5,5	3,4	-	-	3	5,7	5,5

При определении интегрального показателя принят расчетный метод, а значения выражены в натуральных единицах с последующей сравнительной оценкой. В ходе оценки использован метод пошагового ранжирования с отбрасыванием из анализа изделий с худшими показателями. Методика и порядок оценки выполнены с учетом [1,2,3]. Анализ и сравнение произведены по основным группам показателей: назначения, технологичности, надежности и долговечности, эргономичности, эстетичности, унификации, патентно-правовым и технико-экономическим (табл. 2,3). Рассмотрим установление базовых и относительных значений показателей качества на примере показателей назначения. Универсальность P_1 представляет комплекс потребительских свойств изделия и характеризует возможность его применения в различных горно-геологических условиях в зависимости от сечения выработки; формы сечения; угла наклона выработки; проходимости средств транспорта и механизмов, а также наличия в забое проходческого оборудования; способа проведения выработки и места возведения крепи. Показатель P_1 определяется как среднеарифметическое от составляющих $P_{1.1} \dots P_{1.6}$.

Сечение выработки (диапазон сечений) характеризует возможность использования крепеустановщика без изменения конструкции или типоразмера в данном диапазоне сечений в свету, m^2 : 4-30 — это 5 баллов или эталон; 8-24 — это 4,5 балла; 12-20 — 3,5 балла; 12-16 — 2,5 балла и 6-12 определяют низшее относительное единичное значение в 2 балла. Форма сечения выработки: арочная, круглая и трапециевидная (прямоугольная) — это 5 баллов (эталон); арочная и трапециевидная, либо арочная и круглая, либо трапециевидная и круглая — 4 балла; одна из перечисленных форм — 3 балла. Угол наклона выработки: 0-35 градусов при проведении выработки сверху вниз, так и снизу вверх — 5 баллов (эталон); 0-18 градусов — 4,5 балла; 0-10 градусов — 3,5 балла и 0-5 градусов составляют 2,5 балла. Проходимость средств транспорта и механизмов, а также наличие в забое проходческого оборудования: возможно при работе крепеустановщика наличие в забое проходческого оборудования, а также при движении по выработке проходимость средств транспорта и механизмов — 5 баллов (эталон);

Таблица 2

НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ КРЕПЛЕНИЯ И КРИТЕРИЙ БАЗОВОГО ЗНАЧЕНИЯ

Наименование показателя	Индекс	Критерий базового значения (5 баллов)	Коэф. весовой
1. Показатели назначения			
1.1. Универсальность	P_1		0,2
в т.ч.: сечение выработки	$P_{1.1}$	4-30 m^2	
форма сечения	$P_{1.2}$	Арочная, круглая и трапециевидная	
угол наклона выработки	$P_{1.3}$	$\pm 35^\circ$	
проходимость средств транспорта	$P_{1.4}$	Возможно оборудование в забое при креплении и проходимость транспорта по выработке	
способ проведения выработки	$P_{1.5}$	Комбайновый и буровзрывной	
место возведения крепи	$P_{1.6}$	Крепление у забоя	
1.2. Степень механизации процессов крепления	P_2	$K_{мех} = 1,0$	0,24
1.3. Степень совмещения операций крепления	P_3	$K_{совм} = 1,0$	0,1
1.4. Грузоподъемность	P_4	10 кН	0,05
1.5. Транспортабельность	P_5	В общешахтных средствах	0,02
1.6. Степень сложности монтажа-демонтажа	P_6	Не более 1 чел-см	0,03
1.7. Выполнение функций предохранительной крепи	P_7	По всей площади у забоя	0,05
1.8. Эксплуатационная готовность к работе	P_8	Без дополнительных операций по монтажу секций монорельса, кабелей и т.д.	0,05
2. Показатели надежности			
2.1. Нарработка на отказ	P_9	50 час	0,05
2.2. Среднее время восстановления	P_{10}	6 час	0,03
2.3. Средний срок службы	P_{11}	5 лет	0,03
3. Показатели технологичности			
3.1. Удельная трудоемкость	P_{12}	200 нормо-часов на 1 т массы изделия	0,03
3.2. Удельная материалоемкость	P_{13}	250 кг/квт	0,03
4. Эргономические показатели			
4.1. Местонахождение рабочих при обслуживании	P_{14}	Вне рабочей зоны, управление дистанционное	0,015
4.2. Освещенность рабочей зоны	P_{15}	Светильники на крепеустановщике и на проходческом оборудовании	0,015
5. Показатели эстетичности			
5.1. Функционально-конструктивная обусловленность	P_{16}	Расширенный ряд изделий аналогичного класса и назначения	0,02
6. Показатели унификации			
6.1. Коэффициент применяемости	P_{17}	40 %	0,02
7. Патентно-правовые показатели			

7.1. Патентная защита	P_{18}	Защита патентами в РК и за рубежом	0,02
8. Экономические показатели			
8.1. Комплексный интегральный показатель, $I(t)$, у.е./м	P_{19}	Расчет и сравнительный анализ вариантов	

Таблица 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА КРЕПЕУСТАНОВЩИКОВ

Показатель	КПМ (КПМ-8) УкрНИИгидроуголь	Крепеустановщик подвесной ИГД	КДА-1 (ИГД)	ТПУ-1 (КНИУИ)	Портальный (ВНИИОМШС)	Портальный КузНИИшахтострой	КП-300 (КНИУИ)
P_1	0,96	0,85	0,8	0,91	0,57	0,67	0,83
P_2	0,36	1,02	1,02	1,02	0,36	0,24	0,36
P_3	0,25	0,4	0,4	0,4	0,08	0,08	0,15
P_4	0,2	0,125	0,25	0,2	0,2	0,062	0,075
P_5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
P_6	0,15	0,15	0,12	0,15	0,12	0,12	0,15
P_7	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0
P_8	0,2	0,2	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2
P_9	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,115
P_{10}	0,15	0,102	0,15	0,15	0,15	0,15	0,127
P_{11}	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
P_{12}	0,045	0,045	0,06	0,045	0,06	0,06	0,06
P_{13}	0,111	0,111	0,12	0,111	0,084	0,099	0,142
P_{14}	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
P_{15}	0,06	0,06	0,075	0,06	0,06	0,06	0,075
P_{16}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,1
P_{17}	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
P_{18}	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
$P_{\text{комп}}$	3,438	4,015	4,167	4,198	2,566	2,423	2,736

возможно прохождение средств транспорта и механизмов — 3 балла; невозможно прохождение средств транспорта и механизмов — 0. Способ проведения выработки: комбайновый и буровзрывной — 5 баллов (эталон); комбайновый — 3 балла; буровзрывной — 2 балла. Место возведения крепи: крепление у забоя — 5 баллов (эталон); крепление с отставанием от забоя за временной межкрепью — 3,5 балла; с отставанием от забоя за временной немеханизированной крепью — 3 балла.

«Степень механизации» процессов крепления $-P_2$ — характеризует возможность выполнения крепеустановщиком операций проходческого цикла по креплению выработки. Оценить количественно его возможно с помощью коэффициента механизации, представляющего собой отношение трудоемкости операций, поддающихся механизации, к суммарным трудовым затратам на крепление: транспортировка элементов крепи к забою, подъем и установка верхняка и стоек крепи, соединение элементов крепи, затяжка, забутовка закрепного пространства $K_{\text{мех}}=1,0-5$ баллов (эталон); те же операции, кроме забутовки закрепного пространства $K_{\text{мех}}=0,95-4,75$ балла; транспортировка элементов крепи к забою, подъем и установка верхняка и стоек крепи, затяжка $K_{\text{мех}}=0,85-4,25$ балла; транспортировка элементов крепи к забою, подъем и установка верхняка и стоек крепи $K_{\text{мех}}=0,55-2,75$ балла; транспортировка элементов крепи к забою, подъем и установка верхняка или одного из элементов крепи $K_{\text{мех}}=0,3-1,5$ балла; одна из перечисленных операций $K_{\text{мех}}=0,2-1,0$ балл.

«Степень совмещения» операций по креплению с основными операциями проходческого цикла $-P_3$ — характеризует по времени ту часть операций по креплению, которые выполняются во время основных

операций проходческого цикла категории «а». Это можно выразить как отношение трудоемкости выполнения совмещенных операций к трудоемкости всех операций по креплению выработки: полное совмещение операций по креплению с основными операциями проходческого цикла $K_{\text{совм.}}=1,0-5$ баллов (эталон); установка на подъемный стол элементов крепи и транспортировка к забою с возведением крепи, частично затяжка и забутовка $K_{\text{совм.}}=0,8-4$ балла; то же, кроме затяжки и забутовки $K_{\text{совм.}}=0,5-2,5$ балла; установка на стол элементов крепи и транспортировка к забою с частичным возведением крепи $K_{\text{совм.}}=0,3-1,5$ балла; установка на стол элементов крепи и транспортировка к забою $K_{\text{совм.}}=0,15-0,75$ балла; операции по креплению не совмещены $K_{\text{совм.}}=0-0$ балла.

«Грузоподъемность» $-P_4$ — характеризует величину массы элементов постоянной крепи, которую крепеустановщик может поднять одновременно. В настоящее время как в странах СНГ, так и за рубежом разработаны крепеустановщики, которые могут транспортировать к забою от нескольких элементов до нескольких комплектов крепи, т.е. крепеустановщики должны иметь достаточный запас грузоподъемности. При рассмотрении массы рам металлических арочных крепей типа АКП-3 и АКП-5 для различных площадей поперечного сечения и с различной затяжкой, подъем и транспортировка которых может понадобиться, выясняется: для АКП-3 масса двух рам крепи с металлической решетчатой затяжкой типа МРЗ при сечении $19,4\text{ м}^2$ составляет 825 кг; для АКП-5 масса двух рам с затяжкой МРЗ при сечении $20,2\text{ м}^2$ составляет 870 кг. Таким образом, базовое значение грузоподъемности 10 кН — 5 баллов (эталон) с достаточным запасом обеспечивает нас, так как с

крепеустановщиками предполагается использование облегченных затяжек типа МРЗ.

«Транспортабельность» - P_5 — характеризует возможность транспортировки узлов крепеустановщиков по горным выработкам транспортными средствами. Базовое значение показателя P_5 — 5 баллов (эталон) принимается при «транспортировке узлов в общешахтных средствах транспорта и не требует специальных мер при спуске-подъеме по вертикальным и наклонным выработкам». При «транспортировке узлов в вагонетках, платформах, а также специальных сосудах, поставляемых комплектно с изделием, и требует специальных мер при спуске-подъеме по вертикальным и наклонным выработкам» относительное значение показателя составляет 2,5 балла и «то же при специальных платформах и сосудах, не поставляемых комплектно с изделием» оценивается как 0.

«Степень сложности монтажа-демонтажа» - P_6 — характеризует вес и громоздкость изделия, а также совершенство конструкции изделия с точки зрения приспособленности ее к монтажу и демонтажу в естественных условиях подготовительных забоев. На монтаж крепеустановщика затрачивается не более 1 чел.-смены — 5 баллов (эталон) — базовое значение. На монтаж затрачивается 3-4 чел.-смены — относительное значение показателя — 3 балла и на монтаж затрачивается более 5 чел.-смен — 0.

Базовое значение показателя «выполнение функций предохранительной крепи» - P_7 — 5 баллов принимается, когда «крепеустановщик выполняет роль предохранительной крепи и обеспечивает

производство работ по всей площади забоя». То же, только в части забоя — относительное значение — 3 балла и «не выполняет роль предохранительной крепи» — 0.

«Эксплуатационная готовность к работе» - P_8 — характеризует способность крепеустановщика после завершения одного цикла крепления приступить к выполнению следующего цикла крепления без дополнительных монтажно-демонтажных работ по наращиванию кабелей, монорельсов, укладке рельсового пути или перестановке его в рабочую зону. Базовое значение — 5 баллов (эталон) при «крепеустановщик готов приступить к работе немедленно». Относительные значения показателя — крепеустановщик готов после работ с трудоемкостью: 10 чел.-мин/м — 4 балла; 20 чел.-мин/м — 2 балла и 40 чел.-мин/м — 0.

При определении коэффициентов весомости наибольшая доля падает на показатели назначения, а из показателей назначения — на «степень механизации» процессов крепления, так как главным является возможность выполнения прямых функций, то есть выполнение технологических операций по креплению.

Результаты определения по данной методике комплексного показателя качества $R_{\text{комп}}$ показывают, что лучшие значения у крепеустановщиков: КПМ (УкрНИИГидроуголь); подвесной ИГД; ТПУ-1 (КНИУИ) и КДА-1 (ИГД). Они отбираются в дальнейшем для расчета интегрального экономического показателя качества, выражаемого в натуральных единицах, с последующей сравнительной оценкой и выбором наилучшего образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. М., 1979.
2. Крепи предохранительные подготовительных забоев: Отраслевая методика оценки уровня качества. Ворошиловград: УкрНИИГидроуголь, 1977.
3. М.12.001-80. Оценка технического уровня и качества изделий угольного машиностроения: Основные положения. М.: Минуглепром СССР, 1980.

УДК 622.289

Г.Ш. ОРАЗГАЛИЕВ

Основные средства механизации возведения рамных крепей горных выработок

Различными проектными организациями стран СНГ и зарубежными фирмами разработано множество конструкций средств механизации крепления горных выработок без четкой и общепринятой их систематизации, хотя предпринимались попытки в этом направлении [1,2,3,4,5]. Все они имеют те или иные недостатки, в основном, не выдерживаются до конца принятый классификационный признак или смешиваются признаки нескольких классификационных групп.

Предлагается более совершенная систематизация средств механизации возведения крепи (см. рис.) по двум признакам: «тип возводимой крепи» и «способ перемещения». По признаку «тип возводимой крепи» средства механизации возведения делятся на 4 типа: для возведения рамных крепей (крепеустановщики);

для возведения сплошных сборных крепей (тюбингоукладчики, блокоукладчики); для возведения монолитных крепей и для возведения анкерных крепей. По признаку «способ перемещения» средства механизации возведения крепи делятся на два вида: перемещаемые механизированно; перемещаемые вручную. Они, соответственно, подразделяются: на самоходные и навесные или прицепные; перекатные и переносные.

Далее, самоходные делятся на 4 группы: на колесно-рельсовом ходу; на пневмошинном ходу; на гусеничном ходу; на монорельсах (по направляющим). Навесные и прицепные также делятся на 4 группы: на комбайне; на погрузочной машине; на временной крепи; на салазках, передвигаемых комбайном. Перекатные делятся на 3

группы: на колесно-рельсовом ходу; на пневмошинном ходу; на монорельсах. Переносные разделены на 3 группы: типа распорных стоек; рычажного типа; на салазках. Таким образом, два классификационных признака позволяют наиболее полно охватить и систематизировать все средства механизации возведения горных выработок.

Рассмотрим теперь основные конструкции средств механизации возведения рамных крепей. Как пример перекатных и переносных средств механизации перемещаемых вручную можно указать: крепеукладчики КУ-2к, КУ-0,25, рычажный подъемник ППВ-1а, ППВ-3, монтажную стрелу, крепеподъемник ПТК-1, МШ конструкции НИИОГР, ТКС-1 конструкции Гипроуглемаша и др. [1,5]. Они просты по конструкции и эксплуатации, осуществляют, в основном, подъем верхняков с большими затратами ручного труда и требуют после установки каждой рамы крепи перестановки вручную на новое место, поэтому перемещаемые вручную средства механизации возведения рамных крепей не нашли заметного применения и в дальнейшем не рассматриваются.

Рассмотрение перемещаемых механизированно средств механизации возведения рамных крепей начнем со средств навесного типа. Установка для подачи и возведения крепи УВК-3 конструкции ПНИУИ закрепляется на проходческих комбайнах типа ПК-3м и ПК-3р. Крепеустановщик на временной межкрепи КПУ-1М работает совместно с комбайном 4ПП2, передвижной временной крепью КМК-3М, составляя комплекс КГК-1М. Две стрелы с поворотными кронштейнами монтируются на задних стойках временной крепи. К недостаткам этих средств относится то, что они механизированы только процесс возведения верхняка и место установки фиксируется относительно комбайна и временной крепи при отсутствии регулировки по длине выработки.

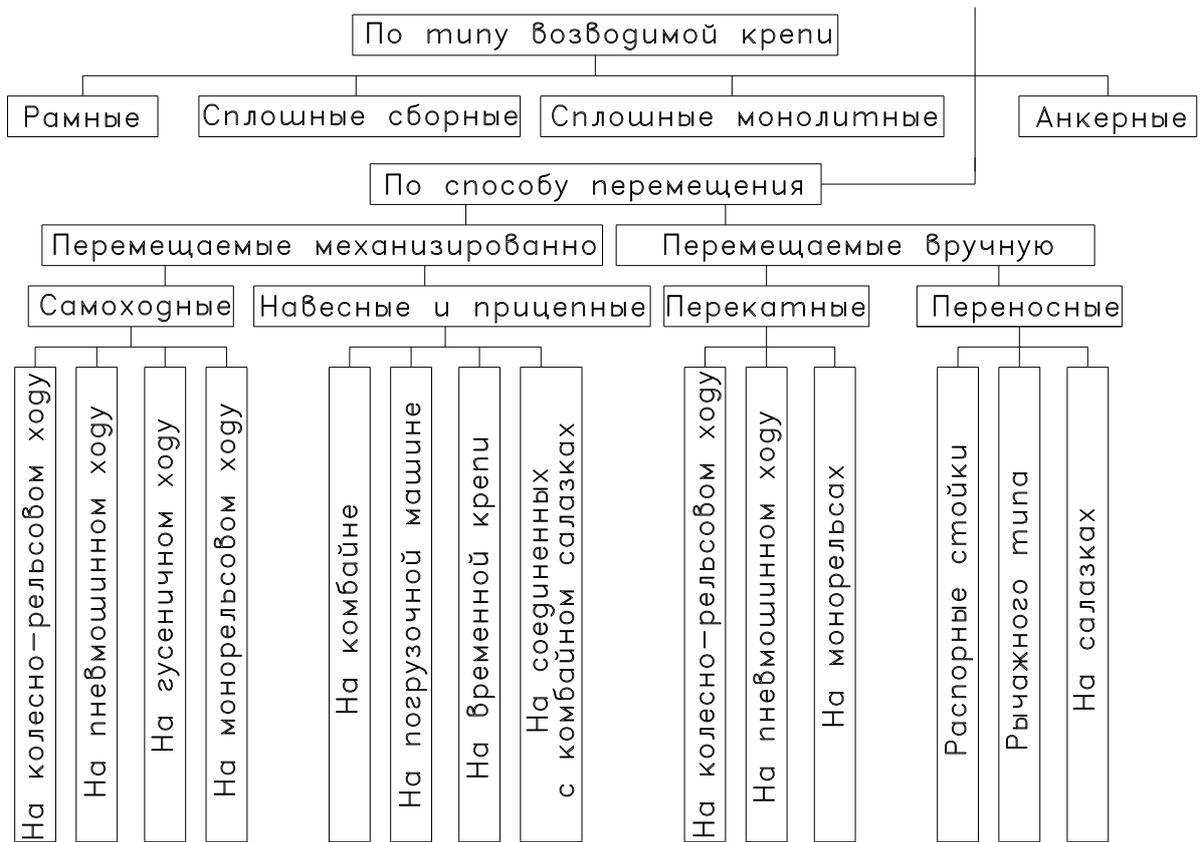
Характерными конструкциями самоходных средств механизации на колесно-рельсовом ходу являются кран К1-1000М и порталный крепеукладчик конструкции КузНИИшахтострой [1,3]. К недостаткам крана К1-1000М относится то,

что он занимает транспортный путь, и большое отставание от забоя, что требует больших трудозатрат по установке и демонтажу временной немеханизированной крепи. Крепеукладчик КузНИИшахтострой требует дополнительных рельсовых путей и механизирован только подъем верхняка. Из самоходных средств механизации на монорельсах рассмотрим крепеукладчик КП-300 конструкции КНИУИ и КПМ (КПМ-8) конструкции УкрНИИгидроуголь (НПО «Углемеханизация») [6,7].

Недостатки КП-300: большая трудоемкость наращивания монорельсов; механизирован только одну операцию по подъему верхняка. Наличие рабочего полка на КПМ позволяет транспортировать в призабойной зоне элементы крепи и затяжку, а также производить работы с полка по установке элементов крепи, затяжке и забутовке в верхней части выработки, а также функции предохранительной крепи для перекрытия кровли призабойного пространства. Недостатки те же, что и у КП-300. Средства механизации возведения рамных крепей, разработанных в странах СНГ, не нашли широкого применения из-за различных конструктивных недостатков и технологических решений. Наиболее перспективными из них являются: навесные и прицепные на комбайнах и на временной крепи; самоходные на монорельсах (направляющих).

Из зарубежных средств механизации навесного и прицепного типа следует отметить Атлас-кран фирмы «Машиненфабрик Г. Вейгаузен КГ» на проходческом комбайне [2]. Верхние сегменты крепи предварительно монтируются позади комбайна на специальном монтажном столе, а затем кран с телескопической стрелой подает их к забоям. Устройство для подъема сегментов крепи фирмы «Бергбаушпещальгезельшафт Геверкшафт Вальтер» смонтировано на проходческом комбайне Роботер фирмы «Паурат» [2]. Модификацией подобных устройств является гидравлически управляемое устройство для транспортировки верхних сегментов арочной крепи фирмы «Машиненфабрик унд айзенгерсрай» на комбайне избирательного действия EVR 120/160.

Систематизация средств механизации возведения крепей горных выработок



После окончания процесса резания гидроуправляемое устройство устанавливается в заданное положение и транспортирует вперед верхние сегменты крепи без перемещения комбайна [2,8]. Рабочий полок фирмы «Клекнер Бекорит» установлен на стреле комбайна Роботер E250. Полок шириной 1600 мм имеет возможность раздвигаться до 4020 мм и телескопически выдвигаться вперед на 1800 мм. Грузоподъемность его 25 кН [10]. К недостаткам рассмотренных навесных и прицепных средств механизации относится то, что они механизмируют только процесс установки верхних сегментов крепи.

Рассмотрим теперь самоходные средства механизации на монорельсах. Универсальный проходческий полок АТНВ шахты «Цольфайн» предназначен для крепления, транспортировки и бурения. На отодвинутом назад и опущенном полке монтируют верхнее перекрытие, чтобы затем передвинуть полок на забой вместе с этим перекрытием и с помощью подъемных цилиндров поднять его к кровле штрека [8,9]. По конструкции очень сходно приспособление фирмы «Бекорит грубенаусбау ГМБХ» для установки штрековой крепи. Приспособление для установки предварительно смонтированных элементов арочной крепи фирмы «Дайльман Ханиель ГМБХ» представляет собой тележку, передвигающуюся по подвесной монорельсовой дороге, со стрелой, на конце которой расположен универсальный гидрозахват.

К подобным же сходным по конструкции механизмам относятся устройство для подъема, транспортировки и установки сегментов крепи фирмы «Хайден Нилос Конфлю Лимитед» [9] и устройство для транспортировки и установки нескольких верхних сегментов крепи, подвешенное на двух монорельсах фирмы «Тиссен бергбаутехник» [2]. Для предварительного и окончательного монтажа крепи объединением «Клекнер Бекорит» и «Бекер Прюнте» создана машина SA2 с использованием опыта полка АТНВ. Предварительно монтируются в задней части штрека посредством двух кранов, установленных на машине, все элементы, необходимые для установки двух верхних арочных перекрытий. Боковые элементы также могут собираться в сегменты, транспортироваться под подъемной платформой для верхних элементов, подаваться к забою над штрекопроходческой машиной и устанавливаться у стенок.

Устройство для механизации возведения крепи фирмы «Бохумер айзенхютте Хайнцман унд Ко» осуществляет по возможности параллельный процесс резания и совмещенных с ней работ по креплению. Предусмотрена предварительная комплексная сборка за комбайном от одного до четырех верхних и боковых сегментов крепи, включая сболчивание и затяжку. Смонтированные сегменты после окончания процесса резания транспортируются манипулятором над комбайном к забою. Манипулятор может использоваться в качестве опережающей крепи.

Система состоит из комбайна Роботер, вспомогательного устройства (опережающей крепи), скребкового конвейера, участка предварительной сборки и транспортирующего устройства в штреке. В системе фирмы «Паурат ГМБХ» в качестве

опережающей временной крепи используются специальные панели, подвешиваемые одна за другой, которые на расстоянии 25-30 м от забоя заменяют штрековой крепью. Манипулятор фирмы «Паурат ГМБХ» передвигается по рельсу (монорельсу), интегрированному в опережающей панели, в то время как крановые тележки фирмы «Бохумер айзенхютте Хайнцман унд Ко» перемещаются по рельсовому пути, проложенному у стенок на боковых стойках [9].

В последнее время фирмами «Клекнер Бекорит» и «Рурколе АН» разработана целая серия средств механизации крепления горных выработок, которые они подразделяют на следующие 4 типа: крепеустановщики на монорельсе; крепеустановщики на монорельсе в сочетании с рабочим полком; рабочие полки на монорельсе; рабочие полки на стреле комбайна [10]. Крепеустановщики на монорельсе состоят от одного до пяти несущих тележек, передвигающихся по опорному рельсу (монорельсу). К тележкам подвешена грузовая балка с опорно-натяжными устройствами. Под грузовой балкой находится приемная консоль со стрелой. На стреле может устанавливаться до нескольких элементов крепи. Грузоподъемность составляет от 5 до 15 кН.

Фирмами разработаны такие типы крепеустановщиков как А900, А901, А160, А161 и А241. Ко второму типу относятся крепеустановщики SKM88FH, SKM85FH, SAM320 и 511-ACV-AB. Они дополнительно снабжены платформами для транспортировки элементов крепи, материалов, выполнения с них операций крепления. Устройства для подъема и установки могут нести от 2 до 4 элементов крепи. Грузоподъемность как полка, так и устройства для подъема составляет от 10 до 20 кН. Эти средства позволяют параллельно вести процесс резания и крепления над комбайном. К третьему типу относятся рабочие полки на монорельсах для транспортировки элементов крепи и выполнения операций крепления. Выдвижные платформы служат для расширения полка влево и вправо. Грузоподъемность от 10 до 30 кН. В качестве примера можно привести рабочие полки типа SKM84F, SKM87F, SKM85V и SKM90D. Рабочие полки на стреле комбайнов рассматривались выше.

К недостаткам самоходных средств механизации на монорельсах, так же, как и предыдущих рассмотренных зарубежных конструкций, относится то, что они механизмируют только процесс установки верхних сегментов крепи, кроме того, имеют большую трудоемкость и время на демонтаж и наращивание монорельсов. При сравнительном анализе средств механизации крепления в СНГ и за рубежом необходимо, кроме всего, иметь в виду, что зарубежные средства механизации крепления рассчитаны для больших площадей поперечного сечения выработок и, соответственно, для тяжелых спецпрофилей крепи (например, в СНГ среднее сечение в проходке составляет около 10,6 м², а в Германии свыше 22 м², достигая до 35-40 м²). За редким исключением, даже для аналогичных горно-геологических и горно-технических условий зарубежный опыт использования крепеустановщиков к нашим условиям неприемлем, а при применении

отдельных конструкций необходима дополнительная привязка к существующему проходческому оборудованию.

Как видим, все описанные выше конструкции средств механизации крепления строго укладываются в рамки предлагаемой систематизации.

Все описанные выше конструкции крепеустановщиков имеют общие недостатки: как правило, механизмируют только процесс установки одного из элементов крепи (верхняка или стойки), имеют большую трудоемкость дополнительных вспомогательных операций, таких как наращивание монорельса. Очевидно, что необходим комплекс

мероприятий для успешного широкого применения крепеустановщиков как в отношении усовершенствования конструкций, так и по разработке рациональных технологий крепления с «взаимной адаптацией» проходческого оборудования в призабойной зоне.

Выберем теперь для дальнейшего рассмотрения наиболее существенные конструктивные решения крепеустановщиков. По принятой нами систематизации они относятся по «способу перемещения» к перемещаемым механизированно, соответственно, к самоходным (на колесно-рельсовом и на монорельсовом ходу) и к навесным и прицепным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянов В.Г., Акимочкин П.В. Опыт и перспективы применения крепеукладчиков в горизонтальных горных выработках. М.: Госгортехиздат, 1963. 89 с.
2. Френю П., Ферде. Устройства для механизации крепления при комбайновой проходке выработок // Глюкауф. 1977. №9. С.20-27.
3. Бечвая Д.И. Исследование условий и средств механизации возведения крепи в горизонтальных подготовительных выработках: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1969. 152 с.
4. Гелескул М.Н., Бечвая Д.И. Механизация крепления горных выработок: Обзор. М.: ЦНИЭИУголь, 1971. 40 с.
5. Бекетов А.К., Фомичев В.П., Тамбиев А.А. Механизация возведения сборной железобетонной крепи. М.: Госгортехнадзор, 1963.
6. Изготовить и испытать опытно-промышленные образцы КП-300: Научный отчет по теме 18.09.02.01.01 / Фонд КНИУИ. Караганда, 1974.
7. Безмен И.Н., Шнырев Н.В. Механизация возведения крепи и вспомогательных работ при креплении и ремонте // Материалы Всес. науч.-техн. совещания (г. Донецк, 9-10 апреля 1980 г.) М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1980. С.59-65.
8. Мертенс Ф., Эссен, Клейнерт Х.-В. Бохум. Техника машинной проходки. Вспомогательные устройства для механизации крепления // Глюкауф. 1978. №2. С.24-28.
9. Райфф В., Файсткорн А., Микке Х. Механизация возведения крепи в проходческих забоях // Глюкауф. 1984. №12. С.3-9.
10. Разработать технические требования на средства механизации возведения постоянной крепи. Исходные требования к крепеустановщику: Научный отчет по поисковой теме / Фонд КНИУИ. Караганда, 1992.

УДК 622.02.:004.942

С.Н. ПОПОВ

Расчет влияния внезапного выброса угля и газа на устойчивость проветривания угольных шахт

Внезапный выброс угля и газа, возникающий вследствие изменения напряженного состояния угля и вмещающих пород в районе подземной выработки, является одним из общих случаев динамических явлений в угольных шахтах. Как отмечено в [1], побудительной причиной внезапного выброса в непрочном или неоднородном по прочности и насыщенном газом угле могут оказаться даже сравнительно незначительные изменения напряженного состояния. Поэтому внезапные выбросы могут происходить как в очистных, так и в подготовительных выработках, причем при проведении их вне области влияния очистных работ.

Самыми опасными факторами, возникающими в результате действия внезапного выброса угля и газа, являются загазирование горных выработок и опрокидывание свежей вентиляционной струи выброшенным газом. Особую опасность представляет загазирование выработок со свежей струей воздуха, где имеются источники воспламенения метана (электрооборудование, электровозный и конвейерный транспорт). Поэтому при составлении паспорта на проведение выработки по выбросоопасному пласту необходимо учитывать возможность распределения внезапно выделившегося метана по сети горных

выработок для определения их загазированности и взрывоопасности и определения выработок, опасных и безопасных для нахождения людей по газовому фактору.

Для определения возможности опрокидывания воздушного потока в воздухоподающих и воздухоотводящих выработках, скорости воздуха в выработках при выбросе и области распространения воздушно-газовой смеси от места выброса за определенное время необходимо рассчитать распределение воздуха в вентиляционной сети шахты с учетом воздействия внезапного выброса.

Установлено, что развитие выброса угля и газа идет одновременно в массиве и в атмосфере горных выработок. При рассмотрении процессов, протекающих в горных выработках, различают две зоны: зона отброса угля и зона напорного движения воздушно-газовой струи [2]. Параметры напорного движения воздушно-газовой струи по дебиту и напору соизмеримы с аналогичными параметрами вентиляторов главного проветривания, что может явиться причиной опрокидывания вентиляционных струй и загазирования выработок. Формирование аэродинамического возмущения в атмосфере горных выработок происходит в течение времени активной

фазы выброса. Параметры внезапных выбросов угля и газа определяют величину аэродинамического возмущения и служат основой для расчета параметров зоны напорного распространения газа и возможности опрокидывания воздушных потоков в вентиляционной сети шахты и загазирования горных выработок.

Согласно [2,3] основным исходным данным для расчета ожидаемой силы выброса и ожидаемого максимального дебита газа при внезапном выбросе угля и газа являются глубина разработки, природная газоносность пласта на глубине проведения выработки и минимальный коэффициент крепости угля для данной области пласта или, что то же самое, коэффициент выбросоопасной пачки. Глубина разработки берется из проекта на проведение выработки. Природная газоносность пласта на глубине проведения выработки принимается в соответствии с проектом на проведение выработки.

Минимальный коэффициент крепости угля для выбросоопасных и особо выбросоопасных пластов принимается или прогнозируется по имеющимся фактическим данным. По мере подвигания забоя выработки минимальное значение коэффициента крепости может быть установлено путем отбора проб угля из наиболее мягкой пачки пласта и лабораторного определения коэффициента крепости.

Для расчета максимального дебита газа используются следующие приведенные в [3] зависимости, установленные на основе статистической обработки имеющихся фактических данных по внезапным выбросам и теоретических исследований.

Вначале рассчитывается ожидаемое максимальное количество выброшенного угля F :

$$F = a b^{H/k}, \text{ т}, \quad (1)$$

где a, b — экспериментальные коэффициенты, для выбросоопасных пластов $a=47,0$; $b=1,0020$; для особо выбросоопасных $a=56,2$, $b=1,0021$;

H — глубина от земной поверхности до забоя, м;
 k — коэффициент крепости выбросоопасной пачки угля.

Время действия основной фазы внезапного выброса T выражается через массу выброшенного угля уравнением [3,4]:

$$T = 1,5 F^{0,6}, \text{ с}, \quad (2)$$

где F — ожидаемое максимальное количество выброшенного угля, т.

Интенсивность выброса угля U может быть определена отношением массы выброшенного угля F к продолжительности периода основной фазы выброса T :

$$U = \frac{F}{T}, \text{ т/с}. \quad (3)$$

Ожидаемая максимальная величина дебита газа J определяется по формуле

$$J = \kappa_2 U X, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

где U — интенсивность выброса угля, т/с;

X — природная газоносность пласта на этой глубине и в этом месте, $\text{м}^3/\text{т}$;

κ_2 — коэффициент газодинамической активности угля в данном месте, определяется по статистической формуле

$$\hat{\kappa}_a = 0,0001 \frac{H}{k} - 0,038, \quad (5)$$

где H — глубина от земной поверхности, м;

k — коэффициент крепости выбросоопасной пачки угля.

Как отмечено в [3], физическую сущность внезапного выброса можно имитировать работой поверхностного нагнетательного вентилятора, однако все вышеприведенные формулы (1)-(5) позволяют рассчитать только ожидаемый дебит газа. Для определения скоростного напора (компрессии) можно использовать формулу

$$h = \frac{\rho V^2}{2}, \text{ Па}, \quad (6)$$

где ρ — плотность метана, $\rho=0,716 \text{ кг/м}^3$;

V — скорость истечения метана, м/с, которую можно определить как

$$V = \frac{J}{S},$$

где J — определяется по (4);

S — площадь сечения отверстия, из которого истекает метан, м^2 .

В качестве начальной оценки можно взять S равной площади выбросоопасной пачки в сечении груди забоя. Тем самым мы получим одну точку характеристики условного нагнетательного вентилятора, имитирующего внезапный выброс. Для получения хотя бы ещё одной точки характеристики условного вентилятора необходимы дополнительные предположения.

Вместо этого воспользуемся общим положением, согласно которому расчет последствий аварийных событий, связанных с безопасностью людей, должен производиться для наихудших условий. Следовательно, при составлении паспорта на проведение выработки по выбросоопасному пласту расчет возможности опрокидывания потока свежего воздуха и загазованности выработок должен производиться для наиболее трудных условий, т.е. с максимальным ожидаемым выбросом газа в выработки вентиляционной сети шахты. Поэтому при расчетах распределения воздушно-газовой смеси по выработкам шахты при внезапном выбросе угля и газа следует использовать постоянный (максимальный) дебит газа, определяемый по формуле (4).

На основе описанных положений разработана и реализована на ЭВМ модель, позволяющая рассчитывать распределение воздушно-газовой смеси в вентиляционной сети шахты при внезапном выбросе угля и газа для двух вариантов: как для задаваемого условного поверхностного нагнетательного вентилятора, так и для постоянного дебита газа в выработки шахты в точке ожидаемого выброса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горное дело: Энциклопедический справочник. Т.6. М.: Углетехиздат, 1959. 376 с.
2. Основы теории внезапных выбросов угля, породы и газа. М.: Недра, 1978. 164с.
3. Отчет № К169202000 / КазНИИБГП. Установить возможную интенсивность внезапных выбросов угля и газа и разработать способы предотвращения загазирования выработок со свежей струей воздуха. Караганда, 1993. 67с.
4. Шевелев Г. А., Бушуева В. А., Трофимова Н. В., Кесарь А. П. Статистический анализ параметров выброса угля, породы и газа, отражающих динамику процесса // Разработка месторождений полезных ископаемых: Сборник научных трудов. Киев: Техника, 1980. Вып.56. С. 32-34.

УДК 622.322.3

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

Установление потерь и разубоживание руды в очистных блоках (методика)

Потери руды в опорных (междукамерных) целиках панели для вариантов камерно-столбовой системы разработки зависят от размеров этих целиков d , расстояния между целиками l (ширины камеры) и мощности рудного тела. По установленным размерам целиков и содержанию полезного компонента (компонентов) их нормативные потери составляют:

$$\Sigma \dot{I}_{on} = \frac{\Sigma V_n * C_n * \gamma * 100}{A * \tilde{N}}, \quad (1)$$

где ΣV_n — суммарный объем опорных целиков выемочного участка, м³.

Потери руд в ленточных целиках определяются на основе проектной ширины целика и мощности залежи за вычетом объемов горно-подготовительных и нарезных выработок — панельных штреков, заездов в панель, сбоек. При расчете ленточного целика на давление всей толщи налегающих пород ширина целика по Гипроцветмету определяется (X , м)

$$\tilde{O} = \sqrt[3]{\left(\frac{\gamma * H * L * n}{R_{\text{нле}}}\right)^2 h}, \quad (2)$$

где H — глубина разработки, м;

L — расстояние между осями ленточных целиков, м;

n — коэффициент запаса прочности ленточного целика при сжатии;

$R_{\text{сж}}$ — временное сопротивление на сжатие руды (по данным ИГДНАН РК, для серых песчаников $R_{\text{сж}} = 12000$ т/м², для красных $R_{\text{сж}} = 9000$ т/м²).

По установленной ширине и длине участка потери руды составляют:

$$\dot{I}_e = \frac{(V_e - V_r) \gamma * C_n}{A * \tilde{N}} * 100, \quad (3)$$

где V_n — объем ленточного целика, м³;

V_r — объем горно-подготовительных и нарезных выработок, м³.

Различие содержаний полезного ископаемого в целиках и погашаемых запасах учитывается в тех случаях, когда целики оставляются по площади участка с наименьшим содержанием полезного компонента. Потери и разубоживание руды в приконтактных зонах кровли и почвы следует рассчитывать с использованием рекомендуемого Отраслевой инструкцией коэффициента μ , характеризующего оптимальное соотношение между

элементарными объемами потерь и разубоживания (I и P) на границе оконтуривания [1].

Зависимость μ от приведенного качества теряемой руды (C), оптовой цены (C_o) и себестоимости добычи (C_d) для условий жезказганских рудников выразится:

$$\mu = \frac{C_A}{0,01 \tilde{N}_{i\delta} * \tilde{O}_i * \dot{I} - C_A}. \quad (4)$$

При известном на геолого-маркшейдерских разрезах профиле контакта нормативы потерь и разубоживания рассчитываются после установления контура отработки. Так, если известны размеры рудных и породных интервалов (AB , BC), то контур отработки определяется из соотношения:

$$\dot{A}\dot{A} = \mu \dot{A}\tilde{N} \text{ или } \dot{A}\dot{A} = \dot{A}\tilde{N} \frac{\mu}{1 + \mu},$$

где μ — коэффициент оптимального соотношения между потерями и разубоживанием на контакте.

По контурам отработки определяются площади приконтактных участков потерь и примешиваемых пород. Тогда нормативные потери и разубоживание составят:

$$\dot{I} = \frac{\Sigma S_n * C_h}{S * C} * 100, \quad (5)$$

$$\dot{D} = \frac{\Sigma S_A * \gamma_2 * 100}{(S - \Sigma S_A) \gamma_1 + \Sigma S_A \gamma_2}, \quad (6)$$

где S_h, S_B, S — соответственно площади оставляемой руды, пород и общая площадь панели, м²;

γ_1, γ_2 — объемная плотность руды и примешиваемых пород, г/м³.

При сложности контакта, невозможной к отображению на геолого-маркшейдерских разрезах (статистическая сложность), нормативы следует устанавливать с использованием «зоны контактной неопределенности» t [1]. Величина t определяется путем замера по крупномасштабным геологическим зарисовкам величины вклиниваний и выклиниваний рудного тела.

При значении коэффициента оптимальности $\mu > 1$ отбойку руды, по возможности, следует производить по контуру рудного тела. Смещение контура отработки в этом случае имеет отрицательные экономические последствия. Нормативы потерь и разубоживания руды при этом определяются:

$$\ddot{i} = D = \frac{t}{Qm}, \quad (7)$$

где t — измеряется в сантиметрах;
 m — мощность залежи, м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сб. конструктивных материалов по охране и рациональному использованию полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. С.197.

УДК 622.322.3

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

Критерий оценки эффективных вариантов очистной выемки полезных ископаемых

Критерием оценки экономической эффективности разработки очистного блока является величина прибыли P_p (чистого дохода) в расчете с единицы погашаемых балансовых запасов, тенге/т. [1,2]:

$$P_p - C_u - 3,$$

$$P_p = 0,01 * C (1 - p) I * K_u * C_o - 3 * K_u, \quad (1)$$

где C_u — извлекаемая ценность т добытой руды, тенге;

3 — суммарные затраты на добычу, транспортировку и переработку 1 т рудной массы, тенге;

I — сквозной коэффициент извлечения металла при обогащении и переработке, доли ед.;

K_u — коэффициент извлечения запасов из недр при добыче, доли ед.;

C_o — оптовая цена металла по преЙскуранту цен на готовую продукцию, тенге.

Извлекаемая ценность полиметаллических руд определяется как сумма ценностей отдельных компонентов в рудной массе. Для технико-экономического сравнения достаточно пользоваться приведенным содержанием (пересчет содержаний компонентов на содержание основного компонента — меди, свинца и т.д.).

$$\tilde{N}_{i\delta} = \tilde{N}_1 + \frac{\ddot{O}_2 * \dot{E}_2 * \tilde{N}_2}{\ddot{O}_1 * \dot{E}_1} + \frac{\ddot{O}_3 * \dot{E}_3 * \tilde{N}_3}{\ddot{O}_1 * \dot{E}_1} + \dots + \frac{\ddot{O}_i * \dot{E}_i * \tilde{N}_i}{\ddot{O}_1 * \dot{E}_1},$$

где C_1 — содержание в руде основного компонента, %;

$C_2 \dots C_n$ — содержание сопутствующих компонентов, г/т, кг/т;

C_1, I_1 — отпускная цена и сквозной коэффициент извлечения основного компонента;

$C_2 \dots C_n, I_2 \dots I_n$ — отпускные цены и коэффициенты извлечения сопутствующих компонентов.

Пример расчета приведенного содержания меди при сопутствующих компонентах цинка и свинца. Исходные данные: содержание C_u — 1,5%; Z_u — 0,6%; P_e — 0,5%; отпускные цены C_u — 830 тенге/т; Z_u — 450 тенге/т; P_e — 700 тенге/т; коэффициент извлечения C_u — 0,91; Z_u — 0,75; P_e — 0,80.

$$\tilde{N}_{i\delta} = 1,5 + \frac{450 * 0,75 * 0,6}{830 * 0,91} + \frac{700 * 0,80 * 0,5}{830 * 0,91} = 2,14\%.$$

При оценке эффективности базовой системы разработки (панельно-столбовая) по критерию прибыли (1) следует учитывать эффективность

отработки временно неактивных запасов, к которым относятся часть запасов барьерных целиков (50%), «мосты», в почве, на флангах панели и т.д.

$$P_p = (C_{нвр} - 3_{вр}) * B * K_{вр}, \quad (2)$$

где $C_{нвр}$ — ценность полезного компонента (компонентов), заключенного во временно неактивных запасах, тенге;

$3_{вр}$ — затраты на извлечение запасов, тенге;

B — балансовые запасы панели, т.;

$K_{вр}$ — доля временно неактивных запасов по системе или в панели, доли ед.

Общая эффективность системы разработки с учетом (1) и (2) определяется из выражения

$$\Sigma \dot{I}_{\delta} = (\ddot{O}_{\delta i} - C_i) \dot{A} * \dot{E}_{\delta} + (\ddot{O}_{\delta \Delta o} - C_{\Delta o}) \dot{A} * \dot{E}_{\Delta o}. \quad (3)$$

Сроки погашения основных запасов панели определяются интенсивностью выемки по применяемой системе разработки. Сроки погашения временно неактивных запасов устанавливаются проектом по окончании отработки основных запасов горизонта (залежи) и увязываются с календарным планом работ горизонта (участка). Установленные сроки погашения основных и временно неактивных запасов должны обязательно указываться в проектах и строго соблюдаться.

Запрещаются подработка панелей, камер и выборочная отработка участков залежи, горизонта. В исключительных случаях по согласованию с вышестоящей организацией и органами Госгортехнадзора допускается временно оставлять запасы в панели при условии, что доработка их не повлечет дополнительных потерь и средств на восстановление выработок, коммуникаций и т.д. При экономическом сравнении систем и установлении последствий от потерь и разубоживания фактор времени допускается не учитывать вследствие непродолжительности срока отработки панели (в среднем 4 года). Экономические последствия потерь и разубоживания устанавливаются в соответствии с типовыми методическими указаниями.

Народнохозяйственные последствия потерь определяют изменения совокупного чистого дохода (прибыли) в целом по отрасли, а хозрасчетные — по предприятию. Народнохозяйственные и хозрасчетные интересы по использованию недр не совпадают. Так, например, если разработка месторождения ведется с большими потерями, но с малыми затратами, то предприятие получает определенный экономический эффект, хотя народное хозяйство ощущает ущерб от оставленных запасов. Ущерб этот выражается в том,

что народное хозяйство (отрасль) вынуждено разрабатывать месторождения с менее благоприятными условиями и восполнять издержки производства дотационными отчислениями.

Экономические последствия от потерь полезного ископаемого определяются путем сопоставления ценности потерянного ископаемого и получаемого при этом возмещения на добытую часть запасов за счет относительно низкой себестоимости добычи [2,3]. В общем виде последствия от потерь определяются по формуле

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{U}_n - B_n, \quad (4)$$

где \mathcal{U}_n — ценность потерянного полезного ископаемого, тенге;

B_n — сумма возмещения на добытую часть запасов, получаемого за потери, тенге.

При $\mathcal{E}_n > 0$ последствия выражают экономический ущерб от допущенных потерь. При $\mathcal{E}_n < 0$ последствия выражают экономический эффект от допущенных потерь руды.

При оценке уровня потерь руды по сравниваемым вариантам разработки экономические последствия определяются на разницу потерь (при условии, что вариантами обеспечивается неодинаковый уровень извлечения). Так, разницу в потерях между панельно-столбовой системой разработки и системой с закладкой с коэффициентами извлечения соответственно K_{u1} и K_{u2} можно выразить формулой

$$B_n = B(1 - K_{u1}) - B(1 - K_{u2}) = B(K_{u2} - K_{u1}).$$

Экономические последствия от превышения величины потерь при панельно-столбовой системе по сравнению с системой закладки (т.е. $K_{u2} > K_{u1}$) можно выразить в соответствии с (4)

$$\mathcal{E}_n = B(K_{u2} - K_{u1}) \mathcal{U}_{n1} - BK_{u1} \mathcal{E}_n. \quad (5)$$

Экономические последствия от потерь 1т запасов \mathcal{E}_n определяются разделением выражения (5) на $B_n = B(K_{u2} - K_{u1})$, т.е.

$$\dot{\mathcal{Y}}_n = \frac{\dot{\mathcal{Y}}_n}{\dot{A}_n} = \dot{\mathcal{O}}_n - \hat{a}_n \frac{\dot{E}_{\rho 1}}{\dot{E}_{\rho 2} - \dot{E}_{\rho 1}}. \quad (6)$$

На каждый процент дополнительных потерь размер экономических последствий будет равен

$$\dot{\mathcal{Y}}_n = 0,01 \dot{A} (\dot{\mathcal{O}}_{n1} - \hat{a}_n \frac{\dot{E}_{\rho 1}}{\dot{E}_{\rho 2} - \dot{E}_{\rho 1}}).$$

Величиной экономических последствий потерь 1т балансовых запасов \mathcal{E}_n (6) следует пользоваться как

основным показателем обоснования потерь при добыче, если удельные капитальные затраты по сравниваемым вариантам будут равны или отличаться незначительно (10-15%). Величина \mathcal{U}_n до установления по отрасли замыкающих затрат, определяется через оптовую цену конечной продукции по формуле

$$\mathcal{U}_n = \mathcal{U}_o * I - C_{\sigma 1} \quad (7)$$

или

$$\mathcal{U}_{n1} = 0,01 C_{\text{Пр}} * \mathcal{U}_o - C_{\sigma 1},$$

где $C_{\text{Пр}}$ — приведенное содержание металла в потерянных запасах, %;

\mathcal{U}_o — валовая ценность 1т балансовых запасов, тенге;

C_{σ} — суммарные затраты по варианту на добычу, транспортировку и переработку погашенных запасов, тенге/т;

I — сквозной коэффициент извлечения, доли ед.

На величину потерянной ценности \mathcal{U}_n влияние оказывают и отчисления за геологоразведочные работы.

Поэтому формулу (7) следует представить в виде:

$$\mathcal{U}_{n1} = \mathcal{U}_o * I_1 + C_p + C_{\sigma 1}, \quad (8)$$

где C_p — часть затрат на геологоразведочные работы, приходящихся на 1т балансовых запасов участка, тенге.

В случае потерь руды без экономического возмещения, (т.е. отсутствуют виды возмещения снижением себестоимости добычи, транспортировки и т.д.) расчет экономического ущерба от потерь 1т запасов производится по (7). При этом $\mathcal{E}_n = \mathcal{U}_{n1}$. В суммарных затратах (C_{σ}) учитываются по стадиям лишь предстоящие затраты на потерянную руду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сб. конструктивных материалов по охране и рациональному использованию полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. С. 197.
2. Сб. руководящих материалов по охране недр. М.: Недра, 1977. С. 329.

УДК 321.10.11

М.Б. БАИЗБАЕВ

Определение предельной глубины открытых горных работ

Месторождения полезных ископаемых в зависимости от условий залегания могут разрабатываться открытым способом, комбинированным — открыто-подземным способом либо последовательно — часть месторождения может обрабатываться открытым способом, а остальная часть — подземным. В таких случаях возникает задача выбора способа разработки или нахождения экономически целесообразной границы между открытыми и подземными работами. Определение границы между открытыми и подземными работами может осуществляться различными методами. Так, например, при проектировании месторождения применяются следующие методы определения границы открытых и подземных горных работ.

При этом должны учитываться естественные и организационно-технические условия разработки, качество добываемой руды или рудной массы, потери при разработке, возможность достижения тех или иных экономических результатов. Одним из способов определения границ является метод вариантов на основании граничного коэффициента вскрыши. С изменением коэффициента вскрыши изменяется приходящаяся на единицу добываемого полезного ископаемого стоимость погашения вскрышных работ. Поэтому полная стоимость 1 т или 1 м³ полезного ископаемого, добытого открытым способом, может быть представлена в виде [1]:

$$a_0 = a + b n_1, \quad (1)$$

где a — стоимость добычи 1 т или 1 м³ полезного ископаемого без учета расходов по вскрыше;
 b — стоимость вскрыши пустой породы за 1 т или 1 м³;
 n_1 — промышленный коэффициент вскрыши.

Распространенным методом определения предельной глубины открытых горных работ является аналитический метод. В современных условиях при принятии основных технологических решений более актуально использовать в качестве критерия «прибыль», получаемую от реализации этих решений. Здесь следует учитывать ценность руды, зависящую от содержания металла и его цены. Но если ограничиться учетом ценностей руды в недрах, то конечный результат практически не меняется, поэтому надо учитывать извлекаемую ценность рудной массы, зависящую от способа добычи. При этом прибыль для каждого способа горных работ устанавливается как разница между соответствующей извлекаемой ценностью и затратами на добычу [2].

При практически одинаковых потерях, но разном качестве добываемой руды для сравнительной оценки открытой и подземной разработки необходимо учесть производственные затраты не только по добыче, но и по переработке руды. Когда существенно различается как качество добываемой руды при сравниваемых способах разработки, так и величина потерь, в таком случае, кроме сравнения производственных затрат при добыче и переработке руды, показателем экономичности будет сравнительная рентабельность разработки промышленных запасов или прибыль.

Вместе с тем на практике всегда существовало стремление к дальнейшему увеличению конечной глубины карьеров. С этой целью при расчетах

граничного коэффициента вскрыши неоднократно предлагалось учитывать ряд дополнительных факторов: мощность наносов, разработка которых дешевле скальных вскрышных пород (А.С. Фиделев и др.); попутную добычу полезного ископаемого, которую можно реализовать для полезного использования (В.В. Ржевский); особенности месторождений нагорного типа, когда затраты на открытую добычу практически не зависят от глубины карьера (К. Н. Трубецкой и др.).

Стремление к увеличению глубины открытых горных работ естественно, особенно для карьеров, приближающихся к своим проектным контурам. Обычно это связано с проблемой дальнейшего функционирования предприятия в условиях отставания в связи со строительством подземного рудника. К тому же в процессе эксплуатации месторождения могут быть обнаружены новые, а также включены в разработку ранее не учтенные запасы руды, пригодные для открытой добычи.

Решающими в вопросе дальнейшего расширения границ карьера, как правило, являются факторы дефицита времени и средств на строительство подземного рудника. В таком случае при принятии решения о дальнейшем расширении границ открытых горных работ практически отказываются от первоначально принятого принципа равенства себестоимости добычи открытым способом. Для обоснования целесообразности дальнейшего углубления конкретного карьера, как правило, изыскиваются доводы, базирующиеся на диверсификации горного производства. Но, тем не менее, объективно с глубиной открытых работ нарастают проблемы снижения устойчивости бортов карьеров, вентиляции карьерного пространства, транспортирования минеральных и других отходов горного производства.

Крутопадающие залежи полезного ископаемого обычно распространяются на большую глубину, и разработка их только открытым способом не всегда возможна и экономически целесообразна. Поэтому такие месторождения разрабатываются открытым и подземным способами. Глубина карьера принимается, исходя из значения граничного коэффициента вскрыши и предельно допустимых углов наклона нерабочих бортов.

При аналитическом методе сравнительная экономичность открытых и подземных работ может производиться при условии практически одинаковой величины качественных и количественных потерь руды при добыче, при разном качестве добываемой руды, при разном коэффициенте извлечения запасов. При одинаковой величине качественных и количественных потерь руды при добыче должны учитываться суммарные производственные расходы за весь период при разработке всего запаса подземным и открытым способами. Экономичность того или иного способа определяется, как разность сумм производственных расходов при открытых и подземных работах из следующего выражения [1]:

$$S = S_I - S_{II} = k \cdot A (c - a) - B \cdot b, \quad (2)$$

где S_I, S_{II} — суммарные производственные расходы

соответственно при подземной и открытой разработке месторождений;
 k — коэффициент извлечения руды при разработке;
 A — промышленный запас полезного ископаемого для открытых работ;
 c, a — стоимость добычи руды соответственно подземным и открытым способами;
 B — суммарный объем пустых пород, которые должны быть сняты для выемки промышленного запаса A открытыми работами;
 b — стоимость вскрышных работ.

Очевидно, если величина S положительная, открытые работы целесообразнее подземных и наоборот.

Сравнительная экономичность открытого и подземного способов разработки при разном качестве добываемой руды определяется на основе производственного цикла, состоящего из добычи руды, обогащения и металлургического передела:

$$U = \alpha \cdot e \cdot \varepsilon_k / 100^2 \cdot \beta \cdot f_M + t_K + c + f_K + t_P, \quad (3)$$

где α — содержание полезного компонента в массиве, %;
 $e = \alpha' / \alpha$ — показатель извлечения качества (отношение качества добытой руды к качеству руды промышленного запаса), %;
 α' — содержание полезного компонента в выданной руде, %;
 β — содержание полезного компонента в концентрате, %;
 ε_k — извлечение полезного компонента из руды в концентрат, %;
 c — себестоимость добычи 1 т руды;
 f_K — стоимость транспорта 1 т концентрата до завода;
 f_M — стоимость металлургической или химической переработки 1 т руды или концентрата (исходного материала);
 t_P — стоимость транспорта 1 т руды с рудника до обогатительной фабрики или завода;
 t_K — стоимость переработки 1 т руды на обогатительной фабрике.

Показателем рентабельности промышленного использования руды по всему производственному циклу является:

$$d = V - U, \quad (4)$$

где d — показатель рентабельности использования 1 т добытой руды;
 V — показатель извлекаемой ценности 1 т руды;
 U — производственные расходы по всему циклу, отнесенные к 1 т руды (включая добычу и переработку).

Показателем рентабельности получения промышленной продукции из руды на данном предприятии может служить разность между ценой продукции P и ее себестоимостью C , отражающая величину промышленного накопления по отношению к единице получаемой продукции:

$$d = P - C. \quad (5)$$

Аналитический метод определения границы открытых горных работ для крутопадающих месторождений имеет свои особенности. Этот метод требует установления функциональных зависимостей, притом могущих считаться непрерывными в достаточно больших пределах изменения искомой величины. Поэтому метод применим при условии сравнительно правильного залегания месторождения и спокойного рельефа поверхности. Пределы допустимости метода можно расширить, если определять границу открытых работ для каждого отдельного поперечного разреза, учитывая разную мощность рудного тела и покрывающих пород и изменения угла падения. Однако для коротких и глубоких карьеров такой метод даст ошибку из-за неучета объема вскрыши в торцах карьера.

В связи с этим мы рассмотрим здесь определение границы открытых работ по поперечным разрезам, что применимо для карьеров достаточно большой длины, и определение глубины коротких замкнутых карьеров. Для месторождений с неправильным залеганием рудных тел с резко изменяющимися мощностью и углом падения, аналитическую зависимость для геометрических величин установить весьма сложно и она будет настолько условной, что применение аналитического метода теряет смысл. В таких случаях лучше пользоваться методом вариантов.

Стоимостные показатели принимаются как постоянные, средние для всего карьера величины. В действительности они изменяются в зависимости от глубины разработки, однако правильность определения границы открытых работ в большей степени будет зависеть от того, насколько удачно будут выбраны или подсчитаны абсолютные величины стоимостей, чем от их изменения с глубиной. Сравнительная экономичность открытой и подземной разработки промышленного запаса A определяется общим выражением:

$$S = A s - B b, \quad (6)$$

где A — запас руды для открытой разработки;
 B — соответствующий этому объем работ по вскрыше;
 b — стоимость единицы объема вскрышных работ.

На рисунке показан общий случай крутого падения, когда вскрываться должна порода и со стороны висячего, и со стороны лежащего боков, причем β и γ представляют собой не углы откоса уступов, а средние углы откоса бортов карьера с учетом берм. Последнее принято с целью избежать усложнения вида уравнений, причем средние углы откоса карьера β и γ могут быть вычислены из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{d + H \cdot \operatorname{ctg} \beta_1}, \quad (7)$$

где H — высота уступа, м;
 d — ширина бермы;
 β_1 — угол откоса уступа, град.

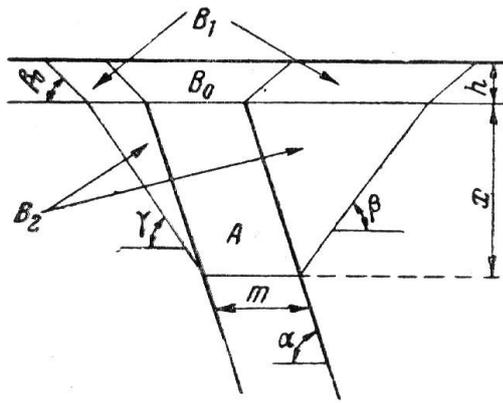


Схема для определения глубины открытых работ при крутом падении: x — искомая глубина открытых работ, которую условимся от отметки поверхности рудного тела под наносами, м; m — горизонтальная мощность залежи, м; h — вертикальная мощность наноса, м; α — угол падения залежи, град; β и γ — средние углы откоса бортов карьера (с учетом берма), град; β_0 — угол откоса карьера и наноса, град; A — запас полезного ископаемого для открытых работ в данном

поперечном разрезе, т.е. на 1 пог. м длины по простиранию, по глубине разработки x (или $x + h$ от поверхности), м³

Сравнительная экономичность открытых работ будет максимальной, когда производная функции равна нулю, т.е.:

$$\frac{dS}{dx} = m \cdot s - b \cdot (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma) \cdot x - b' \cdot h (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma) = 0. \quad (8)$$

Таким образом, предельную глубину открытых горных работ при комбинированной разработке рудных месторождений можно устанавливать на основании граничного коэффициента вскрыши. Распространенным методом определения предельной глубины открытых горных работ является также аналитический метод. В качестве критерия оценки экономичности того или иного способа принята «прибыль». При оценке вариантов разработки месторождения должны учитываться качество добываемой руды и производственные затраты не только по добыче, но и по переработке руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городецкий П.И. Проектирование горнорудных предприятий. М.: Металлургиздат, 1949.
2. Ломоносов Г.Г., Манкевич В.В., Кебеде Ч.Д. О принципах разграничения карьерного и шахтного полей при комбинированной разработке рудных месторождений // Горный журнал. 2003. №9. С.22-25.

УДК 532.529

Ш.А. ТУЛЕГЕНОВ

Гидравлическое сопротивление безнапорного аэрированного потока в закрытом водоводе

При движении водного потока при скорости больше некоторого значения в водопропускных и водосбросных гидротехнических сооружениях имеет место явление аэрации, которая изменяет структуру потока, ставит под сомнение надёжность известных формул гидравлики. В настоящее время вопросы движения аэрированных потоков в безнапорных водоводах остаются ещё до конца неразрешёнными. В данной работе на основе теоретических и экспериментальных исследований предложена зависимость для определения гидравлического сопротивления аэрированного потока.

Аэрированный поток (рис. 1) представляем состоящим из двух областей (слоёв): нижний слой высотой H — область потока водовоздушной (водно-пузырьковой) смеси, в которой количество водной фазы преобладает над количеством несомой — воздушной фазы и в которой жидкой фазе присуща решающая роль в передаче напряжений от слоя к слою; верхний слой высотой h'_k — эта область воздушно-водной (воздушно-капельной) смеси, в которой количество воздушной фазы преобладает над количеством жидкой фазы. При этом в качестве поверхности раздела (свободной поверхности водовоздушного или нижней границей воздушно-водного потоков) между этими областями принимается поверхность с 50% объёмной концентрацией воздушной (водной) фазы. Такая условность приводит к практически вполне приемлемым результатам.

Одно из оснований для такого выделения границы — это то, что при содержании воздуха менее 45-50% в

смеси «вода — воздух» осуществляется гидростатическая передача давления воды по глубине — свойство, характерное именно для жидкости. Для нашей задачи такой выбор положения условной границы важен потому, что в силу достаточной симметрии эпюры воздухоудержания потока по отношению к этой границе (объёмные расходы воды и воздуха по нормали к этой границе равны при любых изменениях толщины аэрированного слоя) представляется возможность использовать уравнение неразрывности для воздушного и водного потоков, не нарушая баланс скоростей и расходов.

Выделим часть аэрированного потока элементарной длины Δl , ограниченную сечениями 1-1 и 2-2. Ось x направим по течению жидкости в русле, допуская, что движение жидкости на элементарной длине Δl равномерное, сумму проекций всех внешних сил на ось x приравняем нулю. Рассмотрим силы, действующие на выделенную часть аэрированного потока.

А. Собственный вес выделенного отсека G . Принимая во внимание симметричность эпюры воздухоудержания (водосодержания) относительно поверхности с концентрацией 0,5:

$$G = \omega_w \Delta l \gamma_w^o,$$

где ω_w — площадь живого сечения водовоздушного слоя;

γ_w^o — удельный вес воды.

Проекция G на ось x равна:

$$G_x = \omega_w \Delta l \gamma_w^o i, \quad (1)$$

где $i = \sin \Theta$ — уклон русла, который при равномерном движении потока равен гидравлическому уклону.

Б. Силы давления P_1 и P_2 на торцевые сечения рассматриваемого отсека. При равномерном движении силы P_1 и P_2 равны по абсолютной величине, противоположны по направлению и могут быть исключены из рассмотрения.

В. Проекция на ось x сил нормального давления на боковую поверхность потока со стороны поверхности русла равна нулю.

Г. Сила трения T_o , приложенная со стороны поверхности русла, направлена против течения и проектируется на ось x без искажения:

$$\dot{O}_i = \tau_i \chi_i \Delta l = \tau_w \chi_w \Delta l + \tau_a \chi_a \Delta l, \quad (2)$$

где τ_w, τ_a — средние напряжения трения по поверхности русла соответственно в водовоздушном и воздушно-водном слоях; χ_w — длина контура поперечного сечения водовоздушного слоя, граничащего с поверхностью русла (для прямоугольного сечения $\chi_w = B + 2H$);

χ_a — длина контура поперечного сечения воздушно-водного слоя, граничащего с поверхностью русла (для прямоугольного сечения $\chi_a = 2h'_k$).

Д. Силы сопротивления, действующие на водные капли со стороны воздушного потока в воздушно-водном слое. В общем случае при движении частицы (водной капли) в газовом потоке на неё действуют силы различной природы [1]. К гидромеханическим силам, обусловленным взаимодействием частиц с воздушным потоком, относятся силы сопротивления давления и трения, силы, возникающие вследствие градиентности воздушного потока (создаваемые продольными и поперечными перепадами давлений и температур), в том числе — инерционные силы, связанные с ускорением или замедлением частицы. К массовым относятся силы, обусловленные внешними физическими полями (гравитационным, электромагнитным, электростатическим и др.), а также силы, действующие на частицы при движении по криволинейным траекториям или при их вращательном движении.

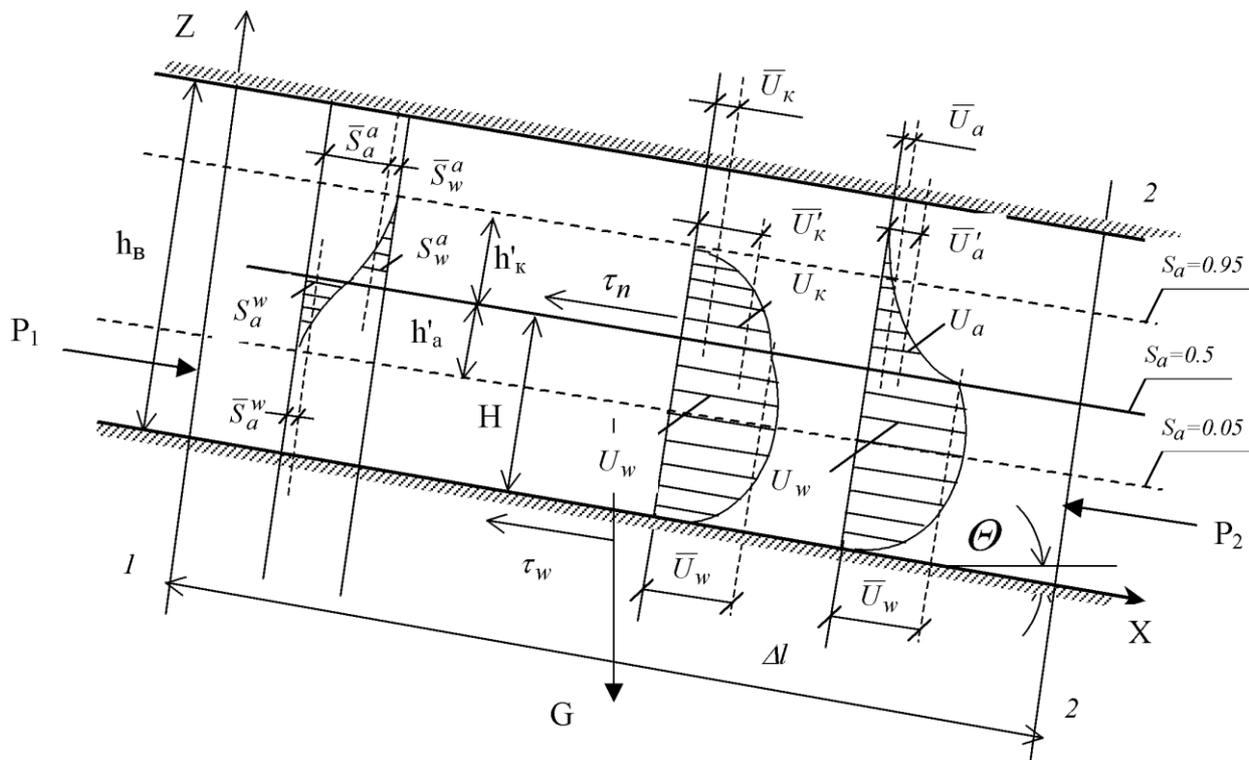


Рис. 1. Расчётная схема

В рассматриваемом случае гидромеханическую природу имеют и силы, связанные с циркуляционными движениями внутри водных капель. Перечисленные силы в общем случае нестационарны, а степень их воздействия на частицу различна и зависит от её относительного размера, структуры потока газа и его режимных параметров. Поэтому в решаемой задаче, основываясь на результатах экспериментальных исследований [2], при оценке влияния воздушного потока на водные капли, принимаем во внимание только силу

аэродинамического сопротивления. Приведенные в литературе сведения о взаимодействии дисперсной и дисперсионной фаз в большинстве случаев относятся к одиночным частицам и для частных случаев.

Сила аэродинамического сопротивления, возникающая при обтекании одиночной водной капли воздушным потоком, равна:

$$F^o = C_\mu^o \rho_a^o \frac{\pi d_y^2}{4} \frac{\Delta U^2}{2}, \quad (3)$$

где C_μ^o — коэффициент сопротивления;
 ρ_a^o — плотность дисперсионной фазы (воздуха);
 ΔU — относительная скорость водной капли и
 воздушного потока;
 d_3 — эквивалентный по объёму капли диаметр
 сферы.

При групповом движении водных капель
 указанная проблема с учётом их дробления, слипания
 и взаимного влияния чрезвычайно усложняется, а
 опытные данные отсутствуют. Кроме того, в реальном
 аэрированном потоке относительная скорость ΔU
 переменна. Водная капля, выброшенная в воздушно-
 водный слой и обтекаемая воздушным потоком,
 тормозится и возвращается в водовоздушный слой,
 потеряв часть своей первоначальной скорости. Тем не
 менее, допускаем, что основные эффекты, имеющие
 место в воздушно-водном слое аэрированного потока,
 описываются формулами, полученными при
 обтекании одиночной частицы, с соответствующими
 поправками.

Используя (3), проекцию на ось x результирующей
 силы, действующей на все частицы (капли)
 выделенного отсека воздушно-водного слоя, можно
 выразить следующей зависимостью:

$$F_x = k \bar{C}_\mu \gamma_a^o \omega_a \Delta l \frac{\bar{S}'_w \Delta \bar{U}^2}{d_y \cdot 2g}, \quad (4)$$

где k — коэффициент пропорциональности,
 включающий постоянные величины и
 учитывающий осреднение рассматриваемых
 характеристик аэрированного потока;

\bar{C}_μ — эквивалентный коэффициент
 сопротивления;

γ_a^o — удельный вес воды;

ω_a — площадь нормального сечения воздушно-
 водного слоя;

$\Delta \bar{U}$ — средняя относительная продольная
 скорость воздушной и водной фаз;

\bar{S}'_w — средняя концентрация водной фазы в
 воздушно-водном слое.

Сумма проекций всех внешних сил на ось x равна:

$$G_x - T_o - F_x = 0. \quad (5)$$

Подставляя в (5) выражения (1), (2), (4), после
 преобразований получим:

$$RJ = \frac{\tau_w}{\gamma_w^o} + \frac{\tau_a}{\gamma_w^o} \frac{\chi_a}{\chi_w} + k \bar{C}_\mu \frac{\gamma_a^o}{\gamma_w^o} \frac{B}{\chi_w} \frac{h'_e}{d_y} \bar{S}'_w \frac{\Delta \bar{U}^2}{2g}, \quad (6)$$

где $R = \omega_w / \chi_w$ — гидравлический радиус
 водовоздушного слоя;

J — гидравлический уклон;

B — ширина воздушно-водного слоя.

Очевидно, второе слагаемое в правой части
 выражения (6) по величине в сравнении с остальными
 незначительно, поэтому им можно пренебречь; тем не
 менее его влияние учитываем коэффициентом k .

Традиционно первое и третье слагаемое в правой
 части зависимости (6) выражаем через коэффициенты
 гидравлического трения и скоростной напор, т.е.

$$RJ = \frac{\lambda_w}{4} \frac{\bar{U}_w^2}{2g} + \frac{\lambda_n}{4} \frac{B}{\chi_w} \frac{\bar{U}_w^2}{2g}, \quad (7)$$

где $\lambda_n = k \bar{C}_\mu \frac{\gamma_a^o}{\gamma_w^o} \bar{S}'_w \frac{h'_e}{d_y} \left(\frac{\Delta \bar{U}}{\bar{U}_w} \right)^2$ — коэффициент

гидравлического трения воздушно-водного слоя;

λ_w — коэффициент гидравлического трения
 водно-воздушного слоя.

Из выражения (7) получим формулу средней
 скорости аэрированного потока:

$$\bar{U}_w = \sqrt{\frac{8g}{\lambda_w + \lambda_n B / \chi_w}} \sqrt{RJ}. \quad (8)$$

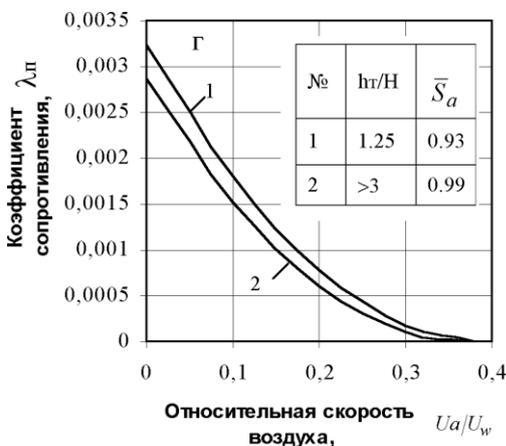
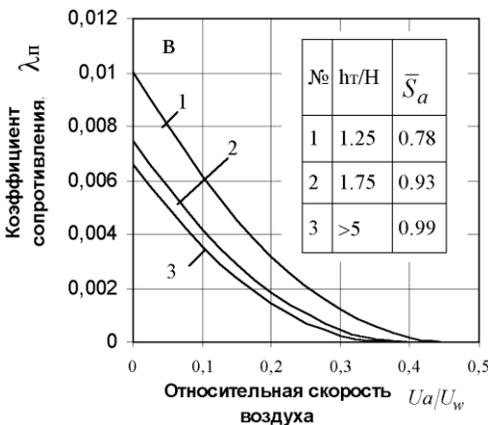
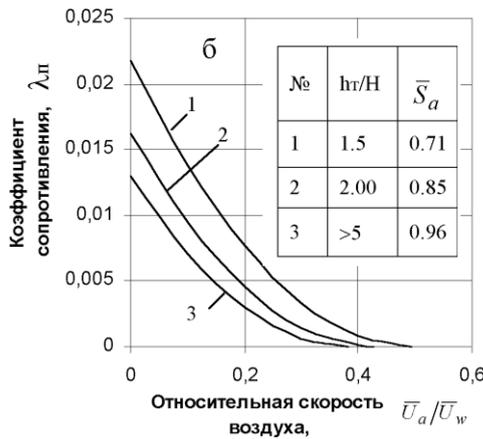
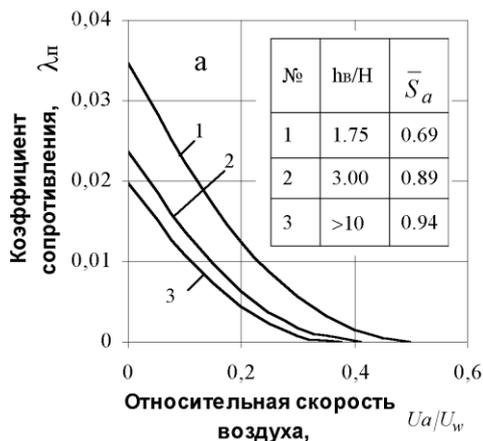
Анализируем величины, входящие в λ_n . Согласно
 формуле Боровкова В.С., величина \bar{S}'_w (2) постоянна.

Действительно,

$$\bar{S}'_w = \int_1^{h_k/H} \left[1 - 0,5 \left(1 + \operatorname{erf} \frac{z/H - 1}{h'_k/H - 1} \right) \right] d \left(\frac{z}{H} \right) = 0,257. \quad (9)$$

Относительная скорость $\Delta \bar{U} = \bar{U}'_e - \bar{U}'_a$,
 представляющая разность скоростей водной и
 воздушной фаз, осреднённых по высоте h'_e ,
 пропорциональна $(\bar{U}'_e - \bar{U}'_a)$ — разности скоростей
 водной и воздушной фаз, осреднённых по высоте $(h_e -$
 $H)$. Средняя скорость капель \bar{U}'_e пропорциональна
 $\bar{U}_w F(\bar{S}'_w^a)$; $F_1(\bar{S}'_w^a)$ — функция, зависящая от
 концентрации водной фазы в надводном пространстве
 высотой $(h_e - H)$. Эквивалентный коэффициент
 сопротивления \bar{C}_μ также зависит от функции $F_1(\bar{S}'_w^a)$.

Вовлечение воздуха в высокоскоростные потоки
 (равно как и высота выбросов водных капель, их
 размеры) определяются главным образом силами
 вязкости и поверхностного натяжения, которому
 соответствует определяющий критерий в виде $\sigma / \mu \bar{U}_w$
 , представляющий комбинацию критериев Вебера и
 Рейнольдса, т.е. значение h'_e / d_y определяется
 функцией $F_2 \sigma / \mu \bar{U}_w$; σ — коэффициент
 поверхностного натяжения; μ — коэффициент
 динамической вязкости воды; \bar{U}_w — скорость водного
 потока. Таким образом, функция, подлежащая
 дальнейшему раскрытию экспериментальным путём,
 имеет вид:



а — $U_w = 22,6$ м/с; б — $U_w = 16,8$ м/с;
в — $U_w = 12,3$ м/с; г — $U_w = 9,1$ м/с

Рис. 2

$$\lambda_n = k \left[1 - \frac{\bar{U}_a}{\bar{U}_w} F_1 \bar{S}_w^a \right]^2 F_2 \left(\frac{\sigma}{\mu \bar{U}_w} \right) \left(\frac{\Delta \bar{U}}{\bar{U}_w} \right)^2 F_3 \bar{S}_w^a \quad (10)$$

На основе экспериментальных исследований автора получена следующая зависимость:

$$\lambda_n = 0,5 \left(1 - \frac{\bar{U}_a}{\bar{U}_w \exp(-\bar{S}_a^a)} \right)^2 \exp \left(-0,4 \frac{\sigma}{\mu \bar{U}_w} \right) \exp -\bar{S}_a^a \quad (11)$$

где $\bar{S}_a^a = 1 - \frac{\bar{S}_w^w}{h_a/\bar{I} - 1}$; \bar{S}_a^a и \bar{S}_w^w — соответственно

осреднённые по высоте надводного пространства ($h_a - H$) и по глубине H концентрации воздушной фазы.

Выражение (11) можно представить в следующем виде:

$$\lambda_n = 0,5 \left(1 - \frac{\bar{U}_a}{\bar{U}_w} \exp \bar{S}_a^a \right)^2 \exp \left[-2 \left(0,2 \frac{\sigma}{\mu \bar{U}_w} + \bar{S}_a^a \right) \right] \quad (12)$$

Из выражения (12) можно получить коэффициент гидравлического сопротивления для открытого потока. Действительно, принимая $\bar{S}_a^a = 1$ при $h_a/\bar{I} \rightarrow \infty$, а на основе экспериментальных

исследований выражение $\frac{\bar{U}_a}{\bar{U}_w} \exp \bar{S}_a^a = 0,272$,

получим:

$$\lambda_n = 0,036 \exp \left(-0,4 \frac{\sigma}{\mu \bar{U}_w} \right) \quad (13)$$

На рис. 2 показаны графики $\lambda_\eta = f(\bar{U}_a/\bar{U}_w)$, построенные по зависимости (12) для закрытых безнапорных трубчатых водоводов. На рис. 3, а — график зависимости $\lambda_\eta = f(\bar{U}_w)$ для открытого потока. Рис. 3,б наглядно иллюстрирует сопоставление расчётных и опытных значений $\lambda_\alpha / \lambda_w$, где $\lambda_\alpha = \lambda_n + \lambda_w$.

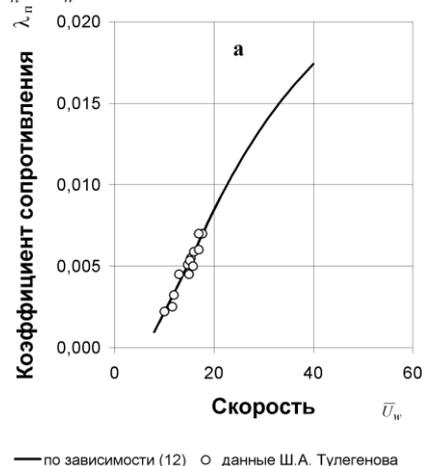
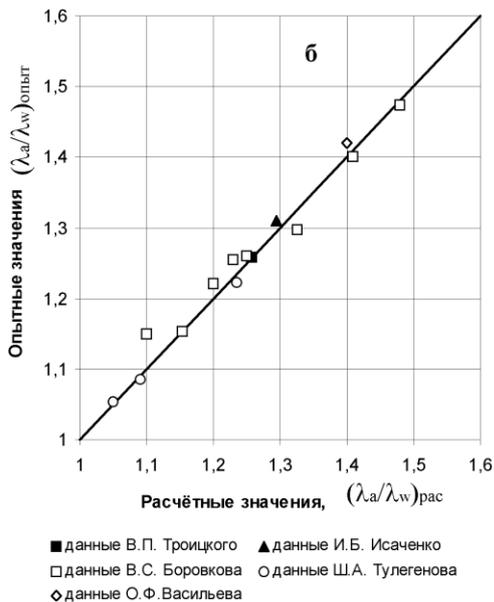


Рис. 3



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дейч М.Е., Филиппов Г.А. Газодинамика двухфазных сред. М.: Энергоиздат, 1981. 472с.
2. Богомолов А.И., Боровков В.С., Майрановский Ф.Г. Высокоскоростные потоки со свободной поверхностью. М.: Стройиздат, 1979. 347с.
3. Лятхер В.М., Прудовский А.М. Гидравлическое моделирование. М.: Энергоатомиздат, 1984. 392с.

УДК 622.02:539.2/8

С.К. ТУТАНОВ

Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг выработки с учетом ползучести и разрушения

Деформационные процессы в массиве вокруг выработки определяются упругостью, ползучестью и разрушением пород. В зависимости от физико-механических и реологических свойств пород разрушение может происходить сразу вслед за образованием выработки или по истечении некоторого времени её эксплуатации. Интенсивность разрушения пород заметно снижается от контура выработки в глубь массива.

Применим описанные в [1-3] методику и программу расчета для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива вокруг одиночной выработки. Вследствие симметрии рассматриваемой области относительно вертикальной и горизонтальной осей сетка конечных элементов построена для одной четверти области.

Рассматриваемый массив моделируется неоднородной вязкоупругой средой. Граничные условия зададим в виде нагрузки γH (где $\gamma=2,5 \cdot 10^4$ Н/м³ — объемный вес пород; $H=400$ м — глубина заложения выработки), приложенной на верхней границе области, и $\lambda \gamma H$ (λ — коэффициент бокового отпора), приложенной на правой границе области. Нижняя и левая границы области имеют нулевые перемещения соответственно в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Рассматриваемая область разбита на 450 треугольных элементов, сочлененных в 256 узлах; выделено 4 типа элементов (рис. 1).

Основными параметрами каждого типа элемента являются упругие характеристики пород: модуль упругости — E , коэффициент Пуассона — ν и параметры ползучести — α , δ . Задача решалась для невесомой плоскости, поэтому объемный вес γ каждого элемента принимался равным нулю.

Значения E и ν для каждого типа элемента приняты следующими:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= 0,62 \cdot 10^4 \text{ МПа}; & \nu_1 &= 0,25; & \alpha_1 &= 0,7; & \delta_1 &= 0,0094 \text{ с}^{-0,3}; \\
 E_2 &= 1,34 \cdot 10^4 \text{ МПа}; & \nu_2 &= 0,25; & \alpha_2 &= 0,7; & \delta_2 &= 0,008 \text{ с}^{-0,3}; \\
 E_3 &= 2,95 \cdot 10^4 \text{ МПа}; & \nu_3 &= 0,2; & \alpha_3 &= 0,7; & \delta_3 &= 0,0021 \text{ с}^{-0,3}; \\
 E_4 &= 3,19 \cdot 10^4 \text{ МПа}; & \nu_4 &= 0,2; & \alpha_4 &= 0,7; & \delta_4 &= 0,0018 \text{ с}^{-0,3}.
 \end{aligned}$$

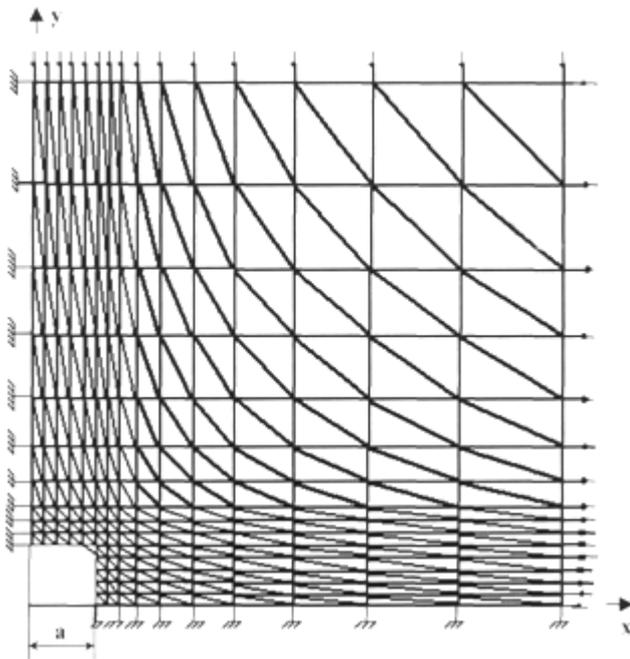


Рис. 1. Конечноэлементная аппроксимация области

В качестве ядра ползучести в физических уравнениях выбрано ядро Абеля

$$L(t, \tau) = \delta(t - \tau)^{-\alpha}, \quad (1)$$

где α, δ — параметры ползучести.

Разрушение массива горных пород вокруг выработки учитывается с использованием критерия максимальных растягивающих напряжений. Допускаемые значения растягивающих напряжений $[\sigma_p]$ для каждого типа элементов приняты следующими:

$$[\sigma_p]^1 = 0,15 \text{ МПа}, [\sigma_p]^2 = 0,2 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_p]^3 = 0,25 \text{ МПа}, [\sigma_p]^4 = 0,3 \text{ МПа}.$$

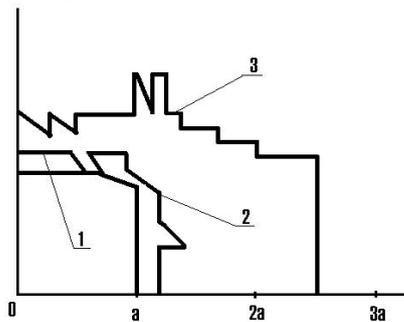


Рис. 2 Разрушение массива во времени

На рис. 2 показаны стадии разрушения массива горных пород вокруг выработки, определённые в результате решения задачи. Цифры 1,2,3 означают разрушение массива во времени соответственно при $t=0, t=40 \text{ ч}, t=120 \text{ ч}$.

Как видим, начало разрушения приурочено к кровле выработки, затем оно распространяется в бока. В дальнейшем интенсивное разрушение происходит также со стороны боков выработки. Очевидно, это связано с тем, что в расчетах принято $\lambda < 1$. В данном примере разрушенные элементы не исключались из последующего рассмотрения, а «разрыхлялись», то

есть уменьшались их модули упругости и увеличивались коэффициенты Пуассона.

Характер распределения вертикальных и горизонтальных напряжений во времени, в результате разрушения и снижения упругих свойств элементов изменяется, причем только у контура выработки. В глубине массива эти изменения незначительны.

Смещения контура выработки вследствие ползучести и разрушения имеют скачкообразный характер (рис.3). Скачки на графике соответствуют моменту разрушения элементов.

$$\frac{v}{h}, \frac{u}{h}, \%$$

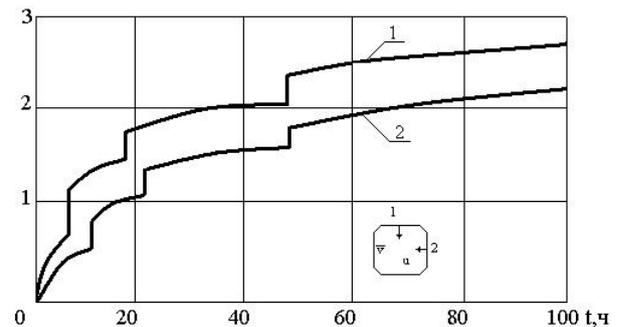


Рис. 3. Смещения точек выработки

Таким образом, получены область разрушения и смещения точек выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Векслер Ю.А. и др. Методика расчета зон предельно-напряженного состояния массива горных пород вокруг очистного забоя и уточнение силовых параметров механизированных крепей для конкретных горно-геологических условий методом конечных элементов с учетом ползучести и разрушения. Караганда, 1987. 53 с.
2. Veksler Yu.A., Tutanov S.K. Static stress and deformation analysis by finite element method. Int. J. Of Rock Mech. And Mining sci. A Survey of Computer Programs in Rock Mechanics Research and Engineering Practice. Vol. 25. № 4, August, 1988. P. 215.
3. Тутанов С.Қ. Геомеханикалық процестердің заңдылықтарын болжау негізінде жерасты қазбаларының орнықтылығын басқару. Қарағанды: ҚарМТУ, 2001. 133 б.

Раздел 3

Машиностроение. Металлургия

УДК 004.9:681.518.25:621

*Г.Г. ПИВЕНЬ
И.П. ПАДИАРОВА
А.П. ИЩЕНКО
О.Г. САВЧАК
А.Б. КЛОК*

Функциональные модели информационной системы управления машиностроением

На современном этапе машиностроительная отрасль республики характеризуется сложной системой связей как производственного, так и финансового характера, многопрофильностью входящих предприятий, их пространственной удаленностью и различным производственным потенциалом.

Для создания отрасли высокотехнологичного машиностроения, ориентированного на общую стратегию развития республики [1, 2], необходимы координирующие действия со стороны государства, эффективность которых будет определяться постоянством и быстротой информационного взаимодействия всех заинтересованных сторон в условиях динамично изменяющейся внешней среды.

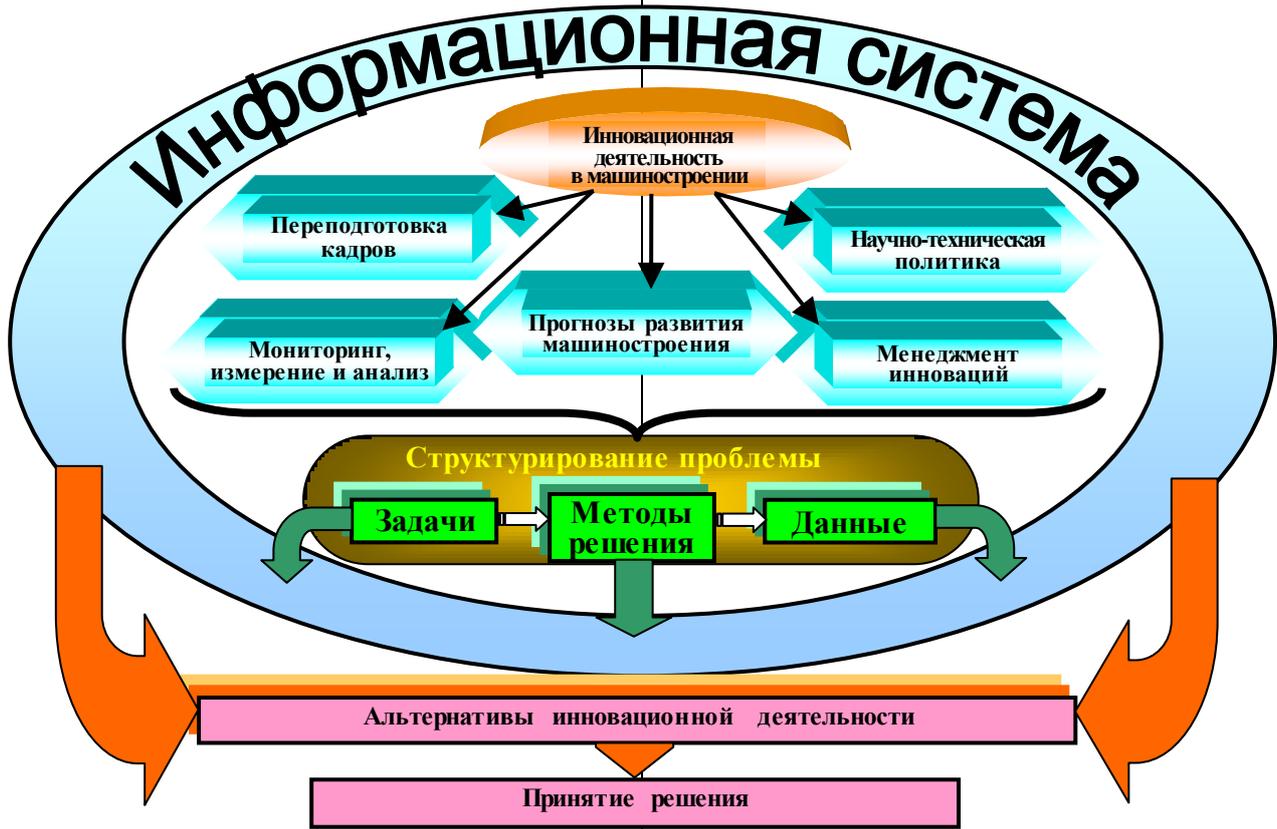
Современное состояние связей в системе «государство — машиностроительная отрасль — потребитель» характеризуется недостаточным обменом информацией между элементами системы, ее фрагментарностью, неполнотой и дублированием данных, зачастую содержащих противоречивую и недостоверную информацию, несвоевременностью поступления информации, а в ряде случаев невозможностью её получения. Все это снижает эффективность координации действий, затрудняет анализ исходной информации и служит источником

принятия ошибочных управленческих решений на различных уровнях. Решение данной проблемы возможно только при соответствующем научно-техническом обеспечении в рамках информационной системы, концепция которого на примере инновационной деятельности в машиностроении представлена на рис. 1.

Поэтому построение единой системы информационного обеспечения органов государственного управления в области машиностроения является важным фактором успеха, одним из ключевых моментов реализации стратегии развития отрасли.

В состав информационных систем, как правило, входят две относительно независимые составляющие: компьютерная инфраструктура и взаимосвязанные функциональные подсистемы, обеспечивающие решение определенного круга задач. Вторая составляющая относится к прикладной области, зависит от специфики целей и задач и является наиболее важной. Качество решения прикладных задач и эффективность системы определяются данной подсистемой.

Известны два основных подхода к проектированию функциональной составляющей информационных систем



управления, а именно структурный и процессный [3].

Рис. 1. Концепция научно-технического обеспечения инновационной деятельности в машиностроении

На основании обзора аналитической информации об опыте создания информационных систем установлено, что процессный подход на настоящий момент считается более перспективным. Процессы деятельности, в отличие от организационной структуры, меняются реже и их обычно не более десяти.

Основные процессы деятельности в системе «государство — машиностроительные предприятия — потребитель» выявлены на основе анализа стратегии развития экономики Республики Казахстан на период до 2030 года, а также результатов систематизации целей и задач «Стратегии индустриально-инновационного развития», результатов исследований в области особенностей построения постиндустриального общества и разработок в области развития машиностроения Республики Казахстан на период до 2030 года, выполненных Научно-исследовательским центром по прогнозированию машиностроения.

Основное направление деятельности государства — создание инновационной среды, которое предусматривает: создание инвестиционного климата, благоприятного для кредитования инвестиционных проектов; создание или развитие институтов инноваций; развитие науки и образования; формирование селективной научно-технической политики; выявление сравнительных преимуществ страны. Материальная основа трансформации экономики — эффективная система ресурсообеспечения, построенная на принципах,

стимулирующих вложение капитала в инновационные проекты, и представляющая собой совокупность льгот и преференций, регулирующих взаимодействие субъектов инновационного процесса.

Обобщением представленных результатов установлено, что система государственного управления в условиях рыночной экономики нацелена на регулирование отношений между субъектами путем построения **мотивационных механизмов**. Основу системы построения мотивационных механизмов составляют следующие процессы деятельности, а в терминах информационных систем — **базовые технологии**:

- инновационная деятельность;
- фискальная деятельность;
- инвестиционная деятельность;
- социальная деятельность.

В общем виде реализация базовых технологий сопряжена со сбором и обработкой информации, построением прогнозов и планированием, разработкой программы действий, нормативной поддержкой и выделением ресурсов. Каждый этап базовой технологии представляет собой определенный упорядоченный набор действий, из чего следует, что базовые технологии реализуются с использованием функциональных модулей, получивших название «общие технологии». Общие технологии описывают законченный процесс, который повторяется не менее чем в двух базовых технологиях, и существует только совместно с ними.

Общие технологии, являющиеся неотъемлемыми частями базовых, это:

- маркетинг (выработка предложений для принятия решений);
- разработка программ (систематизация документооборота и контроль над их разработкой и движением);
- законодательно-нормативная деятельность (систематизация документооборота и контроль над их разработкой и движением);
- финансирование (систематизация документооборота и контроль над движением денежных средств).

Взаимодействие базовых технологий процесса деятельности государства с общими представлено на рис. 2. Из рисунка видно, что базовые технологии включают не менее одной общей технологии. Стрелки указывают на те базовые технологии, в процессе выполнения которых непременно используется данная общая технология.

Представленные процессы деятельности государства по управлению машиностроительной отраслью целесообразно положить в основу создания соответствующей системы информационного обеспечения для целевого управления развитием машиностроения.

Основная цель создания информационной системы — обеспечение принятия решений для реализации стратегии развития машиностроительной отрасли, что означает получение для дальнейшей обработки необходимой информации в нужное время, в нужном виде, в конкретном месте компьютерной сети.

Основной упор в развитии машиностроения сделан на инновационную деятельность, функционально-информационная модель которой представлена на рис. 3.

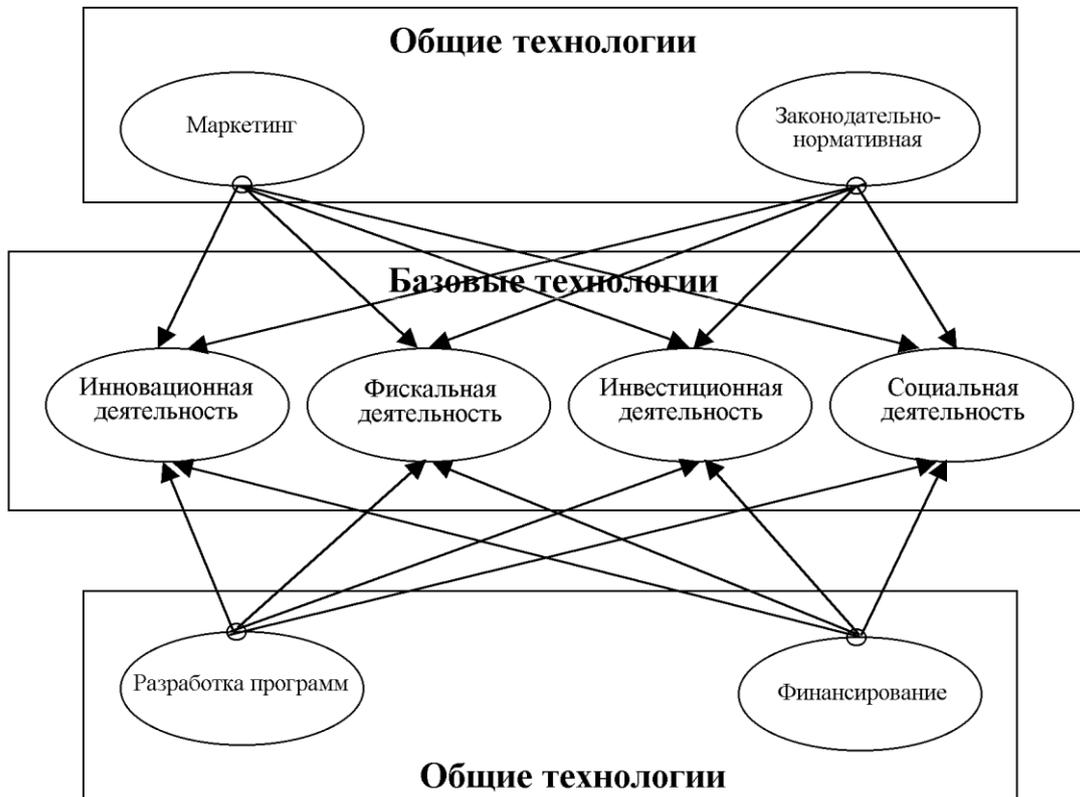


Рис. 2. Взаимодействие базовых и общих технологий деятельности государства в области машиностроения

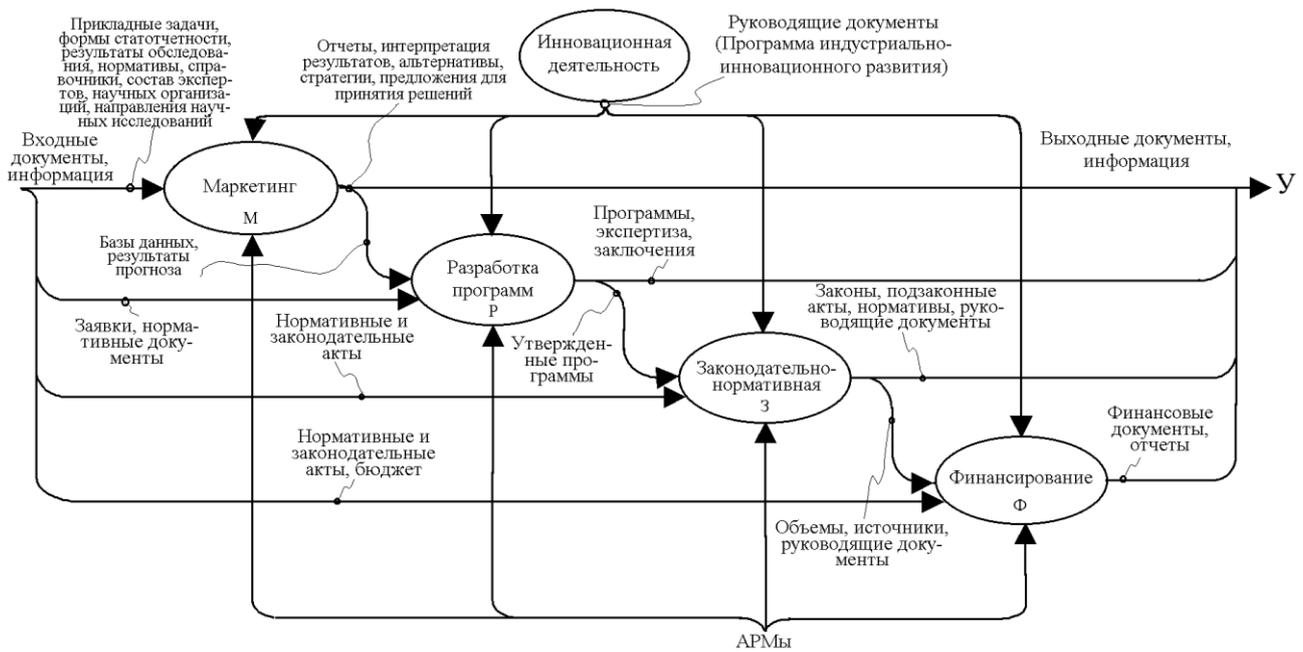


Рис. 3. Функционально-информационная модель базой технологии «Иновационная деятельность»

Наиболее существенным элементом в ней, с точки зрения достижения поставленной цели, является **маркетинг**, состоящий из трех функциональных модулей, выделенных по результатам совместного анализа собственно технологий маркетинга, прогнозирования и теории принятия решений (рис. 4).

Таким образом, в результате выполненных исследований разработаны модели функциональных подсистем верхних уровней информационной

системы для органов государственного управления РК, которые могут быть положены в основу ее дальнейшей разработки и наполнения прикладными задачами. **С учетом того, что аналогов отраслевых информационных систем не существует, многие прикладные задачи будут уникальными, для решения которых потребуется разработка соответствующих методик.**

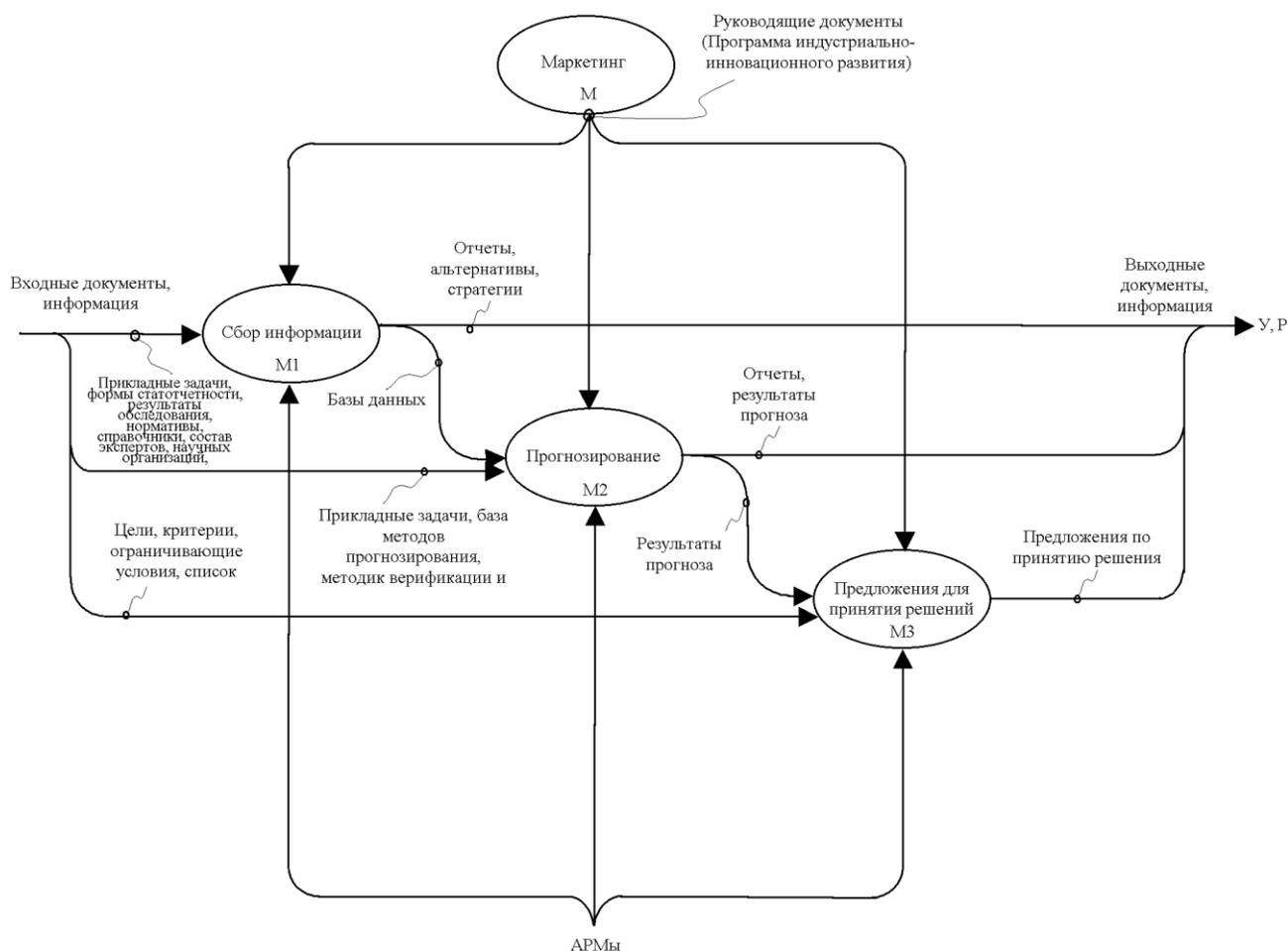


Рис. 4. Функционально-информационная модель маркетинга

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назарбаев Н.: Казахстан — 2030: Послание Президента страны народу Казахстана. Алматы: Білім, 1997. 176с.
2. Стратегия индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003-2015гг.: Указ Президента Республики Казахстан от 17 мая 2003 г. №1096.
3. Ивлев В., Попов Т. Два подхода к проектированию информационных систем — <http://www.user.cituline.ru/~anatech>

УДК 621.791.357

В.Ф. ШВОЕВ
М.Р. СИХИМБАЕВ
О.П. МУРАВЬЕВ
Г.А. БАЙЖАБАГИНОВА

Исследование зависимости тангенциальных остаточных напряжений при электроконтактной обработке

Остаточные напряжения оказывают большое влияние на эксплуатационные характеристики деталей горного оборудования [1].

Исследование тангенциальных остаточных напряжений проводилось на образцах-кольцах ($D_n = 143-145$ мм, $D_b = 138-140$ мм, $L = 27-29$ мм), обработанных электроконтактным методом, диском из стали 3. Предварительно разрезанное кольцо покрывалось парафином, за исключением обработанной поверхности. Затем кольцо опускалось в ванну с электролитом следующего состава: 60-65 % ортофосфорной кислоты, 0,5 % хромового ангидрида, 15-20 % серной кислоты, 7 % глицерина, 0,5 % сернистого железа, остальное — вода.

Установка для исследования остаточных напряжений при электроконтактной обработке (ЭКО)

включает в себя: кольцо, установленное в лапке, и держатель. Держатель закрепляется в корпусе, который помещен в ванночку с электролитом. Внутренняя цилиндрическая поверхность корпуса является катодом, а держатель, связанный с одной из токопроводящих штанг — анодом.

В процессе электрополирования вследствие удаления «напряженных» слоев с поверхности происходит деформация кольца. При растягивающих напряжениях произойдет увеличение, при сжимающих — уменьшение разреза, что вызовет изменение диаметра кольца после разрезки, которое фиксируется индикатором ИЗВ-1.

Тангенциальные остаточные напряжения определяются по формуле [2]:

$$\sigma_r = \frac{E \cdot a^2 \cdot \alpha}{3(D-a)^2} \cdot \frac{dD}{da}, \quad \text{ГПа} \quad (1)$$

где E — модуль упругости испытуемого материала, $E = 208000$ МПа;
 D — диаметр кольца, мм;
 a — толщина стенки, мм;
 α — коэффициент, учитывающий невозможность искривления стенок кольца в осевой плоскости;
 $\frac{dD}{da}$ — тангенс угла касательной к кривой
 $\Delta D = f(da)$.

Данные значения необходимы были для получения зависимости изменения толщины кольца Δa от

времени электрополирования $T_{мин}$ на неразрезанных кольцах

Из результатов исследования, по которым построены эпюры остаточных тангенциальных напряжений (см. рис.), следует, что величина растягивающих остаточных напряжений при ЭКО находится в пределах 18,3-688 МПа. На образцах, имеющих $\sigma_{rmax} = 688$ МПа, имеются небольшие микротрещины, т.к. $\sigma_r \geq \sigma_{стали110Г13Л}$.

Сжимающих остаточных напряжений не наблюдалось, что, очевидно, объясняется тем, что они лежат на большой глубине, т.к. все растягивающие переходят в напряжения, величина которых приближается к нулю.

По результатам эксперимента получены следующие значения коэффициентов регрессии:

$$b_0 = \frac{1}{8}(688 + 606 + 532 + 155,8 + 246 + 50,2 + 18,3 + 344) = 330,04;$$

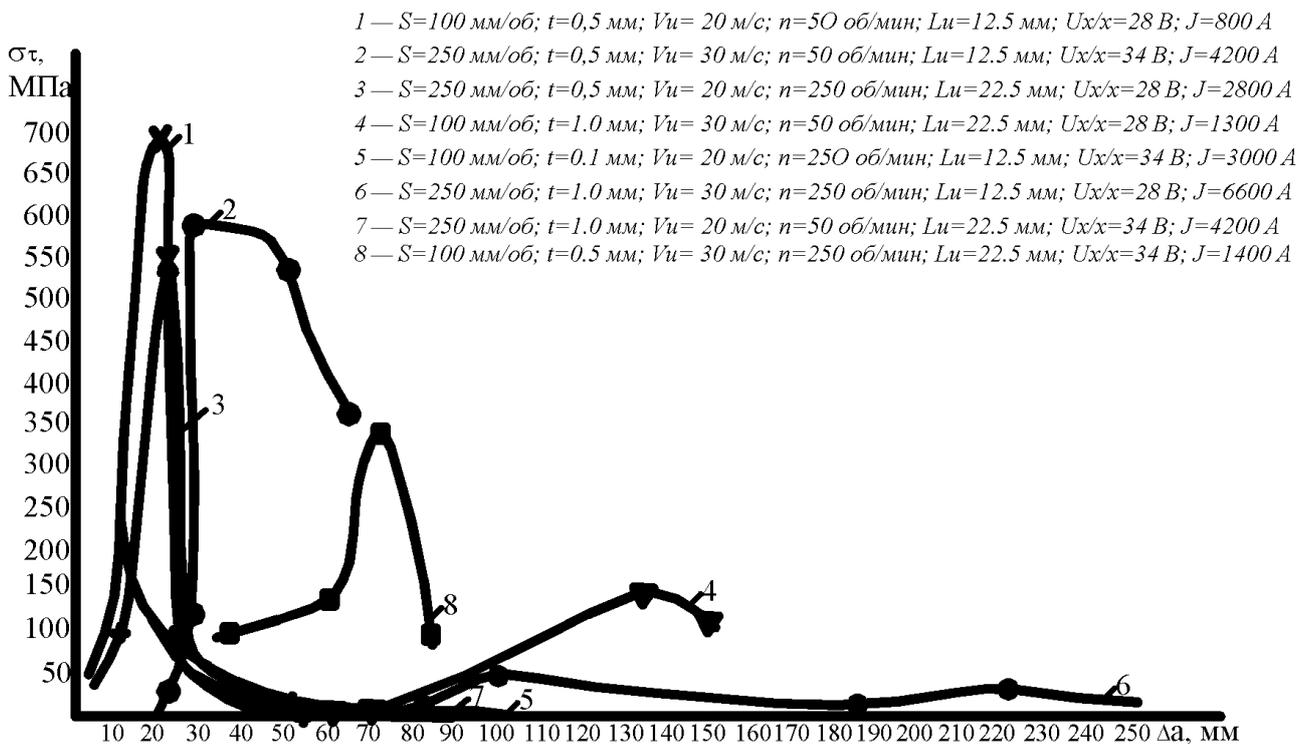
$$b_1 = -28,41; \quad b_2 = -212,46; \quad b_3 = -41,04; \quad b_4 = -36,99.$$

$$b_5 = -67,51; \quad b_6 = -26,46; \quad b_{12} = -54,91;$$

Уравнение регрессии примет вид:

$$\hat{y} = 330,04 - 28,41\tilde{O}_1 - 212,46\tilde{O}_2 - 41,04\tilde{O}_3 - 36,99\tilde{O}_4 - 67,51\tilde{O}_5 - 26,46\tilde{O}_6 - 54,91\tilde{O}_2. \quad (2)$$

Для того чтобы убедиться в достоверности полученной зависимости, необходимо произвести проверку. Данные сведены в таблицу. После обработки таблицы найдены значения дисперсии и коэффициенты Стьюдента r , на основании которых можно сделать вывод, что данная модель адекватна. После подстановки уравнений преобразований в уравнение регрессии получим следующую формулу:



Зависимости остаточных напряжений σ_r от глубины Δa

$$\sigma_{r \max} = 2206040 + 1,82S - 340t - 8,3Vu - 0,37n - 13,5Lu - 8,82U - 2,94St. \quad (3)$$

Как видно из формулы (3), наибольшее влияние на остаточные напряжения оказывают подача S и глубина резания t . Увеличение технологических параметров снижает остаточные напряжения.

Полученное соотношение дает возможность изменять технологические факторы таким образом, чтобы максимальные остаточные напряжения не превышали прочности металла, тем самым исключить возможность появления микротрещин.

ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Точка плана	\bar{y}	$(y_r - \bar{y})$	$(y_r - \bar{y})^2$	y_ϕ	$ y_\phi - \bar{y} $	$(y_\phi - \bar{y})^2$
1	688	357,96	1281,3536	688	357,96	1281,3536
2	608	275,96	761,5392	606	275,96	761,5392
3	532	201,96	407,8784	532	201,96	407,8784
4	155,8	174,24	303,5858	155,8	174,24	303,5858
5	246	84,04	70,6272	246	84,04	70,6272
6	50,2	279,84	783,2072	50,2	279,84	783,2072
7	18,32	311,72	971,6936	18,3	311,74	971,8183
8	344	13,96	1,9488	344	13,96	1,9488
			$\Sigma 458181,38$			$\Sigma 458194,85$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишняков Я.Д., Пискарев В.Д. Управление остаточными напряжениями в металлах и сплавах. М.: Металлургия, 1989. 254 с.
2. Кравченко Б.А. Силы, остаточные напряжения и трения при резании металлов. Куйбышев, 1962.

УДК 629.7.036.5÷536.3.001.2

Е.В. МАКСИМОВ
В.Ю. КУЛИКОВ
А.З. ИСАГУЛОВ
Б.Б. ЕГИМБАЕВ

Характер взаимодействия теплоносителя с дисперсными частицами

Многообразие факторов, влияющих на процесс взаимодействия теплоносителя и дисперсных частиц, затрудняет разработку точной математической модели рассматриваемого процесса. В работе [1] было показано, что эффективную теплопроводность слоя дисперсного материала при повышенной температуре можно определить через ее составляющие в предположении аддитивности:

$$\lambda_{\text{эф}} = \lambda_0 + \lambda_T, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{эф}}$, λ_0 , λ_T — соответственно коэффициент теплопроводности при атмосферном давлении, в вакууме и твердых частиц.

Заключение об аддитивности указанных выше составляющих эффективной теплопроводности было сделано авторами [1] на основе полученных экспериментальных данных и, следовательно, нуждается в дополнительной проверке, так как исследование проведено в узком диапазоне изменения параметров.

В работе сделана попытка распространить этот вывод на формовочные смеси. Эффективная теплопроводность дисперсных частиц была проведена по методике и на установке, описанной в работе [1]. В качестве дисперсного материала были использованы кварцевый песок фракции 1,0-2,0 мм, речной песок фракции 0,25-0,35 мм и глинозем фракции 0,015-0,060 мм.

Из рис. 1 видно, что эффективная теплопроводность дисперсных частиц возрастает с повышением температуры. Следует отметить, что при температурах до 473 К эффективная теплопроводность всех порошков независимо от типа материала и крупности частиц примерно одинакова и составляет 0,18...0,25 Вт/м·град. Однако с увеличением температуры эффективная

теплопроводность материала повышается и тем больше, чем крупнее частицы.

В ходе исследования установлено, что главное значение в теплоотдаче при температурах выше 673 К приобретают размеры пустот между частицами, т. е. поровое пространство. Известно, что теплоотдача через поры (пустоты) в слое осуществляется конвекцией, радиацией и теплопроводностью газа. Для частиц, размеры которых менее 0,3 мм, как конвекция, так и радиация не имеют существенного значения, а теплоотдача через поры осуществляется в основном теплопроводностью газа. При увеличении размеров частиц заметное влияние на теплоотдачу начинает оказывать радиационная теплопроводность. В основном этим обусловлен резкий рост теплопроводности с повышением температуры для более крупных частиц. Следует отметить, что с понижением давления газа в порах эффективная теплопроводность в слое частиц заметно уменьшается в результате удаления газа из пор и создания в них разреженной атмосферы.

Полученные данные позволили рассчитать следующую зависимость для определения коэффициента теплопроводности дисперсного материала, обусловленную теплопроводностью газа и материала частиц:

$$\lambda_T = \lambda_T [1 + 3,87 \cdot \lambda_T^{0,2} \cdot (1 - m) \cdot \ln \frac{\lambda_i}{\lambda}], \quad (2)$$

где m — порозность слоя.

Зависимость (2) с точностью $\pm 11,4$ % описывает экспериментальные данные, полученные в работе [1], и с точностью $\pm 7,7$ % собственные результаты. Указанное свидетельствует о том, что эффективную теплопроводность слоя дисперсного материала при повышенной температуре можно выразить через ее

составляющие по соотношению (1). Величину λ_0 можно определить по справочникам.

В то же время следует отметить, что структура слоя в результате различной формы и размеров частиц,

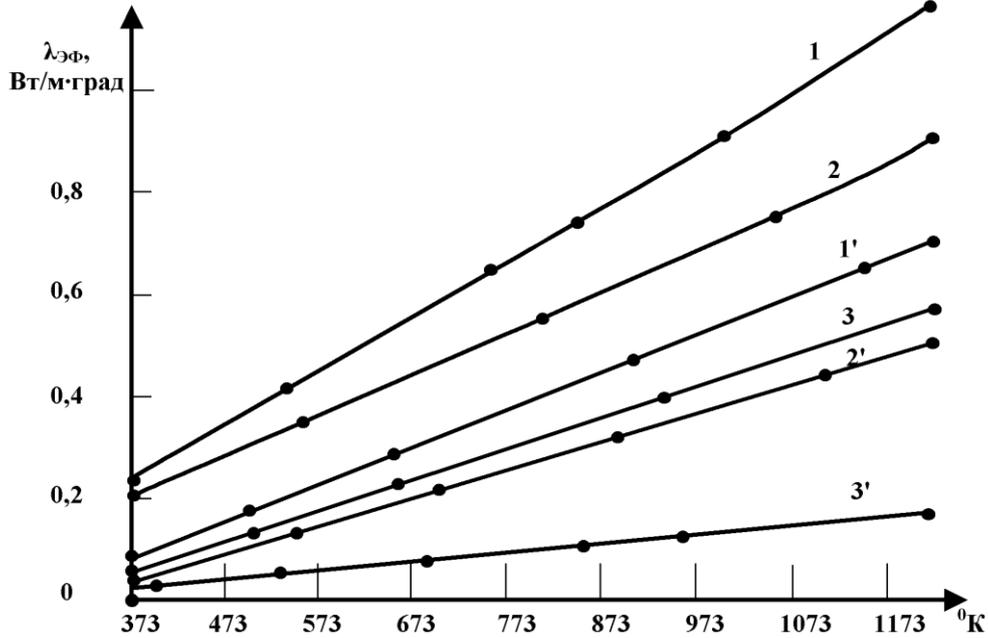


Рис. 1. Зависимость коэффициента эффективной теплопроводности слоя частиц от температуры

которые в массе своей полидисперсные, в разных его участках оказывается неоднородной. Обычно размер пор в формовочных смесях небольшой, и молярный перенос практически невелик. При температурах до 773 К лучистый перенос тепла также очень мал. Следовательно, в рассматриваемой системе перенос тепла осуществляется в основном теплопроводностью. Отметим, что на эффективную теплопроводность в слое частиц значительно влияет термическое сопротивление газовых пор [2-4].

В этом случае при построении модели дисперсной системы необходимо учесть термическое сопротивление газовой фазы. Рассмотрим элементарную ячейку, состоящую из двух контактирующих сфер. Вследствие предполагаемой в модели осевой симметрии можно ограничиться четвертью сферы и примыкающей к ней зоной газовой фазы, которая ограничена плоскостями, касательными к частице сферической формы. В работе [3] показано, что в точке контакта частиц происходит концентрация линий теплового тока. Характерно, что при этом участок наибольшей интенсивности теплового тока, расположенный вокруг контакта, зависит от $\frac{\lambda_0}{\lambda_A}$.

В элементарной ячейке, имеющей порозность m , при единичной площади сечения этой ячейки и равномерном распределении линий теплового тока, при сосредоточении газа в виде плоской прослойки между твердой фазой, ее толщину можно принять равной m . Однако концентрация линий теплового тока вблизи точки контакта частиц приводит к тому, что расчетная средняя толщина газовой прослойки δ становится меньше порозности, т. е. $\delta < m$.

Считаем, что порозность слоя m , превышающая $m_{пл}$, которая соответствует плотному контакту частиц в элементарной ячейке, приводит к их размыканию, увеличению термического сопротивления ячейки и

снижению концентрации линий теплового тока около максимально сближенных точек частиц.

Принимаем, что в такой системе: m — безразмерная «геометрическая» толщина газовой прослойки без учета концентрации линий теплового тока около точки контакта; $\frac{\delta}{x}$ — относительная «термическая» толщина газовой прослойки, x — расстояние от точки контакта частиц до участка, где $g_{лок} = g_{ср}$ при плотном контакте сферических частиц, $g_{лок}$, $g_{ср}$ — соответственно локальный и средний тепловые потоки. На рис. 2 приведены экспериментальные данные, показывающие зависимость x от $\frac{\lambda_T}{\lambda_r}$ при плотном контакте сфер.

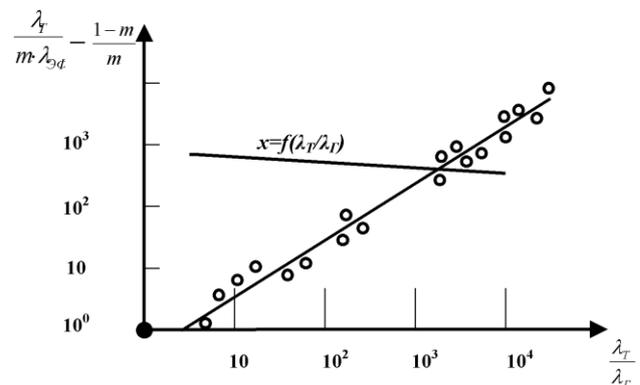


Рис. 2. Зависимость величины x от $\frac{\lambda_T}{\lambda_r}$ при $\frac{\lambda_T}{\lambda_r} \geq 3$.

Корреляция опытных данных по эффективной теплопроводности слоя частиц

Отметим, что экспериментальные данные в логарифмической системе координат хорошо

укладываются на прямую на всем участке $\lambda_T/\lambda_A \geq 3$ и аппроксимируются следующей функцией:

$$x = A \cdot \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_A} \right)^n \quad (3)$$

Принимаем функциональную зависимость между «геометрической» и «термической» толщинами газовой фазы в следующем виде:

$$\frac{\delta}{x} \approx m \quad (4)$$

Естественно, что термическое сопротивление элементарной ячейки равно сумме последовательно включенных сопротивлений газовой (R_1) и твердой (R_2).

Учитывая, что $\lambda_T \gg \lambda_A$, можно пренебречь концентрацией линий теплового тока в твердой фазе около точки контакта и считать, что «термическая» толщина твердой фазы равна «геометрической» толщине:

$$R_2 = 1 - \frac{m}{\lambda_T}$$

Тогда

$$\frac{1}{\lambda_{\text{эф}}} = \frac{\delta}{\lambda_T} + 1 - \frac{m}{\lambda_T} \quad (5)$$

Из соотношений (3), (4) и (5) после соответствующих преобразований имеем:

$$\frac{\lambda_0}{m \cdot \lambda_{\text{эф}}} - \frac{1-m}{m} = B \cdot \left(\frac{\lambda_T}{\lambda_A} \right)^n \quad (6)$$

Зависимость (6) устанавливает форму связи эффективной теплопроводности слоя частиц с тепловыми характеристиками компонентов. На рис. 2 экспериментальные данные представлены в координатах $\frac{\lambda_T}{m \cdot \lambda_{\text{эф}}} - \frac{1-m}{m}$ и $\frac{\lambda_T}{\lambda_A}$. В результате их

обработки получена эмпирическая корреляция, которая может быть использована для расчета:

$$\frac{\lambda_0}{m \cdot \lambda_{\text{эф}}} - \frac{1-m}{m} = 0,38 \cdot \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_A} \right)^{0,9} \quad (7)$$

На рис. 3 приведены графики зависимости эффективной теплопроводности слоя от его порозности.

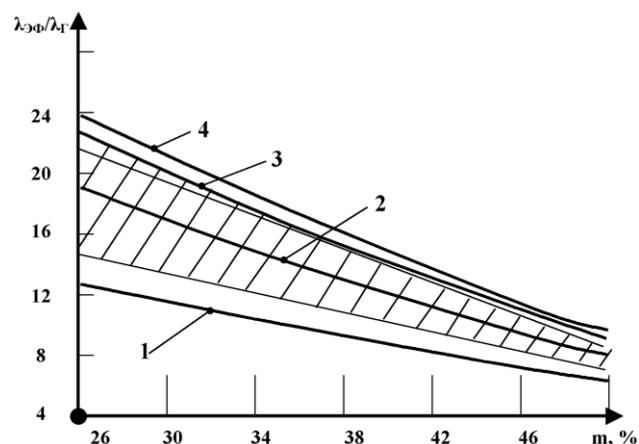


Рис. 3. Сопоставление экспериментальных значений эффективной теплопроводности слоя частиц (заштрихованная область) с расчетными значениями по различным формулам: Прасолова (1); авторов (2); Куни и Смита (3); Богомолова (4)

Из рисунка 3 следует, что кривая, построенная по зависимости (7), точнее зависимостей, полученных другими авторами, аппроксимирует экспериментальные данные в области изменения порозности от 0,28 до 0,50. Следовательно, зависимость (7) может быть рекомендована для расчетов теплопроводности дисперсных материалов при условии $\frac{\lambda_T}{\lambda_A} \geq 3$; $K_n < 0,001$ и $0,28 \leq \epsilon \leq 0,50$. Здесь K_n — критерий Кнудсена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин В.С., Забродский С.С., Антонишин Н.В. О теплопроводности засыпки дисперсного материала // Изв. АН БССР. Серия физико-энергетическая. Минск, 1968. № 2. С. 74-78.
2. Чудновский А.Ф. Теплообмен в дисперсных средах. М., 1954. 149 с.
3. Deissier R., Boegli J.S. Gas interchange between bubbles. Transactions of the ASME, 1958, № 7. P. 333-341.
4. Kunii D., Smith J.M. Spouting of mixed particle size beds. A.I.Ch.E. Journal. 1960. V 6. № 11. P. 224-331.

УДК 532.546.6

Е.В. МАКСИМОВ
Ш.К. КАПБАСОВ
А.З. ИСАГУЛОВ
В.Ю. КУЛИКОВ
С.С. АХМЕТОВА

Структура полидисперсных и пористых систем

В своем большинстве физико-механические модели относятся к монодисперсным потокам, в то же время известно, что полидисперсность существенна и оказывает значительное влияние на структуру слоев, например, на качество формовок в литейном и металлургическом производствах.

В этой связи, движение частиц полидисперсного материала под действием механических нагрузок или под воздействием газового потока рассматривается на основе гипотезы о столкновительном механизме переноса энергии и импульса между частицами. При этом учитывается как размер и форма частиц, так и

характер их распределения в объеме слоя по размерам. Принимаем, что частицы вовлечены в случайное пульсационное движение, характеристики которого зависят от обмена энергией и импульсом между частицами. Плотность $n(a)$ распределения числа частиц по размерам считаем нормированной на полную числовую концентрацию n . Для полидисперсной системы можно сделать предположение о равенстве средних кинетических энергий, приходящихся на одну степень свободы, для частиц разного размера и плотности. Поэтому если ввести «температуру» T пульсаций как удвоенную среднюю энергию одной степени свободы, то эта температура для частиц разных типов должна быть одинаковой.

$$m(a)\langle\omega'^2(a)\rangle=\langle m\rangle\langle\omega'^2\rangle=3T, \quad (1)$$

где ω' — некоторая случайная вектор-функция;
 a — радиус частицы;
 $\langle m\rangle$ — средняя масса частицы,

$$\langle m\rangle=\frac{1}{n}\int m(a)n(a)\rho a.$$

Тогда

$$m(a)=G(a)\rho_1(a), G(a)=\frac{4\pi}{3}\cdot a^3. \quad (2)$$

В этом случае задача состоит в замене случайных скоростей $\omega'(a)$ частиц разных свойств единственным случайным вектором ω' . На основании (1) принимаем:

$$\omega'(a)=\left(\frac{\langle m\rangle}{m(a)}\right)^{\frac{1}{2}}\cdot\omega'. \quad (3)$$

Считая частицы достаточно крупными, для флуктуации силы, действующей на одну частицу данного радиуса с учетом ее веса, эффекта плавучести и следующей из модели струйного обтекания [1] гидравлической составляющей, запишем

$$f'(a)=m(a)\times\left\{\frac{1}{ax(a)}K(\rho)u(a)(v'-\omega'(a))+K(\rho)[u_0(v'-\omega'(a))]u(a)+\left[\frac{dK}{d\rho}u(a)u(d)\rho'\right]-\left[\frac{\langle\rho_0\rangle}{\rho_0(a)}-\frac{1}{x(a)}\right]g\rho\right\},$$

$$u_0=\frac{u(d)}{u(a)}, K(\rho)=\frac{3\xi}{8}-\left(\frac{1-\rho}{2}\right)^2, x(a)=\frac{\rho_0(a)}{\rho_0}, \varepsilon=1-\rho, \quad (4)$$

где ρ, ρ_0 — соответственно концентрация частиц и плотность газа;

ξ — коэффициент сопротивления;

u, v — относительная и полная скорости газа;

g — ускорение свободного падения. Угловые скобки определяются из условия

$$\langle\rho_1\rangle=\frac{\langle m\rangle}{\langle G\rangle}, \langle G\rangle=\frac{1}{n}\int G(a)n(a)\rho(a)=\frac{1}{n}\int g(a)\rho a.$$

Уравнение Ланжевена [2] для частиц данного радиуса в системе координат, связанной с ее средним движением, и в предположении об относительной малости флуктуаций ее скорости запишем в виде

$$m(a)\left(\frac{\partial\omega'(a)}{\partial t}\right)=f'(a)+f_c(a), \quad (5)$$

где $f_c(a)$ — сила, обусловленная столкновениями выделенной частицы со всеми другими. Ее можно представить в виде суммы коротких импульсов случайной амплитуды, распределенных по оси времени.

Просуммируем (5) по частицам весом $n(a)$, предполагая, что усреднение по ансамблю физически допустимых реализаций случайного окружения выделенной частицы уже произведено, то есть, что в уравнении (5) фигурирует уже сглаженная столкновительная сила. В этом случае из уравнения (5) имеем

$$\gamma_1\frac{\partial\omega'}{\partial t}=\frac{f'}{\langle m\rangle}+\frac{f_c}{\langle m\rangle}, \quad (6)$$

где $\frac{f'}{\langle m\rangle}=F[\gamma_2v_1-\gamma_3\omega'+\gamma_2(u_0v')u-\gamma_3(u_0\omega')u]+$

$$+[\gamma_2\left(\frac{\partial F}{\partial g}\right)u-g]\rho', F=\frac{K}{a^0x^0}; \frac{f_c}{\langle m\rangle}=-A\omega'-B(u_0\omega')u_0;$$

$$\gamma_1=\frac{1}{n\langle m\rangle^{\frac{1}{2}}}\int m^{\frac{1}{2}}(a)n(a)\rho a; \gamma_2=$$

$$\frac{a^0x^0}{n\langle m\rangle}\int\frac{m(a)}{ax(a)}n(a)\rho a; \gamma_3=$$

$$\frac{a_0x_0}{n\langle m\rangle^{\frac{1}{2}}}\int\frac{m^{\frac{1}{2}}(a)}{ax(a)}n(a)\rho a;$$

a_0, x_0 — характерные значения.

Коэффициенты A и B определяются из условий изотропности пульсации частиц и равенства работы всех столкновительных сил в системе полной диссипации энергии при столкновениях.

Уравнения (6) нужно дополнить уравнениями, следующими из законов сохранения массы импульса газа и записанными в системе координат, связывая со средним движением диспергированной фазы.

$$\left(\frac{\partial}{\partial t}+u\nabla\right)\rho'=\varepsilon\nabla v'; \quad 0=-\nabla\rho'-nf'. \quad (7)$$

Используем, как и в работе [3], аппарат корреляционной теории случайных процессов в соответствии с которым пульсации представляем в виде стохастических интегралов Фурье-Стилтьеса по частоте и волновому пространству, содержащих соответствующие случайные меры. Тогда уравнения (6) и (7) преобразуются к системе уравнений для случайных мер. Для решения этой системы уравнений потребуется дисперсия флуктуаций объемной концентрации полидисперсной системы, которая может быть найдена с помощью статистической теории термодинамических флуктуаций [4]. Следовательно, если разбить исходную полидисперсную смесь частиц на конечное число функций с характерными размерами a_1, a_2, \dots, a_n , можно получить выражения для корреляций типа $\langle\rho'(a_i)\rho'(a_j)\rangle$ через производные второго порядка от какого-либо термодинамического потенциала системы частиц по полным числам частиц разных сортов.

Естественно, что после этого нетрудно определить и $\langle \rho^2 \rangle$.

Случайные меры позволяют выразить спектральные плотности разных величин через спектральную плотность флуктуаций концентрации, которые после интегрирования по частотам и волновому пространству дают соответствующие средние. К примеру, в пренебрежении диссипацией энергии системы, обусловленной столкновениями между частицами средняя работа столкновительных сил должна обращаться в нуль, откуда следует $B = -3A$. Условие изотропности записывается на основе формулы

$$\begin{aligned} \langle \omega_1^2 \rangle &= \langle \omega_1'^2 \rangle; \langle \omega_1'^2 l \rangle = \\ & \left[\frac{x}{\gamma r + x(x+r)} \right]^2 (Mu)^2 \langle \rho^2 \rangle > \int_0^1 \frac{t^2 dt}{(b-t^2)^2}; \\ \langle \omega_1^2 \rangle &= \left[\frac{x+r}{\gamma r + x(x+r)} \right]^2 (Mu)^2 \langle \rho^2 \rangle > \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{t^2(1-t^2) dt}{(b-t^2)^2}; \\ b &= \frac{(2x+\gamma) \cdot (x+r)}{\gamma \cdot r + x(x+r)}, \gamma = \frac{\gamma_3}{\gamma_2}; g = -gu\vartheta; \\ M &= \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{2\gamma_2 Fu^2} (\gamma_2 \frac{dF}{d\rho} u^2 + g); x = \frac{A}{2\gamma_2 Fu}; r = \frac{B}{2\gamma_2 Fu}. \end{aligned}$$

Отсюда $x = -5,122\gamma$; $v = 15,336\gamma$.

После этого определяем «температуру» пульсаций и парциальное давление частиц разных размеров в интервале от a до $a+\rho a$, входящих во все реологические соотношения, замыкающие уравнения сохранения обеих фаз:

$$\begin{aligned} T = \langle m \times \omega_1'^2 \rangle &= 1,17 \cdot 10^{-3} \left(\frac{M}{\gamma} \right)^2 \langle \rho^2 \rangle \langle m \rangle u^2, \\ \rho_1(a) \rho a &= G(\rho) T n(a) g a, \\ G(\rho) &= \frac{1 + \rho + \rho^2 - \rho^3}{(1 - \rho)^3}, \end{aligned}$$

где $G(\rho)$ — поправочная функция, фигурирующая в уравнении состояния твердых сфер в соответствии с моделью [4].

Теперь для определения геометрии порового пространства выявим общие зависимости, учитывающие форму элементов структуры и позволяющие отобразить анизотропию. В качестве модели пористого тела принимаем комбинацию частиц, имеющих форму эллипсоида вращения [5] с главными осями $2a_1$ и $2a_2$ ($2a_1$ — ось вращения). Как было показано выше, распределение частиц по размерам соответствует некоторой функции $n(a)$, где $n = \frac{a_i}{a_{1,0}}$ — относительный радиус, $a_{1,0}$ — главный радиус наибольшего по размеру элемента, параметр $\mu = \frac{a_2}{a_1}$ характеризует форму эллипсоида. Принимаем, что частицы могут быть ориентированы осью I-I только по главным направлениям. Такая модель достаточно универсальна и позволяет определить степень анизотропии по трем главным направлениям, варьируя соотношением частиц z_1, z_2 и z_3 ,

ориентированных вдоль главных направлений 1, 2 и 3 соответственно.

Принимаем коэффициенты ориентации элементов структуры по главным направлениям α_1, α_2 и α_3 .

Тогда, если $\frac{z_1}{z_0} : \frac{z_2}{z_0} : \frac{z_3}{z_0} = \alpha_1 : \alpha_2 : \alpha_3$, то

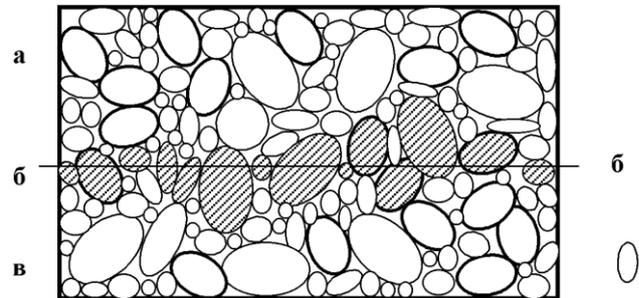
$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1. \quad (8)$$

Полагая, что число частиц значительно и они геометрически подобны между собой, в этом случае $\mu = \text{const}$. Следует отметить, что по известной классификации грубодисперсных и зернистых сред для частиц пластинчатой формы $\mu \gg 1$, для игольчатых $\mu \ll 1$, а для шарообразной формы $\mu = 1$. Обозначая ψ_1 через $\int_1^0 n^i(n) dn$ и проводя расчеты, аналогичные [5, 6], получим связь удельных интегральных характеристик пористой среды, т. е. суммарного объема частицы V_0 и суммарной поверхности S_0 с функцией распределения:

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi \mu^2 z_0 a_{1,0}^3 \psi_3, \quad (9)$$

$$S_0 = \frac{4}{3} \pi \mu (2 + \mu) z_0 a_{1,0}^2 \psi_2. \quad (10)$$

Отсюда следует, что при $\mu = 1$ указанные выражения обращаются в зависимости, характерные для шаровой структуры [5, 6]. Определим число контактов в зернистой среде. Для этого выделим слой частиц б-б между поверхностями а-а и в-в (рисунок).



Модель пористого тела

Выберем в этом слое частицу размером $a_{i,j}$ и ориентацией $I - a_{1,i}(\alpha_1)$. Затем определим число частиц радиусом $a_{1,k}(\alpha_1)$ и той же ориентацией, образующих контакт с частицей $a_{1,i}(\alpha_1)$. Очевидно, это число dm будет равно вероятности нахождения частиц $a_{1,k}(\alpha_1)$ в объеме

$$\begin{aligned} & \frac{4}{3} \pi [(a_{1,i} + 2a_{1,k}) \cdot (\mu a_{1,k} + 2\mu a_{1,k})^2 - a_{1,i}(\mu a_{1,i})^2], \\ dm &= \frac{4}{3} \pi a_{1,0}^2 z_0 \alpha_1 [(n_i + 2n_k)^3 - n_i^3] \psi(n_k) dn_k. \quad (11) \end{aligned}$$

Интегрируя (11) в пределах $0 < n_k < 1$, находим число контактов частиц всех размеров, имеющих ориентацию I , с одной частицей $a_{1,i}(\alpha_1)$:

$$m_i = \frac{8}{3} \pi \mu^2 z_0^3 \alpha_{1,0}^3 (3n_i \psi_1 + 6n_i \psi_2 + 4\psi_3) n_i \psi(n_i) dn_i. \quad (12)$$

Учитывая, что в слое б-б содержится $dn_i = 3a_{1,i} \cdot \alpha_{1,0} \psi(n_i) dn_i$ частиц $a_{1,i}$, определим число контактов между ними и частицами других радиусов:

$$dN_i = m_i dn_i = \frac{16}{3} \pi \mu^2 z_0^4 \alpha_{1,0}^4 \times \quad (13)$$

$$\times \alpha_{1,i}^2 (3n_i^2 \psi_3 + 6n_i \psi_2 + 4\psi_3) n_i \psi(n_i) dn_i.$$

После интегрирования в пределах $0 < n_i < 1$ находим количество контактов, содержащихся в слое б-б.

$$N_{б-б} = \frac{16}{3} \pi \mu^2 z_0^4 \alpha_{1,0}^4 \alpha_1^2 (7\psi_1 \psi_3 + 6\psi_2^2). \quad (14)$$

Рассматривая все другие комбинации взаимного положения двух элементов с радиусами $a_{1,i}$ и $a_{1,k}$, образующими контакт, суммируя результаты, находим число всех контактов, образованных слоем частиц б-б:

$$N = \frac{16}{3} \pi a_{1,0}^4 z_0^2 \delta, \quad (15)$$

$$\text{где } \delta = \mu^2 [\alpha_1^2 + \mu(\alpha_2^2 + \alpha_3^2)] (7\psi_1 \psi_3 + 6\psi_2^2) + \mu [\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + \mu(\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + 2\alpha_2 \alpha_3)] \times \quad (16)$$

$\times [(1 + \mu + \mu^2) + (\psi_1 \psi_2 + 2\psi_2^2) + 4\mu \psi_1 \psi_3]$. В проведенных расчетах каждый контакт учитывается дважды, так как он относится к двум частицам. Допустим, что полученное число контактов принадлежит трем равноценным в статистическом смысле поверхностям: а-а, в-в и третьей поверхности, которая включает контакты, образованные частицами слоя б-б между собой. Следовательно, количество контактов в слое среды равно

$$N_k = \frac{8}{9} 21 a_{1,0}^4 z_0^2 \delta. \quad (17)$$

Используя выражения (9), (10), получим модификации зависимости (17) через интегральные характеристики порового пространства:

$$N_k = \frac{V_0 S_0}{21 a_{1,0}} \cdot \frac{1}{\mu^3 (2 + \mu)} \left[A \left(\frac{\psi_1}{\psi_2} \right) + B \left(\frac{\psi_2}{\psi_3} \right) \right], \quad (18)$$

$$N_k = \frac{V_0}{21 a_{1,0}^2} \cdot \frac{1}{\mu^4} \left[A \left(\frac{\psi_1}{\psi_2} \right) + B \left(\frac{\psi_2}{\psi_3} \right) \right]^2, \quad (19)$$

$$N_k = \frac{S_0^2}{21} \cdot \frac{1}{\mu^2 (2 + \mu)^2} \left[A \psi_1 \cdot \frac{\psi_3}{\psi_2} + B \right], \quad (20)$$

$$\text{где } A = 7\mu^2 [\alpha_1^2 + \mu(\alpha_2^2 + \alpha_3^2)] + \mu [\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + \mu(\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + 2\alpha_2 \alpha_3)] \cdot (1 + 5\mu + \mu^2), \quad (21)$$

$$B = 6\mu^2 [\alpha_1^2 + \mu(\alpha_2^2 + \alpha_3^2)] + 2\mu [\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + \mu(\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + 2\alpha_2 \alpha_3)] \cdot (1 + \mu + \mu^2). \quad (22)$$

Отметим, что A и B являются структурными коэффициентами, характеризующими специфику формы элементов и степень анизотропии.

Для изотропной структуры значения этих коэффициентов будут следующие:

$$A_1 = \frac{1}{9} \mu \cdot (1 + 2\mu) \cdot (2 + 17\mu + 2\mu^2), \quad (23)$$

$$B_1 = \frac{4}{9} \mu \cdot (1 + 2\mu) \cdot (1 + 2\mu + \mu^2). \quad (24)$$

Отметим, что в случае, когда $\mu = 1$, структура обращается в изотропную, независимо от $\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$.

Характерно, что степень анизотропии характеризует соотношение $\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$ и изменение этого соотношения приводит к различному соотношению структур по разным направлениям. При этом изменяется число контактов H между частицами в слое материала. Для анизотропной структуры коэффициенты A и B определяются по зависимостям (21) и (22).

В случае ортотропной структуры $\alpha_2 = \alpha_3$, тогда

$$A_3 = 7\mu^2 (\alpha_1^2 + 2\mu \alpha_2^2) + 2\mu \cdot (1 + 5\mu + \mu^2) \cdot [\alpha_1 \alpha_2 + \mu(\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_2^2)], \quad (25)$$

$$B_3 = 6\mu^2 (\alpha_1^2 + 2\mu \alpha_2^2) + 4\mu \cdot (1 + \mu + \mu^2) \cdot [\alpha_1 \alpha_2 + \mu(\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_2^2)]. \quad (26)$$

Из расчетов следует, что для анизотропной структуры соотношение числа контактов по направлениям 1 и 2 будет равно

$$H = \frac{N'_k}{N_k} = \frac{\Omega}{\Omega(\alpha_1 \alpha_2)}, \quad (27)$$

где $\overset{\rightarrow}{\alpha_1 \alpha_2}$ означает взаимную перестановку коэффициентов α_1 и α_2 .

В свою очередь для ортотропной структуры

$$H_3 = \frac{\Omega}{\Omega(\alpha_2 \alpha_3)(\alpha_1 \alpha_2)}. \quad (28)$$

Определим изменение числа контактов в изотропном слое грубодисперсного или зернистого материала при изменении параметра μ , но при постоянных количестве частиц и суммарного объема V_0 . Такую структуру можно получить, трансформируя каждый элемент шаровой структуры в эллипсоид. Используя зависимость (19), получаем, что соотношение $\frac{N_k(\mu_i)}{N_k(\mu = 1)}$ в области $10^{-2} < \mu < 10^2$ изменяется примерно на два порядка.

Последнее свидетельствует о том, что структура слоя зернистых или грубодисперсных материалов оказывает огромное влияние на качество различных формовочных изделий и ее необходимо целенаправленно регулировать в заданном для практики направлении. В частности, это требует более широкого использования способов формования, обеспечивающих оперативное управление поровым объемом в слое материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштик М.Ф. Элементарная теория кипящего слоя // ПМТФ. 1972. 3 б. С. 106-112.
2. Buyevich Yu. A. Statistical hydromechanics of disperse system. J. Fluid Mech, 1972. V 56. P. 313-336.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 1964. 567 с.

4. Carnahan N.F., Starling K.E. Equation of state for non-interacting rigid spheres. J. Chem. Phys., 1969. V 51. № 2. P. 635-637.
 5. Бабков В.В., Полак А.Ф. К вопросу о геометрии порового пространства: Сб. трудов института БашНИИстрой. Вып. IV. Уфа. Стройиздат, 1965. С. 37-42.
 6. Lee K.L. Comparison of plane strain and triaxial tests on sands. J. Soil Mech. and Found. Div. Proc. Amer. Civ. Eng., 1970. 96. № 6. P. 2163-2167.

УДК 532.546.6

Е.В. МАКСИМОВ

Ш.К. КАПБАСОВ

В.С. ЩЕРБА

Е.П. ФЕТ

Изучение распределения газа в слое жидкости

Процессы взаимодействия между жидкой и газовой фазами, изменяющие структуру потока, особенно при проявлении коллективных эффектов, изучены еще недостаточно. Это сдерживает ряд практических задач и, в частности, в области разлива и кристаллизации стали. В данной работе взаимодействующие фазы рассматриваются как ансамбль первичных элементов и коллективных групп молекул, в которых генерируются флуктуации различной природы и масштабности. При этом генерирование флуктуаций имеет как внутренний характер (самовозбуждающие системы), так и внешний, от посторонних источников.

В настоящее время большинство математических моделей и инженерных методов расчета движения потоков жидкость-газ основано на ряде чисто эмпирических или полуэмпирических положений. Основные проблемы при формулировке уравнений сохранения и замыкающих их реологических соотношений связаны с развитием в таких системах интенсивного пульсационного движения как взвешенных пузырьков газа, так и несущей жидкости, существенно влияющих на распределение фаз в потоке и на эффективные коэффициенты переноса.

Вначале рассмотрим системы, в которых обмен импульсом и энергией между частицами осуществляется посредством случайных полей скоростей и давления в жидкости, а роль непосредственных столкновений пренебрежимо мала. Условия реализации такой ситуации обсуждены в [1] и во многом аналогичны поведению молекул растворенного вещества, находящихся в поле силы, обусловленной растворителем.

Как было показано в [2], действие пульсаций взвешенных частиц в таких системах приводит к наличию термодинамических сил, стремящихся выровнять распределение частиц в потоке. Для горизонтальных течений существенными оказываются составляющие нормального напряжения, а влиянием пульсаций, возникающих за счет работы потока жидкой фазы на случайных флуктуациях концентрации дисперсной системы, можно пренебречь [3].

Однако в наклонных напорных течениях компоненты силы тяжести вызывают существенное скольжение фаз, что вносит значительный вклад в нормальные напряжения последних. Задача исследования состоит в распространении результатов теории [1, 3] на изучение стационарных распределений пузырьков и частиц в наклонном слое

с введением в уравнения сохранения импульса пузырьков (частиц) нормального напряжения, порождаемого пульсациями.

Состояние системы мелких одинаковых сферических частиц радиуса r и плотностью ρ , взвешенных в среде с плотностью ρ и вязкостью μ , характеризуют средние значения объемной концентрации потока ϕ , давление жидкости P , а также скорости жидкой фазы и пузырьков (частиц) U и V .

Мгновенные локальные значения указанных величин можно представить как суммы соответствующих средних и флуктуаций с нулевыми средними:

$$\phi + \phi', \quad P + P', \quad U + U', \quad V + V', \\ \langle \phi' \rangle = 0; \quad \langle P' \rangle = 0; \quad \langle U' \rangle = 0; \quad \langle V' \rangle = 0,$$

где угловыми скобками обозначены усреднения случайных величин, характеризующих пульсационное движение фаз.

Известное уравнение Ланжевена для частицы, совершающей случайные пульсационные движения, записывается как

$$m \cdot \frac{dV'}{dt} = f', \quad (1)$$

здесь m — масса частицы,

f' — пульсация силы, действующей на частицу со стороны жидкости.

В (1) использована система координат, в которой средняя скорость V диспергированной фазы равна нулю, и предлагается относительно незначительная величина V' .

Умножая уравнение (1) на среднюю числовую концентрацию частиц, получим флуктуационное уравнение, играющее роль уравнения сохранения импульса пульсационного движения частиц:

$$\phi P \frac{dV'}{dt} = n \cdot f'. \quad (2)$$

Сила межфазного взаимодействия представляет собой сумму сил вязкого взаимодействия, плавучести, обусловленной ускоренным движением частиц, инерционной силы, связанной с эффектом присоединенной массы Бассе и Факсена. Эти силы выписываются в уравнениях сохранения импульса фаз в форме, приведенной в [4].

Уравнение (2) следует дополнить аналогичным уравнением для жидкости и уравнением неразрывности [1]

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + W\nabla\right)\varphi = \varepsilon \cdot U', \quad \varepsilon = 1 - \varphi, \quad W = U - V, \quad (3)$$

$$\varepsilon p \left(\frac{\partial}{\partial t} + W\nabla\right)U' = -\nabla p + \eta U' - nf', \quad (4)$$

где η' — сила плавучести.

Здесь также использовали систему координат, связанную со средним движением частиц. Замыкание уравнений (1)-(4) производим аналогично [1] и также для упрощения пренебрегаем всеми составляющими силы межфазного взаимодействия, кроме обусловленных вязким сопротивлением и плавучестью:

$$\begin{aligned} \eta &= \eta K \varphi, \quad K \varphi = \varepsilon^{5/2}, \\ f' &= \frac{4}{3} \eta^3 \cdot P \cdot 1 / K \vartheta' + dK / d\varphi \cdot \varphi \vartheta - \varphi_1 \cdot \varphi_g, \\ \vartheta' &= U' - V', \\ \tau &= \frac{2r^2}{gU}, \quad U = \frac{\eta}{p}, \quad \varphi = \frac{\rho_0}{\rho_a}, \end{aligned} \quad (5)$$

где g — ускорение поля массовых сил.

Представляется удобным для системы (3) и (4) использовать аппарат корреляционной теории стационарных случайных процессов [5], согласно которому случайная величина g' с нулевым средним представляется в форме стохастического интеграла Фурье-Стилтьеса со случайной мерой dZ_s , среднее от квадрата модуля которой определяет спектральную плотность, например:

$$g' = (t_1 \chi) = \exp(i(t) + ikx) dZ_a, \quad \psi_r(\omega k) = \lim \frac{\langle dZ_a dZ_{a'} \rangle}{d\omega dk}$$

Тогда корреляционные функции могут быть представлены в виде интегралов по частоте ω и волновому пространству, содержащих соответствующие спектральные плотности ψ_2 :

$$\langle g'(t, x) g'(t + ix - r) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} d\omega \int dk \exp(i\omega + ikr) \psi_r(\omega k),$$

где k — волновой вектор.

Подставляя выражения всех случайных пульсаций через интегралы Фурье-Стилтьеса в (2)-(4), получим систему алгебраических уравнений для случайных мер, позволяющую выразить их через флуктуации концентрации dZ_φ . Решение этих уравнений при ряде упрощающих предположений, изложенных в [1], имеет вид:

$$dZ_u = - \left\{ h \left[B - \frac{Bk}{k^2} k \right] - \frac{1}{\varepsilon} \frac{\vartheta k}{k^2} k \right\} dZ_\varphi,$$

$$dZ_v = \left\{ \left[(1-k)B + h \frac{Bk}{k^2} k \right] + \frac{1}{\varepsilon} \frac{\vartheta k}{k^2} k \right\} dZ_\varphi, \quad h = \frac{\varphi \varphi}{1 + (\varphi_1) \varphi},$$

где для наклонных течений под углом θ к вертикали имеет следующие представления для вектора B :

$$B = A \cdot v, \quad A = \frac{d \ln K}{d\varphi} - \frac{(\varphi_1) \tau}{k} \cdot \frac{|g|}{|v|} \cdot \cos \theta. \quad (6)$$

Отсюда напряжение в диспергированной (пузырьковой) фазе, обусловленное пульсациями, приобретает вид [4]

$$G = P\varphi L(\varphi) T^2 \cdot \vartheta^2, \quad (7)$$

здесь $T^2 = \left[(1-h)^2 \cdot A^2 + \frac{2}{3} (1-h) \cdot A \left(hA + \frac{1}{\varepsilon} \right) + \frac{1}{5} \left(hA + \frac{1}{\varepsilon} \right)^2 \right] \cdot \langle \varphi^2 \rangle$,

$$L(\varphi) = 2 \frac{\ln(1-\varphi)}{\varphi} + 3 \frac{1-2\varphi}{1-\varphi} + \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{15-8\varphi+\varphi^2}{(1-\varphi)^2}.$$

Для дисперсии случайного поля концентрации будем использовать выражение, следующее из теории Перкуса-Иевики плотных газов и жидкости [6]:

$$\langle \varphi^2 \rangle = \frac{\varphi}{1-\varphi} \left[1 + 2\varphi \frac{L-\varphi}{1-\varphi} \right]^{-1}. \quad (8)$$

Из вышеизложенного нетрудно видеть, что в наклонных каналах (течениях) наряду с пульсациями, вызванными сдвигом, оказываются важными и пульсационные движения частиц, обусловленные работой жидкой фазы на флуктуациях концентрации. Так, из формулы (6) вытекает, что при угле $\theta = 0$ (в случае движения жидкого металла в изложнице), т.е. при вертикальном течении потока, компонента силы тяжести вызывает существенное скольжение фаз потока.

В предположении простого сдвига $\gamma = \text{const}$ полное нормальное напряжение в потоке можно представить по результатам [7] в виде суммы:

$$G = P\varphi L \varphi \left(\frac{kT}{m} + C\varphi \gamma r^2 + T^2 \cdot \vartheta^2 \right), \quad (9)$$

где γ — скорость сдвига;

$\frac{kT}{m}$ — средний квадрат скорости тепловых

пульсаций частиц (kT — температура в энергетических единицах);

C — коэффициент пропорциональности, независимый от сдвига.

Как видно, первое слагаемое представляет вклад в нормальное напряжение броуновского движения частиц, а второе — обуславливается пульсациями, порождаемыми сдвигом одного слоя жидкости относительно другого со скоростью порядка U .

Отметим, что причиной возникновения пульсации является дискретный механизм истечения жидкости из отверстия в емкость, что было показано ранее в работе [8].

Средние параметры, характеризующие наклонное макроскопическое стационарное течение диспергированной фазы газожидкостного потока связаны уравнениями:

$$\frac{d}{dt} \varphi L \varphi \left[1 + Br\varphi + V^2 \cos^2 \theta \cdot r \right] = G \varepsilon \varphi r,$$

$$V^2 = \left[1 - h^2 A^2 + \frac{2}{3} 1 - h A \left(hA + \frac{1}{\varepsilon} \right) + \frac{1}{5} \left(hA + \frac{1}{\varepsilon} \right)^2 \right] \langle \varphi^2 \rangle - \varphi = \varphi. \quad (11)$$

Эти уравнения представляют собой частный случай уравнения сохранения импульса [7].

В уравнение (10) введены безразмерные, поперечная и продольная потоку координаты, радиус частиц, параметр, характеризующий отношение броуновского и гидродинамического параметров, а также использовано число Галилея:

$$\xi_1 = \frac{y}{L_B}, \quad \xi_2 = \frac{r}{L_B}, \quad \alpha = \frac{r}{L_B}, \quad \beta = \frac{CL_B}{L_H}, \quad G_r = \frac{2r^3 \cdot g}{\nu^2},$$

$$\nu = \frac{\mu}{P}, \quad L_B = \left(\frac{3kT}{\pi p g} \right)^{\frac{1}{4}}, \quad L_H = \frac{g}{\gamma}.$$

Безразмерная величина Re^2/Ga в (10) характеризует действие массовой силы в потоке, стремящейся осадить частицы, а также сил инерции, наоборот, увеличивающих взвешивающую способность течения.

В (6) удобно ввести число Рейнольдса, построенное с использованием радиуса частиц в качестве линейного масштаба, тогда имеем:

$$A = \frac{d \ln K}{d\varphi^*} - \frac{1}{36} \frac{\varphi_1}{K} \cos\theta \frac{Ga}{Re}, \quad (12)$$

где φ^* — концентрация газа в жидкости (газосодержание). В численных расчетах далее принимаем для кипящей стали $\varphi^* = 0,08 \div 0,14$, для воды $\varphi^* = 0,1 \div 0,4$.

Граничное условие (11) отвечает рассмотрению распределения пузырьков (частиц) непосредственно за образующимися в процессе охлаждения кристаллами.

Последний член в левой части уравнения (10) отвечает вкладу в нормальное напряжение гидродинамических пульсаций, обусловленных работой жидкости на флуктуациях концентрации. Этот эффект весьма слаб для очень мелких и легких частиц $Re/Ga \sim 0$.

Решение задачи при малых числах Рейнольдса ($Re < 100$) не зависит от направления течения потока вверх или вниз по каналу, что соответствует положительному или отрицательному знаку $\cos\theta$ во втором члене в определении A в (12). Подробно расписывая выражение $V^2 Re^2/Ga$ в (10), получим

$$V^2 \frac{Re^2}{Ga} = \langle \varphi^2 \rangle \left\{ \frac{Re^2}{Ga} T_1 \left(\frac{d \ln K}{d\varphi} \right) + T_1 \frac{d \ln K}{d\varphi} + \frac{1}{5\varepsilon} \right\} -$$

$$- \left\{ \frac{Re}{36K} \varphi_1 T_1 \cos\theta + T_2 \right\} + T \left(\frac{\varphi_1}{36K} \right)^2 Ga T_1 \cos^2 \theta,$$

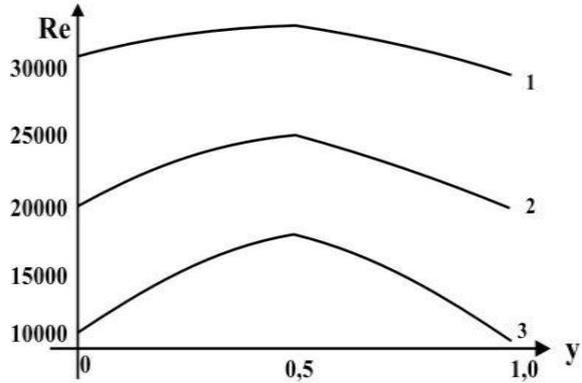
$$T_1 = 1 - h^2 + \frac{2}{3} (1-h) h + \frac{h^2}{3}, \quad T_2 = \frac{2}{3} (1-h)^2 \frac{1}{\varepsilon}. \quad (13)$$

Из этого выражения следует, что главным членом при малых Re становится последний член, не зависящий от знака $\cos\theta$. Поэтому неудивительно, что распределение газа по поперечному смещению потока для малых Re , не зависит от направления и определяется лишь квадратом косинуса угла θ .

В нашем случае для течения потока в изложнице последнее выражение принимает вид:

$$V^2 \frac{Re^2}{Ga} = \langle \varphi^2 \rangle \left\{ \frac{Re^2}{Ga} T_1 \left(\frac{d \ln K}{d\varphi} \right) + T_1 \frac{d \ln K}{d\varphi} + \frac{1}{5\varepsilon} \right\} + T_2. \quad (14)$$

Распределения частиц по поперечной безразмерной координате y при фиксированных значениях B, r, Ga и разных Re приведены на рис. 1.

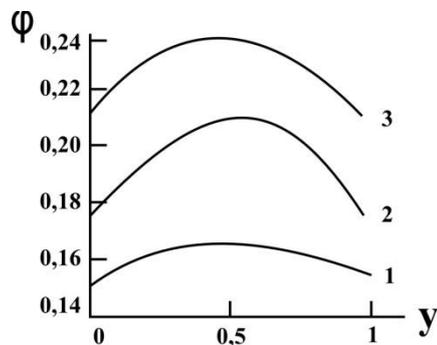


1, 2, 3 — размеры пузырей, соответственно 3, 4, 5 мм

Рис. 1. Изменение критерия Рейнольдса в емкости ограниченных размеров

Рисунок иллюстрирует, что с увеличением Re распределения становятся все более пологими. Характерно, что для течений, отклоняющихся от вертикального, распределения частиц становятся более крутыми. Это обусловлено снижением роли пульсаций, возникающих в результате работы текущего потока на флуктуациях концентрации, и важными становятся пульсации, порожденные сдвигом.

На рис. 2 приведены распределения частиц для разных r при фиксированных значениях остальных параметров, $\theta = 0^\circ; \beta = 2; \varphi = 900; G = 10; Re = 2000$, т.е. условия привязаны к кипящей воде, заливаемой в форму. В этом случае поведение кривых для вертикального и горизонтального течений полностью соответствует. С увеличением размеров частиц наблюдается повышение степени неравномерности их распределения в потоке.

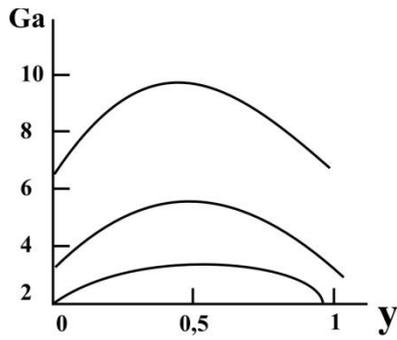


1, 2, 3 — диаметр пузырьков, соответственно 6; 8; 10 мм

Рис. 2. Изменение газосодержания в емкости ограниченных размеров с использованием сопел

Большое влияние на динамику потока оказывает его вязкость, т.е. параметр $Ga = 8r^3 g/\nu^2$, особенно при возрастании критерия Рейнольдса. Как видно из рис.3,

при увеличении Ga кривые становятся более крутыми, а эффективность взвешивания частиц уменьшается.



1, 2, 3 — критерий Рейнольдса, соответственно 23000, 11800, 5500

Рис. 3. Зависимость критерия Галилея от критерия

Из рис. 4 следует, что пульсации распределения частиц в продольном направлении потока весьма значительны. Следует отметить, что величина пульсаций остается практически одинаковой на значительном расстоянии, что имеет большое практическое значение. Особенно это относится к потокам ограниченной длины, например, для изложниц или кристаллизаторов непрерывной разливки стали. Причем в настоящее время существует ошибочное мнение, что заметные пульсации наблюдаются только в нижней части канала, а в верхней части они вырождаются. Однако проведенные расчеты показывают, что пульсации частиц в потоке жидкости носят автоколебательный характер, и они оказываются существенными на значительном расстоянии.

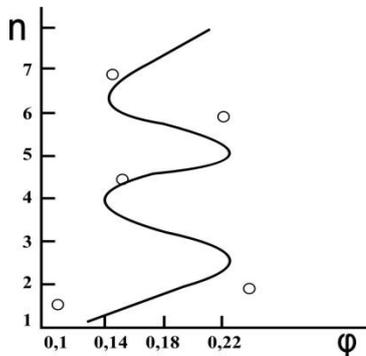
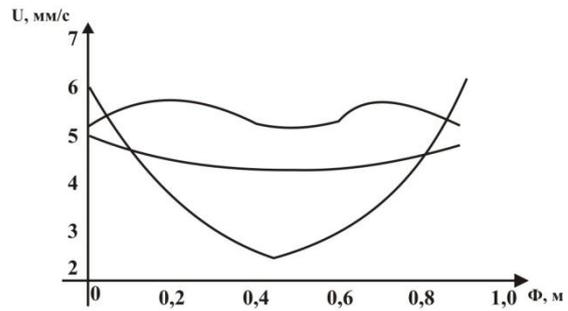


Рис. 4. Изменение газосодержания по высоте слоя жидкости

Установлено, что по мере наполнения ёмкости

жидкостью происходит перераспределение её скорости (рис. 5).



1 — верх, 2 — середина, 3 — нижняя часть

Рис. 5. Распределение скорости жидкости в ёмкости ограниченных размеров

В общем можно констатировать, что сложное поле скоростей в коротком канале определяет аналогичный процесс теплообмена и, в свою очередь, существенно влияет на протекание кристаллизации слитка и его качество при разливке стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бувевич Ю.А. Внутренние пульсации в потоках мелкодисперсных суспензий // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 1993. №3. С. 91-100.
2. Batchelor G.K. Brownian diffusion of particles with hydrodynamic interaction. Fluid Mech. 1976. V.74. P.1-29.
3. Buyevich Yu.A. Statistical hydromechanics of disperse systems. Fluid Mech. 1971. V.49. P.489-507.
4. Buyevich Yu.A. Hydrodynamic of dispersions including diffusional effects. Arch Mech. 1990. V.49. P.429-442.
5. Яглом А.М. Введение в теорию стационарных случайных функций // Успехи математических наук. 1952. Т.7. №5. С. 3-168.
6. Carnalan N.F., Starling K.E. Equation of state for neainteracting rigid spheres. J Chem. Phys. 1969. V.51. P.635-637.
7. Бувевич Ю.А., Макаров А.В. Взвешивание частиц в потоке простого сдвига // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 1994. №4. С.43-48.
8. Фиалков Б.С., Плицын В.Т. Кинетика движения и характер горения кокса в доменной печи. М.:Металлургия, 1971. 288 с.

УДК 621.771.23

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ
С.Н. ЛЕЖНЕВ
С.Ю. ГОЛУМБОВСКАЯ

Исследование микроструктуры металла при прокатке толстолистовых заготовок в рельефных и гладких валках

Одним из путей улучшения качества металлопродукции, получаемой прокаткой, так же как и при ковке, является создание дополнительных потоков течения металла, т.е. интенсификация развитых сдвиговых деформаций не только в продольном, но и в поперечном направлении.

Из обзора научно-технической и патентной литературы известно, что для улучшения качества изделий при прокатке используют систему чередующихся выступов и впадин, наносимых на поверхность широких граней сляба или на рабочие валки [1, 2 и 3]. В этом случае, наряду с деформацией в высотном и продольном направлениях, характерных для прокатки на толстолистовых и широкополосных станах, создаются условия для деформации металла в поперечном направлении, что должно сказаться на снижении анизотропии свойств.

В работах [4, 5] уже были представлены преимущества прокатки толстолистовой стали в рельефных валках (рис. 1), в основу которых были положены схемы трапециевидных бойков с равным и неравным отношением выступа к впадине, но в данных работах в малой степени было уделено внимание влиянию формы валков на микроструктуру металла толстолистовых заготовок. Поэтому, зная преимущества прокатки с дополнительными сдвиговыми деформациями, мы провели эксперимент, задачей которого являлось исследование плотности дислокации и линий скольжения при прокатке толстолистовых заготовок в рельефных и гладких валках.

Для этих исследований были изготовлены заготовки размерами $h \times b \times l = 20 \times 100 \times 200$ мм из алюминиевого сплава АК6 и бронзового сплава БрАЖС7, из которых были вырезаны темплеты для исследования исходной структуры данных сплавов. Деформирование заготовок производили в рельефных валках с отношением $m/n = 1$ и $m/n < 1$ (где m — ширина трапециевидного выступа, n — ширина трапециевидной впадины) и в гладких валках.

Заготовки из алюминиевого сплава АК6 деформировали в холодном состоянии при температуре, равной $0,2T_{н.л} = 140 \pm 5^\circ\text{C}$ [6], заготовки же из бронзового сплава БрАЖС7 перед деформированием нагревали до температуры начала деформации $850 \pm 5^\circ\text{C}$ [7]. Прокатку алюминиевых и бронзовых заготовок проводили в пять проходов как в первой паре рельефных валков, так и во второй, с обжатием в каждом проходе $\Delta h = 1$ мм. Для выпрямления поверхности деформированных заготовок на лабораторный стан устанавливали гладкие валки и производили прокатку образцов в них, при этом образцы бронзового сплава БрАЖС7 были опять подогреты до температуры начала

деформации. Выпрямление заготовок производили также поэтапно с обжатием на каждом проходе 1 мм.

Суммарное обжатие после выпрямления заготовок в гладких валках при этом составило: для случая прокатки в рельефных валках с равной шириной трапециевидной впадины и выступа — $\Delta h = 6,8$ мм для алюминиевых образцов и $\Delta h = 7,1$ мм для бронзовых, и при прокатке в рельефных валках с шириной трапециевидного выступа меньше ширины трапециевидной впадины — $\Delta h = 5,3$ мм, $\Delta h = 5,6$ мм соответственно. Размеры заготовок после прокатки в рельефных валках и выпрямления их в гладких валках составили: рельефные валки с равным выступом и впадиной — $h \times b \times l = 13,2 \times 125,1 \times 242,2$ мм (алюминиевые образцы), $h \times b \times l = 12,9 \times 125,5 \times 247,1$ мм (бронзовые образцы); рельефные валки с неравным выступом и впадиной — $h \times b \times l = 14,7 \times 124 \times 219,4$ мм (алюминиевые образцы), $h \times b \times l = 14,4 \times 124,1 \times 223,8$ мм (бронзовые образцы).

Для создания одинаковых условий деформирования в рельефных и гладких валках третью партию как алюминиевых, так и бронзовых образцов прокатывали в гладких валках с тем же обжатием, что и первые две партии. Из всех деформированных образцов были подготовлены микрошлифы для металлографических исследований. Исследования плотности дислокаций проводили на ДРОН-6 по методике «Анализ дислокационной структуры металла по уширению линий рентгенограмм» [8]. Изменения микроструктуры были изучены при помощи оптического микроскопа Leica.

Анализ результатов исследования плотности дислокаций в объеме заготовок, деформированных в рельефных и гладких валках, показал:

1. В заготовке из алюминиевого сплава АК6 в исходном состоянии плотность дислокаций равна $3,85 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$.

2. После деформирования в рельефных валках с равным отношением ширины выступа к впадине (пять проходов и последующее выравнивание в гладких валках) плотность дислокаций составила $1,44 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$, а после аналогичного процесса в рельефных валках с неравным отношением ширины выступа к впадине этот параметр составил $1,13 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$;

3. После прокатки алюминиевой заготовки в гладких валках с обжатием, соответствующим обжатию деформирования в рельефных валках плотность дислокаций равна $1,62 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$.

Полученные данные свидетельствуют о том, что рост плотности дислокаций во всех трех случаях происходит равномерно, т.е. значения этого параметра при применении рельефных и гладких валков не имеют большой разницы. Хотя сохраняется тенденция усиленного роста плотности дислокаций при

использовании гладких валков по сравнению с рельефными.

Ошибка!

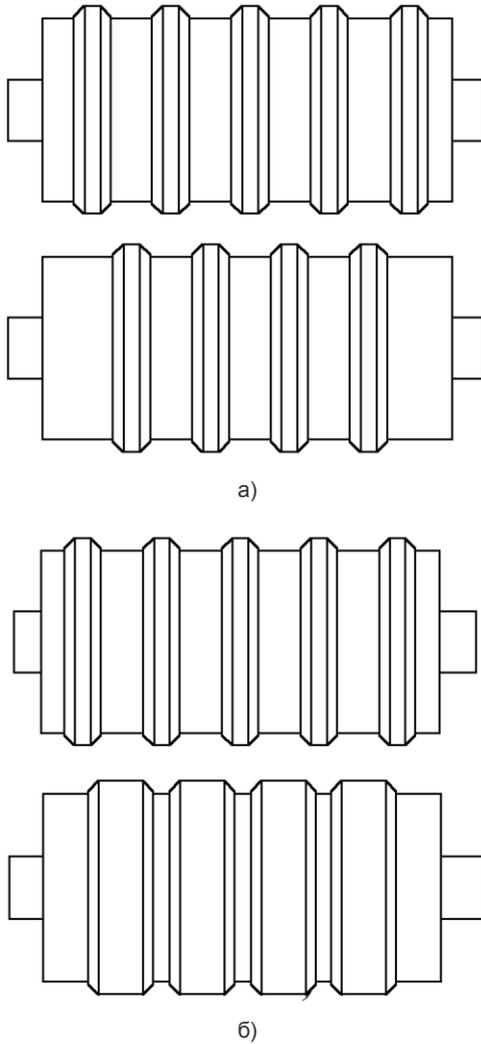


Рис. 1. Рельефные валки: а) рельефные валки с неравным отношением выступа к впадине; б) рельефные валки с равным отношением выступа к впадине

В ходе исследования микроструктуры поверхности бронзовых и алюминиевых образцов с помощью ГОСТа 21073.1-75 было выявлено, что исходное зерно в процессе деформирования измельчается (табл. 1, рис. 2, 3). При этом получение мелкозернистой структуры при прокатке в рельефных валках с шириной выступа меньше ширины впадины происходит при меньшем изменении начальных размеров заготовки по сравнению с прокаткой в рельефных валках с равной шириной выступа и впадины.

Образцы, прокатанные в гладких валках, имеют ярко выраженное удлинение зерна вдоль прокатки, а следовательно, и анизотропию свойств в объеме деформированного металла. Некоторая вытянутость отдельных зерен наблюдается и в продольном сечении образцов, деформированных в рельефных валках с равным отношением выступа к впадине, но при этом отсутствует их однонаправленность. В поперечном направлении зерна равноосны.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛЛА ЗЕРНА АЛЮМИНИЕВЫХ И БРОНЗОВЫХ ОБРАЗЦОВ

Форма валков	Материал образца	Исходный балл зерна	После прокатки	
			В поперечном направлении	В продольном направлении
Гладкие	Алюминий	3-4	5-6	7-8
	Бронза	6-7	7-8	9-10
Рельефные (с равным отношением)	Алюминий	3-4	6-7	6-7
	Бронза	6-7	9-10	9-10
Рельефные (с неравным отношением)	Алюминий	3-4	6-7	6-7
	Бронза	6-7	9-10	9-10

Анализ поверхности образцов, прокатанных в рельефных валках с неравным отношением выступа к впадине, показывает, что вытянутость зерен не была обнаружена ни в продольном, ни в поперечном сечении. То есть использование такого инструмента позволяет получить мелкозернистую изотропную структуру в объеме деформированного металла.

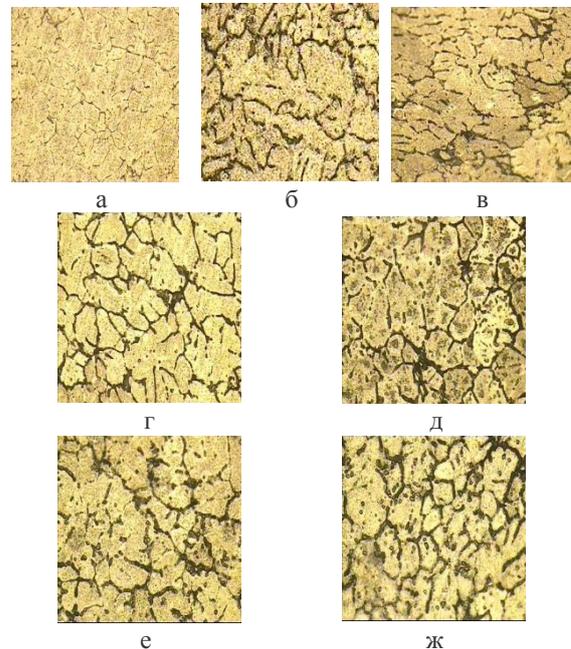
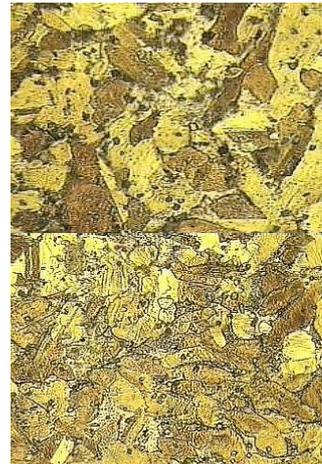


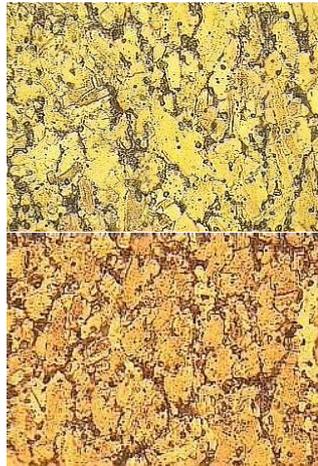
Рис. 2. Структура алюминиевых образцов, $\times 200$: а) исходная; б) после прокатки в гладких валках, поперечное направление; в) после прокатки в гладких валках, продольное направление; г) после прокатки в рельефных валках с равным отношением выступа к впадине, поперечное направление; д) после прокатки в рельефных валках с равным отношением выступа к впадине, продольное направление; е) после прокатки в рельефных валках с неравным отношением выступа к впадине, поперечное направление; ж) после прокатки в рельефных валках с неравным отношением выступа к впадине, продольное направление

Кроме того, использование каждого из вышеописанных инструментов ведет к преимущественному образованию линий и полос скольжения дислокаций в продольном направлении. При этом максимальная разница в количестве линий скольжения при сравнении продольного и поперечного сечений наблюдается после прокатки бронзовых и алюминиевых образцов в гладких валках (рис. 3). Помимо этого, использование гладких валков приводит к неравномерному скольжению дислокаций,

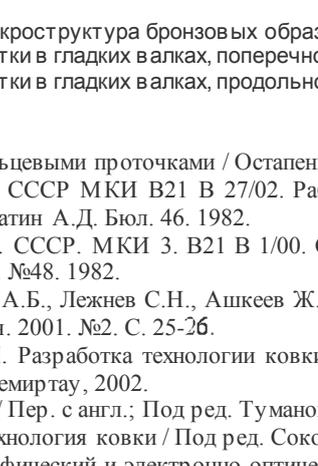
поскольку задействуются только наиболее благоприятно ориентированные системы скольжения. Визуально это выражается в том, что внутри одних зерен линий скольжения дислокаций больше, чем в других (рис. 3). После прокатки в рельефных валках этого не наблюдается, распределение линий скольжения внутри отдельных зерен и в одном и в другом направлении равномерное (рис. 3), т.е. все зерна в относительно равной мере задействованы в скольжении дислокаций, а следовательно, и в пластической деформации.



а



б



в

Рис. 3. Микроструктура бронзовых образцов, $\times 500$:
а) после прокатки в гладких валках, поперечное направление;
б) после прокатки в гладких валках, продольное направление;

в) после прокатки в рельефных валках с неравным отношением выступа к впадине, поперечное направление;
г) после прокатки в рельефных валках с неравным отношением выступа к впадине, продольное направление

Кроме того, рельефные валки дают еще одно преимущество по сравнению с гладкими валками: при микроисследовании поверхности образцов как в продольном, так и в поперечном сечениях просматриваются линии скольжения дислокаций, расположенные под углом друг к другу. Следовательно, скольжение идет по различным плоскостям и направлениям. Чтобы добиться того же эффекта при использовании гладких валков, необходимо увеличить степень деформации, что ведет к увеличению расхода энергии. Помимо этого, при деформировании заготовки в гладких валках разрушение металла может произойти еще до стадии множественного скольжения, поскольку при одинаковой плотности дислокаций, скольжение в этом случае идет по меньшему количеству плоскостей, чем при использовании рельефных валков. А следовательно, в каждой отдельной плоскости двигаются больше одноименных дислокаций, которые, скапливаясь возле барьера, приводят к образованию микротрещины. Так как при деформировании заготовки в рельефных валках больше задействованных плоскостей скольжения и в каждой отдельной плоскости меньше линий скольжения, необходима дополнительная энергия для создания критической плотности дислокаций, которая приведет к образованию несплошности.

Совокупный анализ новых и полученных ранее данных свидетельствует о преимуществах рельефных валков перед гладкими в плане получения изотропной мелкозернистой структуры прокатанного металла, а следовательно, повышении качества толстолистового проката. Кроме того, результаты металлографического исследования показали, что использование рельефных валков дает возможность более длительной обработки металла без его разрушения. Причем применение рельефных валков с неравным отношением ширины выступа к впадине ($m/n < 1$) дает меньшее изменение исходных размеров заготовки после выпрямления в гладких валках по сравнению с таким же инструментом, но с $m/n = 1$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валки с кольцевыми проточками / Остапенко А.Л., Сосковец О.Н., Анохина Н.Ю. // Metallург, 1985. №6. С. 39-40.
2. А.с. 980881 СССР МКИ В21 В 27/02. Рабочий валок черновой прокатной клети / Воронцов В.К., Бринза А.В., Лапшин В.В., Соломатин А.Д. Бюл. 46. 1982.
3. А.с. 984513. СССР. МКИ 3. В21 В 1/00. Слиток для прокатки толстых листов / Котелкин А.В., Воронцов В.К., Березин М.В. // Бюл. №48. 1982.
4. Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Ашкеев Ж.А. Исследование процесса прокатки в рельефных валках // Изв. вузов. Черная металлургия. 2001. №2. С. 25-26.
5. Лежнев С.Н. Разработка технологииковки поковок прямоугольного сечения в специальном инструменте: Дис. ... канд. тех. наук. Темиртау, 2002.
6. Алюминий / Пер. с англ.; Под ред. Туманова А.Т. М.: Metallургия, 1972. 662с.
7. Теория и технологияковки / Под ред. Соколова Л.Н. Киев: Выща шк. Головное изд-во, 1989. 317с.
8. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. М.: МИСИС, 2002. 360с.

Об интенсивности доменной плавки при вдувании мазута

В последние два-три десятилетия процесс производства чугуна в доменных печах характеризуется почти повсеместным использованием топливных заменителей дорогостоящего металлургического кокса. На некоторых заводах вдувание в горн таких реагентов стало неотъемлемой частью технологии выплавки чугуна. При этом ощутимого повышения технико-экономических показателей плавки добиваются совместным изменением температурных и дутьевых параметров процесса, а также улучшением свойств загружаемых сверху кокса и железорудных материалов.

Вдувание дополнительного топлива, например, в виде углеводородов, приводит к значительному снижению удельного расхода кокса и увеличению количества образующихся горновых газов. Последние, являясь единственным источником и носителем химической и тепловой энергии, необходимой для протекания восстановительных и тепловых процессов, отвечают за развитие всех тепломассообменных процессов в печи и определяют в большинстве случаев интенсивность опускания столба кусковых материалов. В связи с этим в условиях вдувания мазута в горн доменной печи представляло интерес изучение особенностей газодинамического режима с точки зрения оценки влияния изменяющихся количественных и качественных характеристик горновых газов, твердых и жидких продуктов плавки на ход процесса.

В современных условиях, в связи с достигнутым прогрессом в подготовке сырья к плавке, наблюдается относительное увеличение потерь давления газов в нижней зоне и роль «сухой» части как фактора, определяющего производительность доменной печи по газодинамическим условиям, снижается. Поэтому теоретическая оценка влияния вдувания мазута на интенсивность процесса нами производилась в предположении, что «лимитирующая» по газодинамике зона находится в области формирования промежуточных шлаков.

В общем случае возможная суточная производительность доменной печи по чугуну может быть определена из формулы:

$$Q = \frac{1440 \cdot J_a \cdot V_{\text{пече}}}{V_a}, \quad (1)$$

где $V_{\text{пол}}$ — полезный объем печи, м³;

V_g — выход газа, м³/т чугуна;

J_g — интенсивность или пропускная способность печи по газу, м³/м³ полезного объема печи в минуту.

При теоретических расчетах использование данного выражения затруднительно из-за сложности выбора величины интенсивности печи по газу (J_g), так как последняя зависит от состояния структуры столба шихтовых материалов, распределения газов в печи и т.д. Если распространить приведенное уравнение для нахождения производительности по

газодинамическим условиям нижней зоны, то при аэродинамическом воздействии восходящего газового потока на твердую (кокс) и жидкую (чугун, шлак) фазы пропускная способность рассматриваемой области по газу (J_g) будет функцией характеристик коксовой насадки (фракционного состава, порозности), жидкости (расхода, удельного веса, вязкости) и, наконец, газа (расхода, удельного веса, вязкости). Очевидно, количество дутья, принимаемое печью в единицу времени, а следовательно, и производительность, будут определяться совокупным воздействием указанных факторов.

При сравнительных расчетах гидродинамические явления, происходящие в нижней части доменной печи, с некоторыми допущениями можно отождествлять с таковыми в скрубберных насадках. При этом предельные количества проходящего газа (дутья, принимаемого печью) будут зависеть от состояния структуры слоя кокса со шлаком, характеризуемым в данном случае так называемым явлением «затопления (захлёбывания) насадок» — задержкой шлака в пустотах кокса при высоких скоростях газового потока (в предположении, что в затоплении участвует только шлак). Подобную аналогию для объяснения причин расстройств хода доменной плавки по гидродинамическим предпосылкам обосновал Б.И. Китаев [1]. Им предложено при количественной характеристике газодинамических процессов нижней части печи исходить из критериальной зависимости Н.М. Жаворонкова [2], которая описывает закономерности противоточной фильтрации низкотемпературных жидкостей и охватывает всю совокупность вышеперечисленных параметров твердой, жидкой и газовой фаз.

Лабораторными исследованиями [3] истечения безжелезистых шлаков (типа доменных) через коксовые насадки в противотоке газа показано, что условия затопления по опытным данным удовлетворяют указанной зависимости. Кроме того, аналогичное соотношение, полученное Т.К.Шервудом и др. [4], неоднократно применялось для анализа показателей работы действующих доменных печей, а также определения их предельной производительности в зависимости от количества дутья, расхода кокса и выхода шлака [5,6].

Исходя из критериальной зависимости Н.М. Жаворонкова, преобразованной к условиям доменных печей при определенном интервале изменения отношения весовых скоростей потоков и неустойчивом турбулентном режиме движения газов в слое шихтовых материалов, получили выражение для критического количества газов:

$$W_0^{1.8} = 0,6867 \cdot \frac{V_a^{0.44} \cdot \gamma_a^{1.22} \cdot d_{\text{ш}}^{1.2} \cdot \varepsilon^3 \cdot \delta^{0.78}}{\phi_i^{0.44} \cdot \gamma_{\text{ш}}^{0.58} \cdot \eta_a^{0.2} \cdot \eta_{\text{ш}}^{0.2} \cdot (1-\varepsilon)^{1.2} \cdot \delta^{0.78}}, \quad (2)$$

где W_0 — критическое количество газов в единицу времени, отнесенное к площади поперечного

сечения горна и характеризующее интенсивность плавки, $\text{нм}^3/\text{м}^2\text{сек}$;

d_{cp} — средний диаметр кусков кокса, м;

$\gamma_{\text{г}_0}$ — удельный вес фурменных газов при нормальных условиях, $\text{кг}/\text{нм}^3$;

$\eta_{\text{г}}$ — динамическая вязкость фурменных газов, $\text{кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$;

$\Pi_{\text{п}}$ — выход промежуточного шлака, $\text{кг}/\text{т}$ чугуна;

P и T — средние абсолютные давление и температура газов в заплечиках, ата и $^{\circ}\text{К}$;

$\gamma_{\text{ж}}$ — удельный вес промежуточного шлака, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\eta_{\text{ж}}$ — относительная вязкость промежуточного шлака, $^{\circ}\text{E}$;

ε — порозность «сухого» кокса, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Технические показатели доменной плавки передельного чугуна определены по методу А.Н. Рамма [7] в шихтовых условиях ОАО «Испат-Кармет». Причём для более чёткого выявления особенностей вдувания мазута на газодинамику низа расчеты выполнены в предположении относительного постоянства физико-химических свойств кокса и шлакового расплава и при неизменных температуре и давлении газов.

Для рассмотренных температурно-дутьевых условий плавки при вдувании мазута наблюдается довольно напряжённый газодинамический режим работы нижней части доменной печи. Использование мазута, оказывая небольшое влияние на характеристики промежуточного шлака (основности и количества), приводит к повышению количества расплава на единицу веса кокса в заплечиках. Так, при изменении его расхода от 0 до 100 $\text{кг}/\text{т}$ чугуна

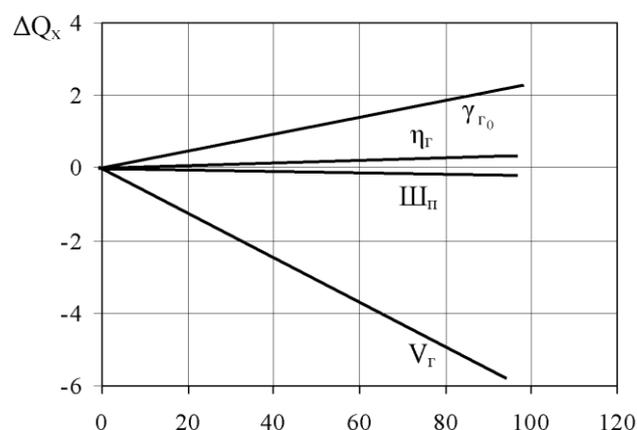
отношение $\left(\frac{\Phi_i}{\dot{E}_0}\right)$ количество промежуточного шлака

и кокса, доходящего до фурм, увеличивается от 1,242 до 1,605, т.е. в 1,3 раза. Это, с учётом одновременного увеличения выхода газов (примерно на 8%), затрудняет работу надфурменной зоны, снижая производительность на 3,58%.

Из многочисленных практических результатов вдувания мазута известно, что при его использовании повышение температуры дутья и обогащение последнего кислородом способствуют увеличению производительности доменной печи. Однако верхний предел его расхода в большинстве случаев ограничивается 60-80 $\text{кг}/\text{т}$ чугуна [8], объясняемый в некоторой степени и ухудшением газодинамических условий плавки.

Анализ расчётных данных показал, что при вдувании мазута изменение показателей хода доменной плавки происходит под совокупным влиянием целого ряда факторов. Выделение среди них основных представляется, по нашему мнению, важным как для теоретических, так и практических целей, так как это позволяет изменять технологические параметры процесса целенаправленно. С этой целью в дальнейшем предпринята попытка оценить вклад отдельных факторов в изменение производительности доменных печей. Для этого, используя соотношения (1) и (2), относительная производительность (в %) доменной

печи представлена в зависимости от абсолютных значений параметров в исходных (без вдувания мазута) и изменившихся (с вдуванием) условиях плавки. Полученные расчётным путём некоторые данные приведены на рисунке.



Влияние выхода промежуточного шлака и параметров фурменного газа на изменение производительности (ΔQ_x , %) доменной печи при вдувании мазута

Согласно формуле (2) с уменьшением вязкости газов производительность печи возрастает. Однако её влияние при вдувании мазута нельзя преувеличивать. Так, даже при его расходе 100 $\text{кг}/\text{т}$ чугуна (когда вносится наибольшее количество водорода), температуре газов 1600°C и уменьшении их вязкости с $5,44 \cdot 10^{-6}$ (без вдувания) до $5,25 \cdot 10^{-6}$ $\text{кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ вклад её составляет всего 0,42%.

Влияние удельного веса газа более существенно. Подача мазута в количестве 100 $\text{кг}/\text{т}$ чугуна, уменьшая γ_0 с 1,2208 (без вдувания) до 1,1457 $\text{кг}/\text{нм}^3$, повышает производительность до 2,2% в зависимости от содержания водорода в газовой смеси. Следовательно, уменьшение плотности газа, способствуя снижению потери давления в слое шихты, в некоторой степени компенсирует отрицательное воздействие на газодинамику увеличенного количества газов. Как видно, влияние последнего наиболее существенно по сравнению с остальными факторами.

Итак, вышеприведенное общее снижение производительности доменной печи на 3,58% при подаче 100 кг мазута на 1 т чугуна является результатом суммарного воздействия выхода (-6,12%), плотности (+2,21%), вязкости (+0,42%) газов и количества заплечикового шлака (-0,09%).

С точки зрения газодинамики доменной печи, расширение верхнего предела расхода вдуваемого мазута возможно при полной компенсации отрицательного вклада, вносимого увеличенным количеством образующихся горновых газов. Согласно формуле (1), среди факторов, обуславливающих изменение потерь напора в нижней части печи, решающая роль принадлежит структуре твёрдой составляющей зоны, характеризующейся средним диаметром кусков кокса и порозностью его слоя, значения которых в расчётах приняты неизменными. Важное значение для пропускной способности по газу низа печи имеют и физико-химические свойства

шлаковых расплавов. Меры, направленные на снижение количества промежуточных шлаков (например, подачей части обессеривающих флюсов в горн с выводом её из состава агломерата), значительно повышают вносимый им положительный вклад.

Таким образом, теоретическое рассмотрение влияния дувания мазута на ход доменного процесса

показывает существенный вклад состояния зоны формирования промежуточных шлаков в интенсивность плавки и важность учёта газопроницаемости указанной области для количественной оценки показателей как прогнозируемого технологического процесса, так и анализа работы действующих доменных печей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китаев Б.И. Теплообмен в доменной печи. М.: Metallургиздат, 1949.
2. Жаворонков Н.М. Гидравлические основы скрубберного процесса и теплопередачи в скрубберах. М.: Советская наука, 1944.
3. Шаврин С.В., Захаров И.Н., Ипатов Б.В. Истечение шлаков через коксовые насадки // Известия вузов. Чёрная металлургия. 1964. №1. С.33-37.
4. Scherwood T.K., Shipley G.H. Velocities in packed columns // Indust. Engineer Chem. 1938. V.30, №7. P.765-769.
5. Bogdandy L. von, Lange G., Heinrich P. Entwicklungsaussichten und Grenzen des Hochofens // Stahl und Eisen. 1968. V.88, №22. P.1177-1188.
6. Michard J., Dancoisne P. Influence de la quantite de laitiers sur les caracteristiques de marche du haut fourneau // Circ. Inform. Techn. 1965. V.22, №7-8. P.1745-1757.
7. Рамм А.Н. Определение технических показателей доменной плавки (Метод расчета и справочные данные): Методическое руководство. Л., 1971.
8. Воскобойников В.Г., Михалевич А.Г., Дунаев Н.Е. и др. О сравнительной эффективности и перспективах применения в доменном производстве природного и коксового газов, мазута и угольной пыли // Труды НТО черной металлургии. Т. XLIII. М.: Черметинформация, 1970. С. 106-131.

УДК 669.162

В.А. КИМ
К.З. САРЕКЕНОВ

О причинах ухудшения хода доменной печи на глиноземистых шлаках

Ограниченность запасов богатых и легкообогатимых руд обуславливает необходимость всё большего использования в металлургическом производстве рудного сырья с повышенным содержанием сопутствующих железу элементов, очень часто бедных, труднообогатимых. Примером могут быть проблемы, связанные с необходимостью расширения объемов вовлечения фосфористого железоглиноземистого сырья Лисаковского ГОКа в производство стали на ОАО «ИСПАТ-КАРМЕТ», преимуществом которого являются большие запасы руд и низкая стоимость их добычи (запасы руд Лисаковского и Аятского месторождений превышают ресурсы Лотарингского бассейна, на базе которого развивалась металлургия Франции, Бельгии, Люксембурга и Германии). Однако высокое содержание фосфора в лисаковских рудах является сдерживающим фактором для повышения доли концентрата ЛГМК в шихте доменных печей (максимальное количество фосфора в передельном чугуне не должно превышать 0,25-0,30 % для реализации одношлакового процесса кислородно-конвертерной плавки). Решение этой проблемы сулит не только экономические выгоды ОАО «ИСПАТ-КАРМЕТ», но и создает условия для устойчивого функционирования горно-металлургического комплекса республики.

Железные руды Лисаковского месторождения относятся к типу оолитовых бурых железняков и характеризуются относительно низким содержанием железа (34-42 %), повышенной концентрацией глинозема и фосфора. Особенность их состоит в том, что глинозем и фосфор связаны с гидрогетитом,

входящим в состав оолитов, и поэтому при механическом обогащении не удаляются, а переходят вместе с железом в концентрат. При этом с ростом глубины обогащения повышается относительная доля фосфора и глинозема в концентрате. Так, в концентрате гравитационно-магнитного обогащения при среднем уровне содержания железа 48,70 % количество фосфора и глинозема составляет соответственно 0,71 и 4,25 %, а при более глубоком обогащении, например, обжигмагнитным способом, концентрат при 61,45 % железа содержит 0,87 и 5,86 % фосфора и глинозема соответственно.

Проводимые в настоящее время исследования по повышению товарной ценности вовлекаемого в передел гравитационно-магнитного концентрата ЛГОКа свидетельствуют о принципиальной возможности удаления значительного количества фосфора методом серноокислотного выщелачивания из предварительно обожженного в окислительных условиях концентрата [1]. Аналогичные исследования по дефосфорации руд и концентратов ЛГОКа с использованием приемов термической обработки материалов, проводимые в ДГП «ХМИ им.Ж.Абишева» указывают на возможность существенного повышения концентрации железа (более 65 %) при одновременной глубокой дефосфорации исходного сырья. Таким образом, с высокой уверенностью можно утверждать, что в самое ближайшее время проблема предварительной дефосфорации рудного сырья ЛГОКа будет решена и создана экономически оправданная технология его подготовки. Однако вопрос удаления на стадии подготовки из рудного сырья глинозема в связи с

более высокой его энергоемкостью до настоящего времени не находит должного, с точки зрения экономической целесообразности, решения. В соответствии с этим проблема доменной плавки на глиноземистых шлаках, обеспечивающая получение низкокремнистого (0,5-0,7 %) передельного чугуна на печах большой единичной мощности и современных параметрах процесса остается открытым.

Существует мнение, что выплавка передельного чугуна на глиноземистых шлаках ($Al_2O_3=25-28\%$) в доменных печах большого объема ($V > 1000-1500\text{ м}^3$) принципиально невозможна ввиду тугоплавкости шлака. Причем в отечественной литературе очень часто не делается различия между тугоплавкостью и вязкостью шлака, чем вносится дополнительная неясность в существо проблемы. Сложившееся мнение основано в значительной мере на представлении, что содержание кремния в чугуне однозначно определяется его восстановлением из конечного шлака в горне доменной печи. Очевидно, что в данном случае повышение температуры жидких продуктов плавки будет сопровождаться улучшением условий восстановления кремния из шлака и ростом его концентрации в металле.

Однако реальный процесс переноса кремния в доменной печи значительно сложнее, и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что достижение конечного состояния по кремнию в чугуне обусловлено не восстановлением его из шлака, а наоборот, окислением в кислородной фурменной зоне и в процессе дренажа капель чугуна через слой шлака в горне ранее восстановленных, избыточных количеств кремния. Более того, результаты работы современных доменных печей свидетельствуют о том, что высокий уровень организации доменного процесса обеспечил в последнее время рост температуры передельного чугуна на выпуске при одновременном снижении в нем содержания кремния [2].

Почти подобная закономерность наблюдалась в период опытных доменных плавков на глиноземистых шлаках при использовании шихты, содержащей обжигмагнитный концентрат ЛГОКа, где уровень температуры продуктов плавки на выпуске увеличился в среднем на 30°C при практически неизменном содержании в нем кремния [3, 4]. Причем важно отметить, что доменная плавка на всех этапах испытаний велась с достаточным запасом тепла в горне. На основе результатов испытания сделан вывод, что в шихте больших доменных печей ($V=2700-3200\text{ м}^3$) при современных дутьевых параметрах процесса, ввиду повышенной газодинамической напряженности в зоне первичного шлакообразования, обжигмагнитный концентрат может использоваться в количестве не более 40 % или по содержанию глинозема в шлаке до 20 %. Ухудшение хода доменных печей (повышение газодинамической напряженности в надфурменной зоне) и показателей их работы в опытных плавках, по мнению авторов, было связано с рядом причин, в том числе невысоким качеством опытных агломерата и окатышей, снижением газопроницаемости шихты в зонах размягчения рудных материалов и первичного шлакообразования, предполагаемым искажением

профиля печей. В то же время отмечается, что несмотря на некоторое повышение вязкости глиноземистых шлаков отработка продуктов плавки осуществлялась без затруднений: явлений загромождения горна и горения воздушных фурм не наблюдалось.

Выполненный в последующем цикл лабораторных исследований по определению условий фильтрации продуктов плавки через коксовую насадку, вязкости и температур кристаллизации первичных и конечных шлаков, а также параметров вязкопластичной зоны в печи не выявил, по нашему мнению, истинной причины повышенной газодинамической напряженности в зоне первичного шлакообразования, наблюдаемого с ростом содержания глинозема в шлаке.

Как известно, современный уровень параметров комбинированного дутья характеризуется достижением высоких температур в фурменной зоне доменной печи (более 1700°C). В указанных условиях высока вероятность возгонки в газовую фазу заметного количества составляющих из золы кокса и шлака в фурменной зоне. В частности, выполненные специальные исследования по определению динамики изменения состава золы кокса в процессе нагрева показали, что потеря массы навески кокса существенна и обусловлена в основном возгонкой в газовую фазу субоксидов на основе кремния и алюминия, а также оксида углерода [5]. В качестве примера ниже приведены экспериментальные данные для доменного кокса ОАО «ИСПАТ-КАРМЕТ», полученные в атмосфере инертного газа и $\tau=30\text{ мин}$ (см. табл.).

Из приведенных данных видно, что при $1500-1600^\circ\text{C}$ потеря массы кокса составляет 7,3-9,7 %, причем последняя обусловлена в основном возгонкой в газовую фазу субоксида кремния, следствием чего является рост относительной доли других компонентов в золе кокса. С повышением температуры до $1650-1700^\circ\text{C}$ общая потеря массы возрастает до 10,8-12,7 %. Однако количество кремния, теряемого в газовую фазу, резко уменьшается в связи с развитием процесса карбидообразования при температуре выше 1600°C . В то же время существенно возрастает потеря в газовую фазу алюминия (вероятнее всего, в виде субоксидов AlO и Al_2O).

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЗОЛЫ КОКСА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

№ п/п	Температура, $^\circ\text{C}$	Общая потеря массы, %	Содержание, %				Потери в газовую фазу, % (абс.)	
			в золе			вкоксе	SiO	Al
			Si	Al	P ^{*)}	SiC		
1	25	-	23,87	12,67	16,49	-	-	-
2	1500	7,3	22,97	13,28	18,19	0,92	0,571	0,046
3	1600	9,7	22,42	13,24	18,83	1,23	0,786	0,100
4	1650	10,8	25,16	11,27	17,14	2,20	0,314	0,370
5	1700	12,7	25,53	10,47	17,57	3,38	0,371	0,496

P^{*)} = Fe+Ca+Mg+Mn+P+S

Можно полагать, что аналогичные закономерности будут иметь место и в процессе нагрева глиноземистого шлака в

высокотемпературной фурменной зоне доменной печи. При этом следует иметь в виду, что в присутствии углерода летучесть компонентов шлака существенно усиливается.

Как известно, алюминий относится к категории веществ, обладающих высоким сродством к кислороду. Поэтому следует ожидать, что в результате энергичного взаимодействия в надфурменных зонах печи субоксидов алюминия с кислородом восходящего газового потока и оксидов железа будет образовываться тугоплавкая фаза в виде Al_2O_3 , которая будет добавляться в чистой, тонкодисперсной форме к поднимающемуся газовому потоку и частично отфильтровывается опускающимся слоем кокса, каплями металла и шлака. Естественно полагать, что в подобных условиях даже небольшое количество свободного глинозема способно перевести значительную поверхность оксидов железа в малоактивное состояние, а при повышенных концентрациях глинозема в шлаке — и к «тугому» ходу печи.

Таким образом, с высокой уверенностью можно утверждать, что основной причиной повышения

газодинамической напряженности в надфурменных зонах печи, наблюдаемого при доменной плавке глиноземистых руд при современных параметрах процесса (использование высоконагретого комбинированного дутья), является возгонка дополнительного количества субоксидов алюминия из глиноземистого шлака. В пользу подобного утверждения можно привести факт, свидетельствующий о том, что подобное явление проявляется особенно заметно при соизмеримости концентраций глинозема в коксе и шлаке (> 20 %).

Изложенное позволяет сделать важный вывод, необходимый для практической реализации технологии выплавки передельного чугуна на глиноземистых шлаках в современных доменных печах большого объема. При доменной плавке глиноземистых руд (лисаковских концентратов глубокого обогащения) уровень теоретической температуры горения кокса у фурм должен находиться в пределах, исключающих заметное развитие процесса возгонки газообразных составляющих на основе алюминия из глинозема шлака и кокса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предварительный отчет об осуществимости проекта по дефосфоризации. Pre-Feasibility Report for Dephosphorization Project/Ispat Karmet JSC // Prepared by Engineers India Limited. May, 2002. New Delhi, India. 183с. Англ.
2. Бабич А.И., Ярошевский С.Л., Складановский Е.Н. и др. Влияние технологических факторов и условий плавки на взаимосвязь между температурой чугуна и содержанием в нем кремния // Сталь. 1983. 12. С.10-14.
3. Пластинин Б.Г., Балалапов М.К., Никитин Г.М. и др. Температурный уровень жидких продуктов доменной плавки безобжиговых окатышей ЛГОК. В кн.: Комплексное использование руд Лисаковского месторождения. Темиртау, 1982. С.88-90.
4. Мирко В.А., Гладышев В.И., Пластинин Б.Г. и др. Опытные доменные плавки агломерата из обжигмагнитного концентрата Лисаковского ГОКа. Там же. С.84-86.
5. Ким В.А., Иванова В.А., Печегузова Л.Н. Газификация SiO_2 и изменение фазового состава золы кокса при термической обработке // КИМС. 1994. №5. С.41-45.

УДК 678.046.3

А.Н. ИМАНОВ
Е.О. ИСЕКЕШЕВ
Т.Е. ЕРМЕКОВ
Р.В. ТОРНЕР

Оптимизация рецептуры и свойств композиций на основе α -полиолефинов

В связи с возросшими требованиями потребителей к физико-механическим свойствам наполненных полимеров возникла настоятельная необходимость оптимизации свойств ранее разработанных композиционных материалов. С другой стороны, резко возрос ассортимент изделий и конструкций, для производства которых требуются композиционные материалы с качественно новыми свойствами, обеспечивающие их долговечность, высокие эксплуатационные и потребительские свойства.

Ранее нами были разработаны композиционные материалы на основе полиэтилена высокой плотности, содержащие в качестве наполнителя микроволокнистый волластонит, фосфогипс, пирофиллит, ракушечник, мел и каолин, сырьевые ресурсы которых в Казахстане практически неограничены. Для модификации полимерной матрицы были использованы полимеры литиевой полимеризации Воронежского завода СК и некоторые

олигомерные силоксановые жидкости. Разработанные материалы предназначались для производства строительных изделий, деталей санитарно-технического назначения, физико-механические свойства которых отвечали требованиям НТД соответствующих отраслей промышленности [1, 2].

В связи с этим представляло интерес создать композиционные материалы с улучшенными деформационно-прочностными и эксплуатационными свойствами на базе известных композиций с использованием компонентов отечественных производителей. В качестве полимерной матрицы использовали вторичный сополимер этилена с α -бутиленом (СПБ), производимый по уникальной технологии ТОО «Полипласт-Восток», с молекулярной массой $2,5 \div 4,5 \cdot 10^4$, показателем текучести расплава (ПТР) — $2,6 \div 5,4$ г/10 мин. Наполнение полимера производили концентратом микроволокнистого волластонита и карбонатом

кальция, производимыми ЗАО «Алаш» по унифицированной технологии сухого обогащения и помола, не имеющей аналогов. Наполнители отбирали по фракционному составу: $5 \div 50$ мкм — дисперсные частицы и $120 \div 150$ мкм — длина волокна при соотношении диаметра волокна к диаметру 1:25. Обработку поверхности наполнителей производили после прокаливания при 673-773 К. Модификацию структуры СПБ осуществляли пипериленбутиадиенстирольным полимером разветвленного строения (ПБСТР) с молекулярной массой $1,2 \div 1,5 \cdot 10^5$ и ПТР — $3,5 \div 4,5$ г/10 мин. Обработку поверхности наполнителей производили октаметилтетрасилоксаном (ОМЦТС) с молекулярной массой $750 \div 1200$, вязкостью при 293 К — $3,3 \cdot 10^{14}$ Па·с, с температурой кипения $583 \div 673$ К и термостойкостью ~ 773 К.

Композиции готовили смешением в барабанной мельнице, на треть заполненной металлическими шарами, с последующей пластикацией и грануляцией на двухшнековом экструдере «Kollin» (ФРГ). Физико-механические свойства определяли по стандартным методикам для данного класса композиционных материалов. Оптимизацию рецептуры и свойств проводили методом математического планирования эксперимента [3]. Согласно экспериментальной программе содержание СПБ — X_1 варьировали в пределах 50-85 масс %, дисперсно-волоконного наполнителя — X_2 — (10 ÷ 40) масс %, модификатора — X_3 — (2 ÷ 5) масс %. Для изучения влияния X_1 , X_2 и X_3 на деформационно-прочностные свойства композиций определяли корреляционную функцию типа: $Y_o = B_o + \sum B_I X_I + \sum B_{IJ} X_I X_J + \dots$, где B_o , B_I , B_J — коэффициенты уравнения, X_I и X_J — переменные величины.

Экспериментальная программа, составленная для определения искомых корреляционных функций, включает 20 опытов и данные разрушающего напряжения (σ_p), относительной деформации (ϵ_p), ударной вязкости с надрезом по Шарпи и модуля упругости (E_p). На основе плана эксперимента были рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии. Оценку значимости коэффициентов проводили по критерию Стьюдента, значение которого при $P = 0,05$ и $F = 2$ составляет 4,3. В результате расчета получены следующие уравнения регрессии:

$$Y_\sigma = 255,9 + 4,0 X_1 - 66,0 X_2 - 1164,2 X_3 + 81,5 X_1 X_2 - 747,3 X_1 X_3 + 1144,2 X_2 X_3 + 55,1 X_1^2 - 79,5 X_2^2 + 8305,8 X_3^2;$$

$$Y_\epsilon = 122,01 + 181,09 X_1 + 168,35 X_2 + 4319,29 X_3 - 155,80 X_1 X_2 + 2259,97 X_1 X_3 - 21683,69 X_2 X_3 + 412,47 X_1^2 + 944,17 X_2^2 + 29196,04 X_3^2;$$

$$Y_E = 1347,24 - 1245,10 X_1 - 31,26 X_2 + 23844,83 X_3 - 3405,12 X_1 X_2 + 23096,64 X_1 X_3 + 47435,96 X_2 X_3 - 273,18 X_1^2 + 4618,06 X_2^2 - 36189,01 X_3^2.$$

Как видно из полученных уравнений, все три параметра влияют на деформационно-прочностные свойства композиций. Наиболее сильное влияние на изменение физико-механических свойств оказывает совместное введение ПБСТР и ОМЦТС. Так, при

содержании в композициях ПБСТР наблюдается аморфизация структуры СПБ, что подтверждается данными рентгено-структурного анализа. Снижение степени кристалличности приводит к снижению относительной вязкости с $4,9 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^3$ Па·с. С другой стороны, содержание полимерного модификатора (2 ÷ 5 масс %) определяет возрастание относительной деформации при растяжении на 12-15 % и ударной вязкости по Шарпи. Таким образом, при модификации СПБ ПБСТР наблюдается синергический эффект: изменение надмолекулярных образований (эффект легирования) и сшивание макромолекул полимерного связующего (трибохимический эффект). О сшивании макромолекул СПБ в процессе пластикации подтверждает снижение степени набухания образцов (до 20%) в органических растворителях и показателя высокоэластического восстановления экструдата (до 30%), что хорошо согласуется с литературными данными [3].

Повышение степени пространственной сшивки макромолекул СПБ до 7% в присутствии ПБСТР при пластикации на двухшнековых экструдерах, позволяющих создавать необходимые напряжения для активации макромолекул полимерной матрицы в процессе пластикации композиции в расплаве достигается при использовании специальных смесительных элементов в зоне сжатия шнеков экструдера и снижении температуры переработки на 30-40°.

Обработка прокаленной поверхности минеральных наполнителей силоксановым олигомером способствует повышению адгезионной прочности системы полимер-наполнитель, что подтверждается электронно-микроскопическим сканированием поверхности среза образцов. Анализ снимков показал, что с повышением содержания ПБСТР растет число физических «зацеплений» макромолекул СПБ с поверхностью наполнителя.

О повышении адгезионной прочности СПБ — наполнитель судили по снижению поверхностной энергии наполнителей при их обработке ОМЦТС. Для количественной оценки поверхностной энергии определяли значения краевого угла смачивания поверхности подложки из воластонита и карбоната кальция, полученных их спеканием при 10 МПа и 673 ÷ 773 К. Значения краевого угла смачивания снижались с 86° до 70°.

В таблице представлены результаты оптимизации рецептуры и свойств композиций на основе СПБ, минеральных наполнителей и модификаторов на примере локального эксперимента.

В результате оптимизации получены композиционные материалы, соответствующие классу конструкционных материалов. В производственных условиях ТОО «Полипласт Восток» получена промышленная партия композиций (10 тонн) и отформованы изделия и детали для строительной промышленности (плиты, трубы), детали машиностроения (диски, шкивы, накладки), комплектующие для железной дороги (прокладки, подкладки, шайбы).

СОСТАВ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ

Компонент, масс %			Показатель		
СПБ	Наполнитель	Модифик.	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E_p , МПа
98	0	2	258	156	1,1
88	10	2	264	96	1,8

78	20	2	271	78	1,7
68	30	2	231	53	1,8
58	40	2	230	45	2,2

Примечание: наполнитель — дисперсно — волокнистый в соотношении 1 : 1, модификатор — ПБСТР, все композиции термостабилизированы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусалимов И.Г. Получение и переработка наполненных материалов на основе полипропилена: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1992. С. 210.
2. Мусалимов И.Г., Иманов А.Н. Композиционные материалы на основе полипропилена. Алматы: НАДП и МИ РК. 1996. С. 56-63.
3. Серафимов В.Л., Акутин М.С., Будницкий Ю.М. Улучшение эксплуатационных свойств изделий из наполненного полиэтилена // Пластич. массы. 1974. №4. С. 76-77.

УДК 678.046.3

А.Н. ИМАНОВ
Ю.М. БУДНИЦКИЙ
Е.О. ИСЕКЕШЕВ
Т.Е. ЕРМЕКОВ

Процессы релаксации в высоконаполненных композициях

Для получения композиционных материалов широко применяют различные по форме частиц минеральные наполнители в сочетании с полимерными матрицами, влияние которых на физико-механические свойства полифункционально. Одним из важнейших свойств материалов, проявляющихся при эксплуатации, является релаксация внутренних напряжений. Процессы релаксации связаны с возникновением в композиционных материалах на границе раздела фаз «полимерная матрица-наполнитель» внутренних напряжений вследствие разницы в значениях коэффициента Пуассона и коэффициента линейного термического расширения связующего и армирующего наполнителя. Введение в состав композиций модифицирующих добавок обеспечивает улучшение смачиваемости поверхности наполнителя полимерными связующими, что приводит, как правило, к снижению внутренних напряжений, повышению адгезионной прочности системы «полимер-наполнитель» и, как следствие, возрастанию деформационно-прочностных показателей [1].

В связи с этим в настоящей работе исследованы процессы релаксаций напряжений в композиционных материалах на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) — сополимера этилена с α -бутиленом (~5,0%).

Композиции получали смешением ПЭВП с молекулярной массой $10^3 \div 10^4$, показателем текучести расплава (ПТР) $2,6 \div 3,2$ г/10 мин с микроволокнистым волластонитом и дисперсным каолином и кварцевой мукой в шаровых мельницах с последующей пластикацией и гранулированием в двухшнековом лабораторном экструдере «Kollin». Дисперсные наполнители и волластонит перед применением (10-15 мин) прокачивали при температуре $673 \div 973$ К в зависимости от их теплофизических характеристик в течение 30-40 мин до достижения постоянного веса и влажности

~ 0,1 ÷ 0,2 %. Прокаленный наполнитель загружали в шаровую мельницу, на 1/3 заполненную металлическими шарами, и при температуре 298 ± 5 К аппретировали их поверхность в течение в $10 \div 15$ мин. Аппретирование — производили 0,3 ÷ 0,5 масс % промежуточным продуктом производства октаметилциклотетрасилоксана (ОМЦТС).

Релаксацию напряжений исследовали на приборе «UTS — 10 Testtechnick» (ФРГ). Измерение напряжений проводили на стандартных образцах в виде «лопатки» при скорости нагружения 50 мм / мин., нагрузку варьировали $10 \div 50$ кгс. Время релаксации рассчитывали по методике [1]: $\sigma_t = \sigma_\infty + \sigma_{oi} \cdot e^{-(t/\tau)}$, где σ_e — напряжение в момент времени нагружения t ; σ_∞ — установившееся значение напряжения; τ — время релаксации; σ_{oi} — константа, характеризующая тип полимерного связующего.

В таблице представлены результаты изучения релаксационных процессов и прочностные свойства материалов на сжатие.

В интервале времени $0 \div 170$ мин определяли спектральную составляющую уравнения (1) с малым временем релаксации (τ_1), а в интервале $170 \div 400$ мин — параметры второй спектральной составляющей с большим временем релаксации (τ_2). Как видно, с повышением концентрации наполнителя $10 \div 50$ масс % значения τ_2 увеличиваются. Этот эффект усиливается при введении в состав композиций ТЭП, τ_2 — монотонно снижается во всем диапазоне исследований. Введение ОМЦТС в состав композиций, содержащий ТЭП, приводит снижению уровня остаточных напряжений и повышению прочностных свойств. В этом случае очевидно проявление легирующих свойств силоксановой добавки. Об аморфизации структуры ПЭВП судили по снижению степени кристалличности полимерного связующего. Аморфизация структуры полимера, как известно, способствует увеличению подвижности надмолекулярных структур и повышает скорость протекания релаксационных процессов [2].

Установлено, что модификация ПЭВП термоэластопластами и октаметилциклотетрасилоксаном, как показали экспериментальные данные, ускоряют протекание релаксационных процессов как начального участка резкого падения напряжения, так и участков, где эти процессы протекают на уровне надмолекулярных образований полимера. Так, повышение деформационно-прочностных свойств характеристик композиций указывало на повышение адгезионной прочности на границе раздела фаз за счет улучшения смачиваемости поверхности минеральных наполнителей. При аппретировании поверхности волластонита ОМЦТС улучшение адгезионного взаимодействия проявляется наиболее отчетливо. Об улучшении смачиваемости поверхности подложки из волластонита и дисперсных наполнителей судили по уменьшению $\cos \theta$ на $5 \div 7^\circ$. Наибольшее изменение поверхностной энергии наблюдается при использовании в качестве наполнителя волластонита и кварцевого песка или их смеси. Синергический эффект, проявляемый при введении в состав композиции эластомеров в присутствии силоксанового олигомера, нами отмечался ранее [3]. В рамках настоящей работы можно отметить, что наряду с ростом скорости снижения падения напряжения наблюдается улучшение реологических характеристик композиций.

Изменение структуры полимерного связующего в результате модифицирования изучали методом динамического механического анализа. Установлено, что содержание $30 \div 50$ масс. % наполнителя приводит к смещению температуры α -переходов на $8 \div 15^\circ$, что подтверждает повышение жесткости адгезионного взаимодействия полимера с наполнителем. Рост температуры γ -переходов на $5 \div 10^\circ$ свидетельствует о снижении сегментальной подвижности надмолекулярных структур сополимера. Сдвиг максимума в сторону высоких температур, который находится в области плавления, хорошо согласуется с утверждением аморфизации структуры связующего. О снижении степени кристалличности судили по данным, полученным дифференциально-сканирующей калориметрии. Так, в исследуемых системах степень кристалличности снижалась с 75 до 64 %. По смещению пика тангенса угла механических потерь $[\text{tg} \delta]$ в низкотемпературной области судили о полном протекании релаксационных процессов при модификации структуры полимера термоэластопластами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Состав композиций	Модификатор, масс. %		Время релаксации, мин.	Прочность при сжатии, МПа
	ТЭП	ОМЦТС		
ПЭВП +0	0	0	100	32
+ 10 масс. % ДВН	5	0	180	36
+ 30 масс. % ДВН	5	0	214	43
+ 50 масс. % ДВН	5	0	270	47
+ 10 масс. % ДВН	5	0,5	140	39
+ 30 масс. % ДВН	5	0,5	175	46

+ 50 масс. % ДВН		0,5	5	52
------------------	--	-----	---	----

Примечание: Композиции термостойко стабилизированы.

Таким образом, показано, что глубокие релаксационные процессы в исследуемых композициях протекают интенсивно при введении как индивидуальных модификаторов, так и при их совместном применении, проявляя при этом положительный синергический эффект. Полученные результаты подтверждаются данными механических и теплофизических методов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кербер М.Л., Кравченко Т.П., Васильева С.В. Исследование релаксаций напряжений в армированных полиамидах // Пластич. массы. 1991. №6. С. 40-41.
2. Колдашов В.Н. Разработка методов регулирования физико-химических свойств высоконаполненного полиэтилена: Дис. ... канд хим. наук. М., 1981. С. 98-101.
3. Иманов А.Н., Мусалимов И.Г. Термопластичные композиционные материалы: Алматы: НАДП и МИ, 1996. С. 76-79.

Раздел 4

Горные машины
и оборудование

УДК 622.002.5:681.51854

В.А. ЭТТЕЛЬ

Определение моментов инерции и жесткости
упругих элементов редукторов горных машин

Для определения частот собственных крутильных колебаний редукторов горных машин необходимо знать значения моментов инерции и жесткости упругих элементов [1]. При определении момента инерции ротора электродвигателя, муфт и рабочих органов воспользуемся каталогами, в которых приводятся значения «махового момента» GD^2 кгс·м², где G — вес ротора (муфты); D — диаметр ротора; $I \approx 2,5GD^2$ [2]. Если каталожные данные электродвигателя неизвестны, можно пользоваться приближенной эмпирической формулой [3] $GD^2 \approx 0,36Gd_p$, где d — наружный диаметр ротора.

Зубчатое колесо рассматривается как сплошное тело, диаметр которого равен делительному диаметру. Величина I пропорциональна d , поэтому при расчете моментов инерции все размеры, кроме наибольшего диаметра детали, можно определить по сборочному чертежу узла [2]: $I = \frac{\pi d^4}{32}$. Приведенные моменты

инерции определяются из равенства запаса кинетической энергии исходной и приведенной механических систем [4]. Для приведенных моментов инерции справедливы следующие соотношения.

Для одноступенчатой зубчатой передачи:

$$I_2 = I_1 + I_{1ш} + \frac{I_{1к}}{u_1^2}; \quad I_3 = I_1 + I_{1ш} + \frac{I_{1к} + I_{3о}}{u_1^2}, \quad (1)$$

где $I_{1ш}, I_{1к}$ — моменты инерции соответственно шестерни и колеса первой передачи;

$I_{3о}$ — момент инерции рабочего органа.

Для двухступенчатого редуктора:

$$I_2 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е}}{u_1^2}; \quad I_3 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е} + I_{2о}}{u_1^2}, \quad (2)$$

$$I_4 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е} + I_{2о}}{u_1^2} + \frac{I_{2е} + I_{4г}}{u_1^2 u_{II}^2},$$

где $I_{2ш}, I_{2к}$ — моменты инерции соответственно шестерни и колеса второй передачи;

$I_{4о}$ — момент инерции рабочего органа.

Для трехступенчатого редуктора:

$$I_2 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е}}{u_1^2}; \quad I_3 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е} + I_{2о}}{u_1^2}, \quad (3)$$

$$I_4 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е} + I_{2о}}{u_1^2} + \frac{I_{2е} + I_{3о}}{u_1^2 u_{II}^2} + \frac{I_{3е}}{u_1^2 u_{II}^2 u_{III}^2},$$

$$I_5 = I_1 + I_{1о} + \frac{I_{1е} + I_{2о}}{u_1^2} + \frac{I_{2е} + I_{3о}}{u_1^2 u_{II}^2} + \frac{I_{3е} + I_{5г}}{u_1^2 u_{II}^2 u_{III}^2},$$

где $I_{3ш}, I_{3к}$ — моменты инерции соответственно шестерни и колеса третьей передачи;

$I_{5о}$ — момент инерции рабочего органа;

u_I, u_{II}, u_{III} — передаточные числа зубчатых передач, определяемые через числа зубьев

шестерни и колеса в передаче.

$$u_I = \frac{z_2}{z_1}; u_{II} = \frac{z_4}{z_3}; u_{III} = \frac{z_6}{z_5}, \quad (4)$$

где $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ — числа зубьев зубчатых колес редуктора.

В соответствии с рекомендациями в [4,5,6] воспользуемся следующими соотношениями для определения жесткости упругих элементов.

Жесткости валов, работающих на кручение, определяем из следующего соотношения:

$$c = \frac{GI_p}{l}, \quad (5)$$

где G — модуль упругости второго рода: для валов из стали принимаем $G = 8 \cdot 10^4$ МПа [7];

I_p — полярный момент инерции сечения вала:

$$\text{определяется по формуле } I_p = \frac{\pi d^4}{32} [7];$$

d — диаметр сечения вала;

l — длина вала.

При шпоночном соединении расчетную длину вала на кручение принимаем равной расстоянию между серединами работающих венцов, так как ширина втулок в этих случаях обычно невелика. Контактная податливость шпоночного соединения значительна. Если на вал диаметром d посажена ступица с натягом, то к длине рассчитываемого участка вала (до ступицы) прибавляем величину $l = 0,25d$ [2].

Жесткость шпоночных и шлицевых соединений определяется по формуле [5]:

$$c = k_\phi \cdot d \cdot l \cdot h \cdot z, \quad (6)$$

где d — диаметр вала;

l — длина шпонки или шлица;

h — высота шпонки или шлица;

$k_{ш}$ — коэффициент: для призматических шпонок

$$k_{ш} = 150 \frac{H}{\text{мм}^3} \text{ и для шлицевых соединений}$$

$$k_{ш} = 250 \frac{H}{\text{мм}^3}.$$

Приведенная жесткость цилиндрической зубчатой передачи определяется по формуле [5]:

$$c = k \cdot d^2 \cdot b, \quad (7)$$

где d — начальный диаметр колеса, к оси которого приводится жесткость;

b — ширина зубчатого венца;

k — коэффициент, определяемый экспериментально: для стальных колес

$$k = 3750 \frac{H}{\text{мм}^2} [5].$$

При необходимости в расчетах можно перейти к величине, обратной жесткости — к податливости.

Крутильную податливость шарнирных и зубчатых муфт, а также муфт с резиновыми упругими элементами определяют по данным в [8].

Приведенные к валу электродвигателя жесткости определяют из равенства потенциальных энергий деформированной связи исходной и приведенной систем [6]. Приведенные жесткости определяются из следующих соотношений:

$$c_{23} = \frac{c_{23_0}}{u_I^2}; c_{34} = \frac{c_{34_0}}{u_I^2 u_{II}^2}; c_{45} = \frac{c_{45_0}}{u_I^2 u_{II}^2 u_{III}^2}. \quad (8)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эттель В.А. Исследование и разработка распознающей системы для вибродиагностики редукторов горных машин: Дис. ... канд. техн. наук. Караганда, 2002.
2. Ривин Е.И. Динамика приводов станков. М.: Машиностроение, 1966.
3. Nestorides E.J. A Handbook of Torsional Vibration / Cambridge University Press, 1958.
4. Квартальнов Б.В. Динамика автоматизированных электроприводов с упругими связями. М. — Л.: Энергия, 1965.
5. Коловский М.З. Динамика машин. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989.
6. Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ие, 1976.
7. Писаренко Г.С., Агарев В.А., Квитка А.Л. и др. Сопротивление материалов. Киев: Вища школа, 1974.
8. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский С.А. Справочник по муфтам. Л.: Машиностроение, 1974.

УДК 625.78.002.51

М.К. ТУРГАНБАЕВ

К выбору параметров напорного механизма машины для проходки скважин в грунтах

Исследования проводятся с целью установления необходимых силовых показателей напорного механизма машины для проходки скважин в грунтах при бестраншейной прокладке подземных коммуникаций различного инженерного назначения над существующими наземными сооружениями и транспортными магистралями. Установлено [1], что наиболее эффективным в подобных машинах является гидравлический напорный механизм, позволяющий в широких пределах и без перенастройки изменять силу и скорость воздействия на грунтовой массив.

При проходке скважин большого диаметра, свыше 550 мм, наиболее рациональным представляется инструмент кольцевидного сечения, формирующий скважину с одновременной выдачей грунтового керна. Основным параметром гидравлического напорного механизма, подлежащего исследованию, является напорное усилие F_{cm} . Этот параметр определяется, с одной стороны, технико-эксплуатационными показателями, с другой — физико-механическими свойствами грунта.

Напорное усилие (рис. 1) формируется из сил сопротивления внедрению P_l , сопротивлений по наружной P'_c и внутренней P''_c поверхностям инструмента, а также из силы трения керна о трубу $F_{тр.к}$

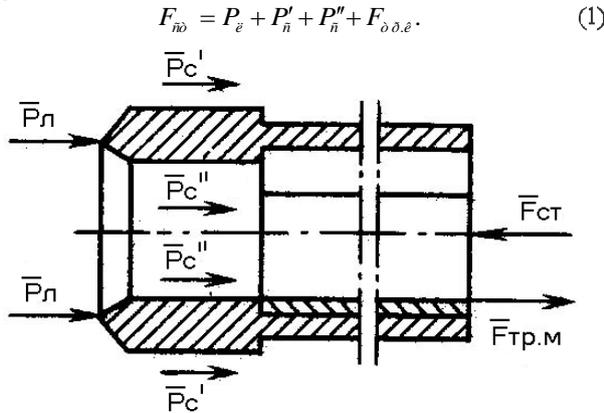


Рис. 1. Схема к расчету усилия напорного механизма

При малых скоростях движения системы расчетная схема взаимодействия инструмента с грунтом может иметь вид, представленный на рис. 2. На наружную поверхность инструмента действуют нормальные напряжения от стенок скважины p'_0 , на внутреннюю — нормальные напряжения от керна p''_0 . В линии перехода цилиндрических поверхностей инструмента на наружный и внутренний конусы напряжения переходят в напряжения от груди забоя p'_e и p''_e , зависящие от угла заострения инструмента:

$$p'_e = p'_i \operatorname{tg} \alpha; \quad p''_e = p''_i \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

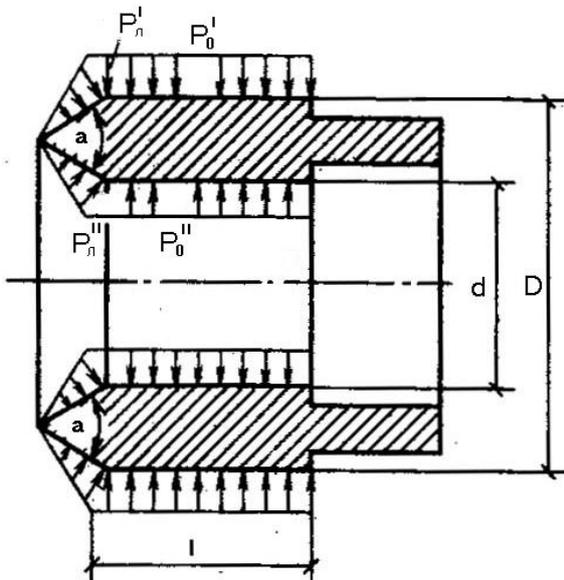


Рис. 2. Расчетная схема взаимодействия инструмента кольцевидного сечения с грунтом

Эти две составляющие определяют напряжения от груди забоя:

$$p' = \sqrt{p'_i{}^2 + p'_e{}^2}; \quad p'' = \sqrt{p''_i{}^2 + p''_e{}^2}. \quad (3)$$

В этом случае лобовые сопротивления на конусах будут:

$$P'_e = P'_e S'_k; \quad P''_e = P''_e S''_k, \quad (4)$$

где S'_k и S''_k — соответственно площади поверхностей наружного и внутреннего конусов. Силы трения грунта о поверхность конуса:

$$F'_{\delta\delta} = p' f S'_k; \quad F''_{\delta\delta} = p'' f S''_k, \quad (5)$$

где f — коэффициент трения скольжения стали о грунт.

Из расчетной схемы следует, что напряжения, действующие на конусы инструмента, не одинаковы и зависят от расстояния до вершины конуса. Выделим на образующих конуса длиной l элементарный участок dl и определим напряжение на нем

$$p = p_0 dl \operatorname{tg} \alpha / L, \quad (6)$$

где L — длина конуса.

Выразим l через L и определим средние напряжения:

$$\left. \begin{aligned} p'_{\text{ср}} &= \int_0^L \frac{p'_0 l}{L} \sin \alpha dl = \frac{p'_0 \sin^2 \alpha}{2 \cos \alpha}; \\ p''_{\text{ср}} &= \int_0^L \frac{p''_0 l}{L} \sin \alpha dl = \frac{p''_0 \sin^2 \alpha}{2 \cos \alpha}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Выражая площади поверхностей конуса через наружный D и внутренний d диаметры инструмента и угол его заострения α , получим:

$$\left. \begin{aligned} E'_e &= \frac{\pi}{8} \delta'_0 \{ 3D + d \quad D - d \operatorname{tg} \alpha \}; \\ E''_e &= \frac{\pi}{8} \delta''_0 \{ 3D + d \quad D - d \operatorname{tg} \alpha \}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Силы трения, действующие на поверхности конусов:

$$\left. \begin{aligned} F'_{\delta\delta} &= \frac{\pi}{8} \delta'_0 \{ 3D + d \quad D - d \frac{f}{\cos \alpha} \}; \\ F''_{\delta\delta} &= \frac{\pi}{8} \delta''_0 \{ 3D + d \quad D - d \frac{f}{\cos \alpha} \}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Нормальные напряжения p'_0 и p''_0 создают на наружной и внутренней цилиндрических поверхностях инструмента силы трения:

$$F'_{\delta\delta\delta} = \pi D p'_0 L f'; \quad F''_{\delta\delta\delta} = \pi D p''_0 L f'', \quad (10)$$

где f' и f'' — соответственно коэффициенты трения грунта о наружную и внутреннюю поверхности инструмента.

Кроме отмеченных сил, препятствующих внедрению инструмента в грунтовой массив, присутствует сила трения керна о трубу

$$F_{тр.к} = \frac{\pi}{4} d^2 L_{np} \gamma f_k, \quad (11)$$

где L_{np} — длина проходки, м;

γ — удельный вес керна, н/м³;

f_k — коэффициент трения керна о трубу.

Таким образом, с учетом уравнений (8) — (11) статическое усилие для внедрения инструмента

$$F_{\text{нб}} = \frac{D}{\delta'_e} + \frac{D}{\delta''_e} + F'_{\delta\delta} + F''_{\delta\delta} + F'_{\delta\delta\delta} + F''_{\delta\delta\delta} + F_{\delta\delta\delta} =$$

$$= \frac{\pi}{8} D - d \left(\operatorname{tg} \alpha + \frac{f}{\cos \alpha} \right) [p'_0 3D + d + p''_0 3D + d] +$$

$$+ \pi L p'_0 D f' + p''_0 D f'' + \frac{\pi}{4} d^2 L_{\tau\sigma} \gamma f_k.$$

Полученное выражение показывает, что статическое усилие $F_{\text{ст}}$ зависит от эксплуатационных

показателей машины (D , L) и от показателей, характеризующих свойства грунта (f' , f'' , f_k , p'_0 , p''_0 , γ). Аналитическое определение второй группы показателей связано со значительными трудностями в теоретическом отношении, вследствие этого они должны быть установлены специальными исследованиями экспериментальным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ешуткин Д.Н., Смирнов Ю.М., Цой В.И., Исаев В.Л. Высокопроизводительные гидropневматические ударные машины для прокладки инженерных коммуникаций. М.: Стройиздат, 1990. 171с.

УДК 625.78.002.51

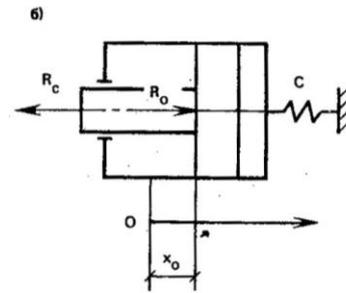
М.К. ТУРГАНБАЕВ

Установление коэффициента жесткости амортизатора машины для проходки скважин в грунтах

Основным исполнительным механизмом, обеспечивающим динамическое приложение нагрузки к рабочему инструменту машины, является гидравлический вибрационный механизм. При его функционировании появляется реактивная сила в направлении, обратном направлению проходки скважины. Это обстоятельство отрицательно сказывается на технико-экономических показателях технологического процесса.

Для исключения отрицательных моментов между корпусом вибрационного механизма и напорным механизмом устанавливается амортизатор [1]. Независимо от вида его исполнения (механический, пневматический, гидравлический и т.п.) основным параметром является коэффициент жесткости, величина которого должна соответствовать как параметрам вибрационного механизма, так и показателям машины.

Аналитические исследования проводятся на основе анализа движения штока вибрационного механизма. Для этого воспользуемся дифференциальными уравнениями. При их составлении пренебрегаем силами сухого и вязкого трения при движении жидкости в рабочих камерах и трубопроводах, длительностью переходных процессов в электрогидравлическом распределителе и в вибраторе. Другие допущения будем формулировать в процессе их принятия.



Расчетная схема к определению параметров вибрационного механизма в фазах прямого а) и обратного б) ходов

Рассмотрим фазу прямого хода, когда шток вибратора внедряет трубу в грунт (см. рис. (а)). Дифференциальное уравнение имеет вид

$$m + m_c \ddot{x}_n = R_n - R_c - C_c - C x_n - H_c \dot{x}_n, \quad (1)$$

где m — масса подвижных частей установки;
 R_n — сила, действующая в камере прямого хода;
 R_c — сила бокового сопротивления внедрению трубы;
 C — жесткость амортизатора;
 m_c , C_c и H_c — соответственно приведенная масса, коэффициенты жесткости и демпфирование грунта.

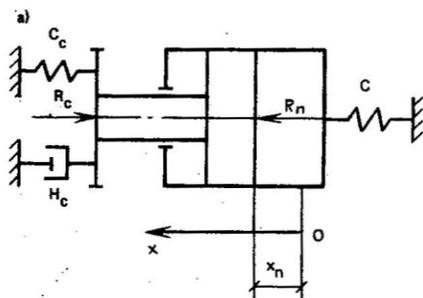
Преобразуем уравнение (1) к виду

$$\ddot{x}_n + 2n\dot{x}_n + K_1^2 x_n = R_n - R_c / m + m_c, \quad (2)$$

где $n = H_c / 2 m + m_c$; $K = \sqrt{C_c - C / m + m_c}$.

Как известно, решение последнего уравнения может иметь три вида в зависимости от соотношения коэффициентов n и K [2]. Наиболее рациональным для вибрационного механизма и машины в целом является случай «малых сопротивлений», когда $n < K$. При этом шток вместе с трубой совершают затухающие колебания. Такое соотношение может быть достигнуто при неизменных H_c , C_c , m_c подбором жесткости амортизатора C и массы подвижных частей m в соответствии с неравенством:

$$\tilde{N} > \frac{H_c^2}{4 m + m_c} - C_c. \quad (3)$$



В этом случае решение уравнения (2) имеет вид

$$x_n = e^{-nt} \operatorname{Asin} K_2 t - a, \quad (4)$$

где $A = \frac{2 R_n - R_c}{H_c} \frac{m + m_c}{m + m_c} \left[4 - C + C_c \frac{m + m_c}{H_c^2} \right]^{3/2}$

— амплитуда колебаний;

$$K_2 = \sqrt{K_1^2 - n^2}; \quad a = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{4 C + C_c}{H_c} \frac{m + m_c}{H_c^2}} - 1$$

— начальная фаза колебаний.

При установлении параметров фазы прямого хода примем, что скорость штока в конце этой фазы равна нулю. Продифференцируем уравнение (4) по времени и приравняем его нулю. При этом учтем, что $e^{-nt} \neq 0$; $A \neq 0$; $K_2 \neq 0$; $n \neq 0$. Тогда получим выражение для определения времени фазы прямого хода:

$$t_n = \frac{a}{K_2} = \frac{2 m + m_c}{\sqrt{4 C + C_c} \frac{m + m_c}{H_c^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{4 C + C_c}{H_c} \frac{m + m_c}{H_c^2}}. \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение движения штока вместе с трубой в фазе обратного хода, согласно рисунку (б), имеет вид:

$$m\ddot{x}_0 = R_0 - R_c - cx_0, \quad (6)$$

где R_0 — сила, действующая в камере обратного хода.

Преобразуем последнее уравнение к классическому виду:

$$\ddot{x}_0 + K_3^2 x_0 = R_0 - R_c / m. \quad (7)$$

Его решение определится выражением

$$x_0 = \left[R_0 - R_c \frac{1 - \cos K_3 t}{K_3} \right] / c, \quad (8)$$

где $K_3^2 = c/m$.

При установлении параметров обратного хода примем, что скорость в конце фазы равна нулю. После дифференцирования уравнения (8) и с учетом $R_0 - R_c \neq 0$; $c \neq 0$; $m \neq 0$ определим продолжительность фазы обратного хода

$$t_0 = \pi \sqrt{m/c}. \quad (9)$$

В этом случае частота колебаний вибратора определяется уравнениями (5) и (9):

$$\omega = 1 / (t_n + t_0). \quad (10)$$

Для установления рациональной жесткости амортизаторов представим амплитуду вынужденных колебаний в виде

$$a = x_{cm} K_0, \quad (11)$$

где x_{cm} — статическая деформация грунтового массива:

$$x_{\dot{n}0} = R_n + F_{\dot{n}0} / \tilde{N} + \tilde{N}_{\dot{n}}. \quad (12)$$

Здесь F_{cm} — усилие со стороны напорного механизма.

K_0 — коэффициент динамичности системы:

$$K_0 = \left[\left(1 - \frac{\omega^2}{K_2^2} \right)^2 + \frac{4n^2 \omega^2}{K_2^4} \right]^{-1/2}. \quad (13)$$

Подставляя в формулу (11) выражения (12) и (13), получим

$$a = \frac{R_n + F_{\dot{n}0}}{\tilde{N} + \tilde{N}_{\dot{n}}} \left[\left(1 - \frac{\omega^2}{K_2^2} \right)^2 + \frac{4n^2 \omega^2}{K_2^4} \right]^{-1/2}. \quad (14)$$

После некоторых преобразований последнее уравнение позволяет определить жесткость амортизатора

$$C = m + m_c \left[\omega^2 \pm \sqrt{\frac{R_n + F_{cm}}{a^2 m + m_c} - 4n^2 \omega^2} \right] - C_c. \quad (15)$$

Анализ последнего выражения показывает, что при приемлемых конструктивных и силовых параметрах вибратора и выходных показателях машины жесткость амортизаторов близка к

$$C = (0,3 \dots 0,6) C_c.$$

Выражение (15), кроме того, может быть использовано для определения коэффициентов жесткости амортизаторов подобных машин для других технологических целей. Это, к примеру, машины для вытрамбовки котлованов, статико-динамические рыхлители, активные ковши бульдозеров, погрузчиков, ручной механизированный инструмент и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ешуткин Д.Н., Смирнов Ю.М., Цой В.И., Исаев В.Л. Высокопроизводительные гидропневматические ударные машины для прокладки инженерных коммуникаций. М.: Стройиздат, 1990. 171с.
2. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. М.: Наука, 1979. 384с.

УДК 622.3.012
А.А. МУХАММЕТЖАН

Расчет и обоснование норматива сдачи отработанных индустриальных масел самоходного горного оборудования для подземных рудников корпорации «Казахмыс»

Индустриальные масла на рудниках используются в качестве рабочей жидкости в гидросистемах самоходных горных машин, для смазки деталей бурильных машин в распыленном виде в среде

сжатого воздуха, в гидромеханических коробках передач и др.

Норма сбора отработанных промышленных масел в объеме 70% к расходу свежих установлена в корпорации «Казахмыс».

Практическая реализация этой нормы на подземных рудниках в объеме установленной нормы не возможна. Такой вывод сделан по результатам исследования надежности и долговечности самоходных горных машин [1].

Основные причины:

1. Низкий уровень качества гидроузлов.

2. Специфика работы самоходных горных машин и особенно повреждаемость маслопроводов и гидроаппаратуры в результате аварийных ситуаций при работе в стесненных условиях и падения заколов, механических воздействий кусками руды при падении с кровли, а также при погрузке и транспортировании, вызывающих разгерметизацию гидросистем.

3. Конструктивные факторы: отсутствуют на самоходных горных машинах сигнализация о разгерметизации гидросистемы, запирающие гидросистему от выброса масла устройства, автоматически отключающие гидронасосы.

Оператор не имеет возможности своевременно предотвратить выброс масла насосом из гидросистемы. Из-за шума, вибрации и местонахождения он не всегда может сразу зафиксировать разгерметизацию, а гидронасосы высокой производительности опорожняют масляный бак за считанные минуты.

Таким образом, положение таково, что плановых замен масла в гидросистемах во время эксплуатации самоходных горных машин практически не бывает и проводится только доливка свежих масел.

Сбор отработанных масел возможен во время ремонтов гидросистем самоходных горных машин в подземных условиях и при направлении машин на капитальный ремонт и списание.

Объем сбора отработанных масел определен по данным работы самоходного горного оборудования Восточно-Жезказганского рудника (ВЖР) и результатам наблюдений за эксплуатацией и ремонтом машин в подземных условиях.

Рудником для самоходного горного оборудования израсходовано в 2000 г. следующее количество масел по маркам:

промышленное масло И-20 и заменители	469 т.
масло марки «А»	72 т.
перфораторное И-68СХ	241 т.

Масло И-68СХ израсходовано на смазку перфораторов бурильных установок в распыленном виде в среде сжатого воздуха, сбор отработанного масла отсутствует. Расчет сбора отработанных масел из систем и узлов самоходных горных машин приведен в таблице.

Из таблицы видно, что сбор по самоходному горному оборудованию ВЖР составляет 83354 кг или в процентах от свежих масел: $541000 \text{ кг} \cdot 0,15 = 81150 \text{ кг}$.

Таким образом, сбор промышленных масел на подземных рудниках с эксплуатируемых самоходных горных машин рекомендуется в размере 15% от расхода свежих масел.

РАСЧЕТ СБОРА ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ ИЗ СИСТЕМ И УЗЛОВ САМОХОДНЫХ ГОРНЫХ МАШИН

Марка машин	Наименование узлов	Среднее количество замен масла			Парк машин, шт	Емкость гидросистем	Количество сливаемого масла, л (коэф. наполнения емкости 0,8)
		при текущих ремонтах	при кап. ремонтах	при списании			
УБШ-532Д и другие типа УБШ	ГМП	5,6	0,5	0,25	23	55	6426
	Маслобак гидросистемы	2,17	0,5	0,25	-	300	16126
Машины типа ПНБ	Бак гидросистемы	0,6	0,25	0,25	25	90	1981
МоАЗ-7405-9586	ГМП	5,9	0,25	0,25	59	70	21146
	Объединённая гидросистема рулевого и опрокидывающего механизмов	3	0,25	0,25	-	120	1982
	Амортизаторы	1,7	0,25	0,25	-	1,2x2	250
	ГМП	1	0,25	0,25	1	40	48
ПД-8Б	Гидросистема	1	0,25	0,25	-	430,0	517
	Картер привода	1	0,25	0,25	-	2,0	2
ПМЗШ	Гидросистема	2	0,2	0,2	7	110	1478
	Гидроусилитель	7	0,2	0,2	-	4	166
	Пневмодвигатель	40	0,20,2	0,2	-	0,8	181
	Амортизаторы	2	-	0,2	-	0,752	20
СП-8А	Маслобак гидросистемы	4	0,2	0,2	12	80	3379
	Пневмодвигатель привода маслостанции	6	0,2	0,2	-	0,8	50
	Гидроусилитель	1	0,2	0,2	-	4	54
	Амортизаторы	1	0,2	0,2	-	1,5	20
ПК-5М	Маслобак гидросистемы	0,5	0,2	0,2	2	260	374
	Гидроусилитель	0,5	0,2	0,2	-	4	6
	Пневмодвигатель	0,5	0,2	0,2	-	0,8	2
	Амортизаторы	1,5	0,2	-	-	0,752	5
ГСБУ-2 и другие типа СБУ	Маслобак гидросистемы	2	0,25	0,25	9	30x2	1080
	Редуктор гусеничного хода	11	0,25	0,25	-	8,5x2	1407
	Пневмодвигатель	11	0,25	0,25	-	2,5x2	414
Миниматик	Гидросистема	1	0,25	0,25	4	42	202
	Гидросистема усилителя	4	0,25	0,25	20	55	3960
Погрузчик ЛК-1 и машины на тягаче Фадрома	Гидросистема поворота	2	0,25	0,25	-	130	6240
	Гидросистема рабочая	2	0,25	0,25	-	130	6240
						Итого:	91598л
						или	83354кг

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Научно-техническое обеспечение внедрения новой техники и эффективного использования парка самоходного оборудования на рудниках АО «ЖЦМ»: Отчет о НИР. Жезказган, 2001.

Раздел 5

Транспорт

УДК 622.684.001.25

М.К. ИБАТОВ

Оценка загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами отработавших газов при работе карьерного автотранспорта

Анализ состояния атмосферы промышленных карьеров и причин ее загрязнения показывает, что основным источником загрязнения воздуха рабочей зоны карьеров в настоящее время является автомобильный транспорт.

Автотранспортное средство (АТС) может выбрасывать в среду вредные вещества не только за счет выброса в атмосферу отработавших газов (ОГ), но и в результате взаимодействия АТС с поверхностью автодороги. Последнее при всей его значимости в процессе загрязнения атмосферы карьера является самостоятельным направлением исследований, выходит за рамки задач данной работы и рассматриваться не будет. В системе «атмосфера — территория» будем рассматривать не подсистему «АТС — дорога», а только подсистему «АТС — атмосфера». Основными элементами этой системы являются:

- автосамосвал, выбрасывающий в атмосферу карьера вредные вещества с отработавшими газами;
- атмосфера карьера, в которой происходит распределение вредных примесей, выступающая средой. Под средой будем подразумевать объем воздуха, который определяется характеристиками автодороги (длиной и шириной полотна дороги) и высотой (глубиной) уступа карьера;

- метеорологические условия, задающие механизм и характер распределения вредных компонентов в атмосфере.

Так как качественные характеристики автомобильной карьерной дороги нами не рассматриваются, то в качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы карьера, предлагается использовать категорию опасности карьерной дороги, которую следует определять через опасность (выбросы) карьерного автотранспорта. Таким образом, предлагается использовать показатель «категория опасности автотранспорта» (*КОА*).

Если отдельное автотранспортное средство можно рассматривать в качестве точечного источника вредных выбросов, то карьерную автодорогу можно рассматривать как протяженный (линейный) источник выбросов вредных веществ. Очевидно, что количество выбросов будет зависеть от количества автотранспортных средств и типа их двигателей.

Рассмотрим факторы, определяющие скорость генерирования вредных веществ на карьерной автодороге. При этом необходимо решить следующие задачи:

- произвести оценку поверхности карьерной автодороги и объема воздуха, в котором распределяются вредные вещества;

- определить интенсивность газовой выделения с единицы поверхности автодороги в единицу времени;
- оценить количество вредного вещества, находящегося в атмосфере карьера в данный момент времени.

Суммарная поверхность полотна дороги S_D в простейшем случае определяется как произведение ширины дороги B_D на ее длину L_D , то есть по формуле:

$$S_D = B_D \cdot L_D. \quad (1)$$

Объем воздуха, в котором распределяется вредное вещество, определяется характеристиками автодороги и представляет собой полуцилиндр радиуса R_D , ось которого находится на средней линии автодороги. Объем воздуха V^A на участке автодороги в этом случае определяется из выражения:

$$V^A = 0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 \cdot L_D. \quad (2)$$

Количество вредных веществ M^{BB} , выбрасываемых движущимся автосамосвалом в единицу времени, равно:

$$\dot{M}^{AA} = \dot{E}^{dE} \cdot V^{iA}, \quad (3)$$

где K^{TK} — концентрация вредного вещества (токсичного компонента) в отработавших газах карьерного автосамосвала;
 V^{OG} — объем отработавших газов, выбрасываемых карьерным автосамосвалом в единицу времени.

С другой стороны, количество вредных веществ, выделяемых участком автодороги, можно определить через среднюю концентрацию K_{ND}^{dE} вредного вещества в объеме атмосферы карьера:

$$M^{BB} = K_{CP}^{TK} \cdot V^B, \quad (4)$$

где K_{CP}^{TK} — концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны.

Очевидно, что в этом случае подразумевается наличие своеобразного квазистационарного равновесия, при котором скорость поступления вредных веществ в атмосферу карьеров равна скорости поступления вредных веществ с отработавшими газами карьерного автотранспорта.

Сопоставляя уравнения (3) и (4), получим уравнение, связывающее территориальные характеристики автодороги и технологические параметры двигателей автотранспортных средств;

$$K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot t_A = K_{CP}^{TK} \cdot V^B, \quad (5)$$

где t_A — время движения автосамосвала на данном участке дороги.

При решении уравнения (5) относительно концентрации вредного вещества в воздухе получим следующую формулу:

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot t_A / V^B. \quad (6)$$

Уравнение (6) не учитывает возможное перераспределение вредных веществ по высоте в результате различия плотностей вредных компонентов, входящих в состав отработавших газов и воздуха. То есть в данном случае предполагается, что распределение вредных веществ происходит

равномерно-радиально от средней линии полотна дороги. Причем мы не рассматриваем механизм распределения, а в реальных условиях распределение вредного вещества в атмосфере может осуществляться как в результате конвективных процессов, так и в результате молекулярной диффузии.

Насколько правомерен отказ от учета плотностей вредных компонентов, входящих в состав отработавших газов? Для газовых компонентов сравнение плотностей газа и воздуха можно производить на основании сравнения их молекулярных (молярных) масс. Средняя молярная масса воздуха равна $M_{возд} = 29$ г/моль. Нами рассматриваются такие вредные компоненты отработавших газов, как оксид углерода CO ($M_{CO} = 28$ г/моль) и оксиды азота NO_x , представленные в основном оксидом азота состава NO_2 ($M_{NO_2} = 46$ г/моль). Так как молярные массы указанных газов и воздуха близки по величинам, то перераспределения их по высоте в результате различия плотностей происходит практически не будет.

Значительно большее влияние на распределение вредных веществ в этом случае будут оказывать конвективные и тепловые потоки и метеорологические условия. Перенос и рассеивание вредных веществ в атмосфере карьера будут зависеть, в первую очередь, от скорости воздушных потоков, определяющих объем воздуха, в котором распределяется вредное вещество. При этом распределение вредного вещества внутри этого объема осуществляется по законам конвективной диффузии. Объем воздушной среды будет включать постоянный объем среды в приземном слое атмосферы, определяемый по выражению (2), и его прирост ΔV^B , который создается диффузионными процессами:

$$V^B = 0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 \cdot L_D \pm \Delta V^B. \quad (7)$$

Знак «плюс» в выражении (7) ставится тогда, когда объем воздушной среды нарастает за счетходящих или горизонтальных воздушных потоков, а знак «минус» — когда объем воздуха уменьшается в результате температурных инверсий. Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления (скорость ветра меньше 2 м/с), рассеивание вредных веществ будет происходить по механизму молекулярной диффузии. Снижение концентрации вредного вещества в воздухе за счет молекулярной диффузии значимо лишь при вертикальном переносе $L_{диф} = \Delta h_A$, где Δh_A — изменение высоты приземного слоя.

Таким образом, используя предложенную модель интегральной оценки загрязнения атмосферы карьера вредными веществами отработавших газов карьерного автотранспорта, можно определить степень загрязнения газовыми выбросами каждой точки рассматриваемой территории.

Рассмотрим далее характеристики транспортного потока на выделение и накопление вредных веществ в атмосфере карьера. Величина концентрации вредных веществ в атмосфере является функцией интенсивности движения на автодорогах. Произведем оценку количества выбросов вредных веществ,

категорию опасности каждого вещества, а затем категорию опасности автотранспорта. Количество выбросов вредных веществ с отработавшими газами автотранспортных средств в данном случае определяли по методике, приведенной ниже.

Массовый выброс вредных веществ \dot{M}_j^{BB} с отработавшими газами автосамосвалов при их движении по автодороге можно рассчитать по формуле:

$$M_j^{BB} = m_i \cdot k^{TC} \cdot L_D \cdot N_A, \quad (8)$$

где $L_A = L_D \cdot N_A$ — суммарный пробег по данной дороге всех автосамосвалов за заданный период времени;

N_A — количество автосамосвалов, проходящих через участок дороги за заданный период времени;

m_i — пробеговый выброс i -го вредного вещества (компонента);

k^{TC} — коэффициент, учитывающий влияние технического состояния на массовый выброс i -го вредного вещества (компонента).

Зная величину приведенного пробегового выброса для различных вредных веществ, а также пробег автосамосвалов по данной автодороге, можно рассчитать выбросы каждого вредного вещества. Так как пробег автосамосвалов является функцией интенсивности и скорости движения автотранспорта, то суммарный пробег L_A , например, за рабочую смену, можно рассчитать по следующей формуле:

$$L_A^{CM} = v_A \cdot t_A \cdot N_A^{CM}, \quad (9)$$

где v_A — средняя скорость автосамосвала;

t_A — время движения автосамосвала на данном участке дороги;

N_A^{CM} — число автосамосвалов, прошедших по данной автодороге за смену.

Если рассматривать единицу длины карьерной автодороги, то количество выбрасываемого вредного вещества M^{BB} можно рассматривать через объем ОГ и время нахождения автосамосвала на участке автодороги. Необходимо учитывать, что по дороге движутся несколько автотранспортных средств.

Возьмем произвольный участок карьерной автодороги длиной L_D . Автосамосвал проходит это расстояние за время t_A со скоростью v_A . Масса вредного вещества, поступившего в атмосферу, будет равна:

$$M^{BB} = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot t_A \cdot N_A = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot N_A \cdot L_D / v_A. \quad (10)$$

Сравнивая выражения (4) и (10), получим следующее выражение:

$$K_{CP}^{TK} \cdot V^B = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot N_A \cdot L_D / v_A. \quad (11)$$

Откуда получаем выражение относительно концентрации вредного вещества на границе объема атмосферы автодороги:

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot N_A \cdot L_D / (v_A \cdot V^B). \quad (12)$$

Из выражения (12) следует, что концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны

увеличивается по мере увеличения числа автотранспортных средств, проходящих через данный участок дороги.

Так как концентрация вредного вещества в атмосфере карьера определяется на границе объема автодороги, то можно определить зависимость концентрации вредного вещества от расстояния от средней линии автодороги R_D . При этом будем считать, что объем атмосферы определяется по выражению (2).

Подставляя выражение (2) в (12), получим:

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot N_A \cdot L_D / (v_A \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 \cdot L_D) \quad (13)$$

или, после сокращений,

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot N_A / (v_A \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2). \quad (14)$$

Выражение (14) позволяет рассчитать концентрацию вредного вещества в атмосфере карьера (или в рабочей зоне) на требуемом расстоянии от средней линии автодороги. Практическая применимость этого выражения достаточно сложна и требует большого числа различных допущений. В частности, режим работы дизельного двигателя карьерного автосамосвала должен быть постоянным, что практически невыполнимо. Изменение режима работы двигателя приводит к изменению объема выброса отработавших газов и концентрации вредного вещества в них, а также к изменению скорости автосамосвала. Уравнение теряет смысл при близких расстояниях от средней линии автодороги (теоретически $K_{CP}^{TK} \rightarrow \infty$ при $R_D \rightarrow 0$), поэтому может быть применимо на расстояниях, больших, чем геометрические размеры автомобиля (реально 5÷10 м).

Как следует из выражения (14), концентрация вредного вещества в рабочей зоне убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от средней линии автодороги. Можно рассчитать расстояние, на котором концентрация вредного вещества уменьшается до значения ПДК. Для этого в выражение (14) необходимо принять $K_{CP}^{TK} = \text{ПДК}$. В этом случае

$$R_{\text{ПДК}} = \left[K^{TK} \cdot V^{OG} \cdot N_A / 0,5 \cdot \pi \cdot \text{ПДК} \cdot v_A \right]^{0,5}, \quad (15)$$

где $R_{\text{ПДК}}$ — расстояние от средней линии автодороги до точки, в которой концентрация вредного вещества равна ПДК.

С другой стороны, используя выражение (14), можно определить максимальное число автотранспортных средств, которым необходимо пройти через данный участок дороги для накопления в воздухе рабочей зоны вредного вещества в концентрации, равной значению ПДК. Это выражение имеет вид:

$$N_A = K_{CP}^{TK} \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v_A / K^{TK} \cdot V^{OG}. \quad (16)$$

Все вышеприведенные выражения получены без учета ветровых явлений, которые должны внести существенные коррективы в механизм распределения вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Рассмотрим влияние ветра на распределение вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Влияние ветра проявится в том, что изменится скорость движения автотранспортного средства относительно атмосферы. Возможны следующие случаи.

1. Направление ветра совпадает с направлением автодороги и направлением движения автотранспортного средства, скорость ветра меньше скорости движения АТС. Это равносильно уменьшению скорости АТС относительно наблюдателя, движущегося параллельно полотну дороги со скоростью ветра. В этом случае выражение (14) приобретает вид:

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{Or} \cdot N_A / [0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 \cdot (v_A - w)], \quad (17)$$

где w — скорость ветра.

Как следует из выражения (17), концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны будет увеличиваться по сравнению с условиями, соответствующими шторму.

Очевидно, что при условии $v_A = w$ выражение (17) теряет смысл и неприменимо. В этом случае автосамосвал представляет собой точечный движущийся источник выброса вредного вещества, и распределение вредного вещества в воздухе рабочей зоны будет осуществляться только в результате молекулярной диффузии.

2. Направление ветра совпадает с направлением автодороги и противоположно направлению движения АТС. В этом случае выражение (14) приобретает вид:

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{Or} \cdot N_A / [0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 \cdot (v_A + w)]. \quad (18)$$

Как следует из выражения (18), концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны будет уменьшаться по сравнению с условиями, соответствующими шторму.

Для случаев, соответствующих выражениям (17) и (18), среднее увеличение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны наблюдаться не должно, так как в единицу времени выброс вредных веществ с отработавшими газами двигателей остался прежним. Увеличение или уменьшение концентраций вредных веществ будет в произвольной точке на расстоянии R_D от автотранспортного средства, если наблюдатель движется параллельно с АТС (например, находится в кабине). Если наблюдатель находится неподвижно вблизи дороги, то применимо выражение (14).

3. Направление ветра не совпадает с направлением автодороги и направлением движения автотранспортного средства, а скорость ветра меньше скорости движения АТС. В этом случае происходит смещение объема атмосферы относительно средней линии автодороги. При этом теряется симметричность расположения оси полуцилиндра относительно средней линии полотна автодороги. Кроме того,

нарушается и форма объема атмосферы (полуцилиндр в своем сечении переходит от полукруга к полуэллипсу, в фокусе которого находится генератор выбросов — автосамосвал).

В этом случае выражение (14) необходимо дополнить в соответствии с выражением (7). При этом, с учетом выражения (12), получаем следующую формулу:

$$K_{CP}^{TK} = K^{TK} \cdot V^{Or} \cdot N_A / [(0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 + \frac{\Delta V^B}{L_D}) \cdot v_A]. \quad (19)$$

Определим дополнительный объем ΔV^B , возникающий в результате горизонтальных перемещений воздушных масс. С определенной долей погрешности можно считать, что форма вытянутого полуэллипса приближается к форме прямоугольного параллелепипеда:

$$\Delta V^B = L_D \cdot a \cdot h_A, \quad (20)$$

где a — ширина дополнительного объема воздуха.

Высота приземного слоя атмосферы h_A выбирается в пределах 20÷40 м, а ширина дополнительного объема воздуха возникает в результате сдувания воздуха боковым ветром. Эта величина определяется по формуле:

$$a = w \cdot t_A \cdot \sin \alpha = \frac{w \cdot L_D \cdot \sin \alpha}{v_A}, \quad (21)$$

где α — угол между вектором скорости ветра и вектором движения АТС;

$w \cdot t_A$ — расстояние сдвига объема атмосферы относительно средней линии автодороги за единицу времени t_A .

После подстановки выражения (21) в (20), а затем в (19) окончательно получаем выражение, позволяющее описать процесс распределения вредных веществ отработавших газов дизельных ДВС в атмосфере карьеров при работе карьерного автотранспорта и оценить уровень загрязнения рабочей зоны промышленных карьеров:

$$K_{CP}^{TK} = \frac{K^{TK} \cdot V^{Or} \cdot N_A}{(0,5 \cdot \pi \cdot R_D^2 + \frac{L_D \cdot h_A \cdot w \cdot \sin \alpha}{v_A}) \cdot v_A}. \quad (22)$$

Из уравнения (22) можно сделать вывод, что ветер уменьшает концентрацию вредного вещества на расстоянии R_D за счет образования дополнительного объема воздуха в результате ветровой нагрузки. Очевидно, что максимальное снижение концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны будет наблюдаться при направлении ветра перпендикулярно автомобильной дороге. При этом уравнение (22) является общим, а уравнение (14) следует рассматривать как частный случай.

Разработка математической модели процесса нейтрализации токсичных компонентов в выхлопе двигателей позволит оценить значимость факторов, влияющих на этот процесс, и определить оптимальные параметры процесса. Для разработки математической модели были проведены экспериментальные исследования [1] по изучению влияния режимов работы двигателя на эффективность работы каталитического нейтрализатора, которые были обработаны с применением методов математического планирования [2].

Результаты экспериментальных исследований [1] показывают, что зависимости эффективности нейтрализации оксида углерода CO от нагрузки дизельного двигателя имеют достаточно плавный характер, без резких скачков. Такие зависимости, как правило, аппроксимируются теоретическими функциями в виде полиномов. Поэтому был использован метод центрального композиционного планирования, который позволяет получить уравнение регрессии в виде полинома второй степени. Функция отклика такого полинома представляет поверхность второго порядка или частные зависимости в виде кривых второго порядка. Получаемое уравнение регрессии позволит описать процесс нейтрализации токсичных компонентов выхлопа в каталитическом нейтрализаторе (КН).

Выбор метода планирования и обработки полученных экспериментальных данных объясняется тем, что каталитический нейтрализатор представляет собой, по сути, химический реактор проточного типа, то есть к процессу каталитического дожигания продуктов неполного сгорания отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) применимы методы математического планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных, используемые в химической технологии. Эффективность нейтрализаторов зависит от множества факторов, но, как показали результаты многочисленных экспериментальных исследований, процесс каталитической нейтрализации оксида углерода в КН зависит, главным образом, от объемной скорости процесса (отношение расхода ОГ к объему катализатора) и температуры отработавших газов. Данные условия обуславливают выбор исследуемых и определяемых факторов.

Основные характеристики плана эксперимента приведены в табл. 1, а матрица планирования и результаты эксперимента — в табл. 2.

При этом факторами эксперимента были выбраны:

- частота вращения коленчатого вала двигателя X_1 , мин⁻¹;
- относительная нагрузка (N / N_{max}) дизельного двигателя X_2 .

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНА ЭКСПЕРИМЕНТА

Характеристика	Код	Значение X_1 , мин ⁻¹	Значение X_2
Основной уровень	0	1300	0,5
Интервал варьирования		700	0,5
Верхний уровень	+1	2000	1,0

Нижний уровень	-1	600	0
----------------	----	-----	---

Таблица 2

МАТРИЦА ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

№ опыта	X_1		X_2		U^{OG} для нейтрализатора, %				T^{OG}, K
	код	значение, мин ⁻¹	код	значение	НКД-241	КГГ-3	КГГ-3ВМ	ГКА	
1	-1	600	-1	0	16,3	9,6	18,9	20,8	520
2	+1	2000	-1	0	12,7	12,5	16,8	20,6	525
3	-1	600	+1	1,0	77,5	76,2	80,7	92,6	880
4	+1	2000	+1	1,0	87,2	85,1	87,4	97,8	925
5	+1	2000	0	0,5	62,5	72,2	90,1	93,9	705
6	-1	600	0	0,5	50,4	49,6	58,6	88,4	612
7	0	1300	+1	1,0	85,2	82,3	88,3	98,1	910
8	0	1300	-1	0	14,7	11,3	16,9	20,6	522
9	0	1300	0	0,5	61,2	60,6	70,2	89,6	695

Выбор факторов эксперимента обусловлен тождественностью фактора X_1 с объемной скоростью химического процесса, а фактора X_2 — с температурой отработавших газов ДВС. Действительно, объем отработавших газов зависит от частоты вращения коленчатого вала дизельного двигателя практически прямо пропорционально. Следовательно, чем выше частота вращения коленчатого вала, тем выше объемная скорость процесса. Температура отработавших газов также зависит от режима работы дизельного двигателя, при этом температуру отработавших газов в более сильной степени определяет нагрузка, чем частота вращения коленчатого вала.

Функцией отклика при указанных факторах планирования являлась эффективность работы каталитического нейтрализатора, которая оценивалась по степени очистки U^{OG} отработавших газов дизельного двигателя от оксида углерода CO . Дополнительной функцией отклика была выбрана температура отработавших газов, что позволило определить влияние различных факторов на процесс нейтрализации оксида углерода.

Число необходимых опытов, последовательность их проведения и математическая обработка результатов эксперимента соответствовали требованиям методики [2]. Результаты каждого опыта (табл. 2) являются средней величиной из трех параллельных опытов. Получаемые уравнения регрессии рассчитывались для доверительной вероятности 0,90. В соответствии с методикой [2] значимость полученных коэффициентов уравнений регрессии определялась сравнением опытных и табличных значений критерия Стьюдента, а адекватность полученных уравнений регрессии оценивалась сравнением опытных и табличных значений критерия Фишера.

Математическая обработка результатов эксперимента дает следующие уравнения регрессии (в кодированных значениях), описывающие зависимость эффективности нейтрализации оксида углерода CO в отработавших газах дизельного двигателя от частоты вращения коленчатого вала и относительной нагрузки

дизельного двигателя (с доверительной вероятностью 0,90):

для каталитического нейтрализатора НКД-241:

$$U^{i\bar{A}} = 77,99 + 3,10\bar{O}_1 + 34,37\bar{O}_2 + 3,45\bar{O}_1\bar{O}_2 - 3,44\bar{O}_1^2 - 8,25\bar{O}_2^2; \quad (1)$$

для каталитического нейтрализатора КГГ-3:

$$U^{i\bar{A}} = 62,11 + 5,73\bar{O}_1 + 35,50\bar{O}_2 + 1,50\bar{O}_1\bar{O}_2 - 1,30\bar{O}_1^2 - 15,40\bar{O}_2^2; \quad (2)$$

для каталитического нейтрализатора КГГ-3ВМ:

$$U^{i\bar{A}} = 73,97 + 6,02\bar{O}_1 + 33,96\bar{O}_2 + 2,22\bar{O}_1\bar{O}_2 - 0,60\bar{O}_1^2 - 22,36\bar{O}_2^2; \quad (3)$$

для каталитического нейтрализатора ГКА:

$$U^{i\bar{A}} = 94,46 + 1,75\bar{O}_1 + 37,75\bar{O}_2 + 1,35\bar{O}_1\bar{O}_2 - 2,96\bar{O}_1^2 - 33,25\bar{O}_2^2. \quad (4)$$

Температура отработавших газов в зависимости от режимов работы дизельного двигателя описывается следующим уравнением регрессии:

$$T^{i\bar{A}} = 737 + 23,8\bar{O}_1 + 191,3\bar{O}_2 + 10,0\bar{O}_1\bar{O}_2 - 24,1\bar{O}_1^2 - 32,5\bar{O}_2^2. \quad (5)$$

Анализ полученных уравнений регрессии позволяет сделать следующие выводы:

- для всех типов каталитических нейтрализаторов определяющим фактором, влияющим на степень очистки выхлопа от оксида углерода, является нагрузка дизельного двигателя. Об этом свидетельствуют более высокие значения коэффициентов уравнений регрессии (1÷4) для фактора X_2 по сравнению с коэффициентами, полученными для фактора X_1 . То есть эффективность каталитических нейтрализаторов несущественно зависит от частоты вращения коленчатого вала дизельного двигателя;

- температура отработавших газов также в большей мере зависит от нагрузки (фактор X_2), чем от частоты вращения коленчатого вала (фактор X_1), о чем свидетельствуют коэффициенты уравнения (5);

- взаимное влияние факторов, определяющих эффективность каталитических нейтрализаторов, незначительно, о чем свидетельствуют малые коэффициенты уравнений регрессий в произведении ($X_1 \cdot X_2$).

Эффективность нейтрализации оксида углерода в отработавших газах по различным типам каталитических нейтрализаторов при разных режимах работы дизельного двигателя, рассчитанная согласно уравнениям (1÷4), приведена в таблице 3.

Таблица 3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Режим работы двигателя	Степень очистки U^{or} отработавших газов от оксида углерода в каталитическом нейтрализаторе, %			
	НКД-241	КГГ-3	КГГ-3ВМ	ГКА
X_2	НКД-241	КГГ-3	КГГ-3ВМ	ГКА
0	12,5	5,6	13,2	20,1
0,5	56,9	55,0	66,7	89,7
1,0	77,2	73,7	76,1	92,9
0	13,4	11,2	16,6	23,4
0,5	77,9	62,1	73,9	94,4
1,0	86,4	82,2	85,8	96,0
0	16,1	14,1	20,8	20,9
0,5	76,4	66,3	78,7	93,2
1,0	96,2	88,1	93,2	99,1

Из приведенных данных видно, что при увеличении нагрузки дизельного двигателя (при постоянных значениях частоты вращения коленчатого вала) эффективность всех типов каталитических нейтрализаторов резко увеличивается от 5÷16 % до 92÷99 %. Очевидно, это объясняется повышением температуры ОГ при увеличении нагрузки дизельного двигателя. Как известно, эффективность катализаторов резко увеличивается при температуре ОГ выше 520 К, что и наблюдается в данном случае.

С другой стороны, изменение частоты вращения коленчатого вала (при постоянных значениях нагрузки дизельного двигателя) лишь незначительно (не более чем на 20 %) изменяет степень очистки выхлопа от оксида углерода каталитическими нейтрализаторами всех типов. Объясняется это, по-видимому, тем, что при разработке конструкций КН объем катализатора выбирался таким, чтобы при любом режиме работы ДВС обеспечивалась требуемая величина объемной скорости процесса, необходимая для эффективной работы каталитического нейтрализатора. Более высокая эффективность каталитического нейтрализатора типа ГКА объясняется его конструктивными особенностями, способствующими более оптимальному процессу химического взаимодействия ОГ со слоем катализатора: оптимальное распределение газового потока, более эффективное поверхностное взаимодействие потока газа и катализатора и т.д.

Таким образом, в результате проведенных исследований с применением метода математического планирования были получены уравнения регрессии, описывающие процесс нейтрализации оксида углерода CO в зависимости от режимов работы дизельного двигателя для различных типов каталитических нейтрализаторов. Согласно полученной математической модели, эффективность нейтрализации оксида углерода CO зависит, в основном, от относительной нагрузки дизельного двигателя и увеличивается при повышении нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ибатов М.К. Результаты стендовых испытаний опытных образцов каталитических нейтрализаторов отработавших газов для дизельных двигателей // Тр. университета: Сб. научн. трудов КарГТУ. Караганда, 2003. №2. С.60-62.
- Саутин С.М. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л., 1975. 48 с.

Оперативное управление организационными системами в общетранспортных узлах с применением теории игр

При управлении организационными системами в общетранспортных узлах возникают ситуации, когда не все резервы производства используются для ускорения выгрузки вагонов. Диспетчер не всегда получает достоверную информацию с мест разгрузки о работе автомашин, складов, механизмов. Возникает игровая ситуация, когда руководителю работ (диспетчеру) необходимо использовать материальные и моральные стимулы для успешной оперативной корректировки хода работ. В такой ситуации применение игровых методов позволяет повысить производительность труда исполнителей и улучшить использование основных средств видов транспорта.

Таким организационным системам присуще следующее:

- управляющему (планирующему) органу (УО) приходится использовать информацию, сообщаемую самими элементами;

- элементы системы имеют более или менее широкие возможности в части представления управляющему органу информации, наиболее соответствующей их интересам, а также обладают способностью снижать эффективность работы при отсутствии заинтересованности;

- действия каждого элемента влияют не только на его собственные показатели функционирования, но и на показатели функционирования других элементов;

- элементам системы известен в существенной своей части закон управления, осуществляемый УО, т.е. известны принципы формирования им плановых заданий и других управляющих воздействий на основе поступающей информации;

- функционирование системы разбивается на ряд периодов, в каждом из которых процессы составления и выполнения плана аналогичны.

В рассматриваемых условиях функционирование системы представляет собой бескоалиционную игру многих лиц. В качестве участников игры выступают подчиненные элементы, стратегиями которых являются сообщаемые ими оценки своих возможностей. УО может влиять на характер игры тем или иным образом, задавая для игроков функции выигрыша и используя определенный механизм управления по выбранным стратегиям. Игра состоит в многократном повторении следующей распадающейся на три этапа процедуры: сообщение отдельными элементами оценок своих производственных возможностей; формирование управляющим органом плановых заданий на основе полученных оценок; реализация отдельными элементами плановых заданий.

Таким образом, задача УО формулируется следующим образом: задать игру между подчиненными элементами так, чтобы она сходилась к равновесной точке, в которой величина общего критерия системы принимает экстремальное значение.

Имеется n элементов ($i = 1, 2, \dots, n$), управляемых из единого центра — УО. В каждом периоде

функционирования УО распределяет задания в виде объемов x_i транспортной продукции. Задан суммарный объем выполнения X . Очевидно, должно выполняться соотношение

$$\sum_{i=0}^n x_i = X. \quad (1)$$

Каждый элемент характеризуется «производственной» функцией $\varphi(x_i)$, определяющей затраты подсистемы на производство продукции в объеме x_i . Функции эти выпуклы вниз (вогнуты). Это свойство производственных функций соответствует тому, что увеличение производства на более высоком уровне требует больших затрат, чем такое же увеличение на более низком уровне.

Кроме того, в системе назначаются выплаты в денежном выражении за производственную продукцию. Обозначая выплату за единицу продукции через λ и предполагая, что производственные затраты представлены также в денежном выражении, можно получить следующее соотношение:

$$D_i(x_i) = \lambda_{xi} - \varphi_i(x_i), \quad (2)$$

где $D_i(x_i)$ — «доход» i -го элемента при объеме произведенной продукции x_i .

Пусть для определенности функции $\varphi_i(x_i)$ имеют вид

$$\varphi_i(x_i) = \frac{x_i^2}{2r_i}, \quad (3)$$

где r_i — постоянная величина, характеризующая эффективность производства у i -го элемента (чем больше величина r_i , тем величина производственных затрат меньше).

Конкретизируя условия функционирования системы, надо предположить, что УО известен вид функций $\varphi_i(x_i)$ и диапазон изменения значений r_i :

$$r_i \in a_i, b_i, \quad 0 < a_i < b_i, \quad (4)$$

но точные значения r_i УО не известны.

Конкретизируя условия, (2) обозначается через S_i оценки, сообщаемые в «Центр» i -м элементом. В силу условия (1) и (4) должно выполняться условие

$$S_i \in a_i, b_i. \quad (5)$$

Общим критерием системы естественно считать суммарные затраты $D_0(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на производство, которые определяются следующим образом:

$$D_0(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{2S_i}. \quad (6)$$

Надо заметить, что критерий системы D_0 включает кажущиеся, а не действительные затраты, что определяется условием функционирования системы.

В каждом периоде функционирования в системе, как было указано выше, выделяются три этапа. На первом этапе элементы сообщают свои оценки S_i

величин r_i , удовлетворяющие (5). На основе вектора оценок $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ на втором этапе УО формирует управление $\lambda(S)$ и план $x(S) = (x_1(S), \dots, x_n(S))$. На третьем этапе каждый i -й элемент по величинам $\lambda(S)$ и $x_i(S)$ определяет свой выигрыш с учетом действительных своих характеристик. Процедура формирования $\lambda(S)$ и $x_i(S)$ определяет здесь закон управления. Исследуем равновесное состояние систем для двух типов законов управления, причем равновесным состоянием будем называть такой набор стратегий, для которого изменение стратегии любого участка игры при фиксированных стратегиях остальных участников не приводит к возрастанию его выигрыша.

Первое правило управления весьма близко к реально существующим механизмам управления. Оно характеризуется тем, что величина $\lambda(S)$ не меняется от периода к периоду, т.е.

$$\lambda(S) = \lambda^{(1)}. \quad (7)$$

Характерно, что в рассматриваемой задаче величина λ имеет смысл цены единицы продукции, так в дальнейшем и будет условно называться.

Объемы производства $x_i(S)$ выбираются пропорциональными оценками S_i :

$$x^{(1)}(S) = \beta(S)S_i, \quad (8)$$

где 1 — принадлежность к первому закону управления. Величина $\beta(S)$ выбирается так, чтобы сумма $\sum_{i=1}^n x^{(1)}(S)$ была в точности равна x . Это достигается при

$$\beta(S) = \frac{x}{\sum_{i=1}^n S_i}. \quad (9)$$

Правила (8) — (9) имеют определенное обоснование. Действительно, если бы УО знал точно производственные возможности отдельных элементов, т.е. знал бы величины r_i , то для получения оптимального распределения плановых заданий x_i^0 УО необходимо было бы решить задачу

$$\min_x \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{2r_i} \right\},$$

при ограничениях $\sum_{i=1}^n x_i = X$. Можно показать, что решение этой задачи x_i^0 имеет вид

$$x_i^0 = \beta(r)r_i, \quad \beta(r) = \frac{x}{\sum_{i=1}^n r_i}. \quad (10)$$

Поскольку управляющему органу значения r_i не известны, на практике закон управления (10) может быть реализован лишь в виде (8) и (9).

С учетом (7) и (8) для рассматриваемого правила управления функция выигрыша i -го элемента принимает вид

$$D_i^{(1)}(S) = \lambda^{(1)}x_i^{(1)}(S) - \frac{[x_i^{(1)}(S)]^2}{2r_i}.$$

С учетом (8) и (9)

$$\frac{dx_i^{(1)}(S)}{bS_i} = \beta(S) + S_i \frac{d\beta(S)}{bS_i} = \beta(S) \left[1 - \frac{S_i}{\sum_{j=1}^n S_j} \right],$$

откуда

$$\begin{aligned} \frac{dD_i^{(1)}(S)}{bS_i} &= \frac{dx_i^{(1)}(S)}{dS_i} \left[\lambda^{(1)} - \frac{x_i^{(1)}}{\sum_{j=1}^n S_j} \right] = \\ &= \beta(S) \left[1 - \frac{S_i}{\sum_{j=1}^n S_j} \right] \left[\frac{\lambda^{(1)}}{\beta(S)} - \frac{S_i}{r_i} \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Из (11) следует, что если S^* — равновесная точка и $S_i^0 = \frac{\lambda^{(1)}}{\beta(S^*)} r_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$),

то выполняются условия:

$$S^* = \begin{cases} S_i^0, & \text{если } S_i^0 \in a_i, b_i; \\ a_i, & \text{если } S_i^0 < 0; \\ b_i, & \text{если } S_i^0 > b_i. \end{cases} \quad (12)$$

Условия (12) показывают, что точка равновесия может быть далека от вектора истинных возможностей r . Такую характеристику равновесной точки нельзя признать удовлетворительной, а вместе с тем нельзя признать удовлетворительным и правило управления, при использовании которого исходная информация может быть сильно искажена.

Второе правило управления. В основе этого правила лежит принцип согласованного управления: УО назначает элементами такие планы, которые являются для них наиболее выгодными. При выработке плана УО по-прежнему пользуется информацией, получаемой от самих элементов, т.е. оценками S_i .

Согласование в рассматриваемом классе правил управления можно осуществить подбором величины $\lambda^2(S)$. Последняя должна иметь такое значение, при котором величина выигрыша D_i каждого i -го элемента, подсчитываемого с учетом оценок S_i ,

$$D_i(x_i) = \lambda^{(2)}(S)x_i - \frac{x_i^2}{2S_i}, \quad (13)$$

максимальна по S_i . Это будет иметь место, если обращается в нуль производная $\frac{dD(x_i)}{dx_i}$, т.е.

$$\lambda^{(2)}(S)x_i - \frac{x_i^2}{2S_i} = \lambda^2(S) - \beta(S) = 0. \quad (14)$$

Из (14) следует, что соответствующим подбором, а именно

$$\lambda^2(S) = \beta(S), \quad (15)$$

согласование может быть обеспечено. Итак, второе правило имеет вид

$$x_i^2(S) = \beta(S) S_i \left(\beta(S) = \frac{x}{\sum_{i=0}^n S_i} \right) \lambda^{(2)}(S) = \beta(S).$$

Выигрыш элементов подсчитывается при этом по формуле

$$D_0^{(2)}(S) = \beta(S) x_i^{(2)}(S) - \frac{[x_i^{(2)}(S)]^2}{2r^2}. \quad (16)$$

Дифференцируя (16) по S_i , имеем

$$\frac{dD_i^{(2)}(S)}{dS_i} = \frac{d\beta(S)}{dS_i} x_i^{(2)}(S) + \frac{dx_i^{(2)}(S)}{dS_i} \left[\beta(S) - \frac{x_i^{(2)}(S)}{r_i} \right].$$

Отсюда, с учетом (13) и

$$\frac{dx_i^{(2)}(S)}{dS_i} = \beta(S) + S_i \frac{b\beta(S)}{bS_i} \cdot \frac{d\beta(S)}{dS_i} = -\frac{\beta(S)}{\sum_{i=0}^n S_i},$$

получаем

$$\frac{dx_i^{(2)}(S)}{dS_i} = \beta(S)^2 \left[-\frac{S_i}{\sum_{i=0}^n S_i} + \left(1 - \frac{S_i}{r_i}\right) \left(1 - \frac{S_i}{\sum_{i=0}^n S_i}\right) \right]. \quad (17)$$

Обозначим через Q_i величину $\sum_{j=0}^n S_j - S_i$. Тогда

(17) можно представить в виде

$$\frac{dD_i^{(2)}}{dS_i} = \frac{\beta(S)^2}{\sum_{i=0}^n S_i} \left[-S_i + Q_i - Q_i \frac{S_i}{r_i} \right]. \quad (18)$$

Сделаем предположение, что для каждого i величина

$$-S_i + Q_i - Q_i \frac{S_i}{r_i}$$

обращается в нуль на интервале $a_i b_i$. Тогда для равновесной точки $S^* = (S_1^*, S_2^*, \dots, S_n^*)$, обозначая

$$Q_i^* = \sum_{j=0}^n S_j^* - S_i^*,$$

получаем

$$S_i^* = \frac{Q_i^* r_i}{Q_i^* + r_i}; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (19)$$

Из (19) следует, что сделанное предположение вполне корректно, поскольку при $n \rightarrow \infty$

$$S_i \leq \left(\frac{r_i}{1 + \frac{\min a_i}{\max b_j} \frac{1}{1-n}} \right) \rightarrow r_i, \quad (20)$$

а $r_i \in a_i, b_i$.

Можно точно оценить скорость сходимости S_i^* и r_i при $n \rightarrow \infty$ для «симметричной» системы, в которой $r_i = r_0$, и, следовательно, для всех S_i^* она равна S_i^0 . Легко видеть, что для таких систем

$$S_0^* = \frac{\eta - 2}{n - 1} r_0$$

и S_0^* с ростом n достаточно быстро приближается к r_0 .

Фактическое совпадение при втором законе управления равновесной точки с вектором r истинных производственных возможностей элементов означает, что формируемый план в равновесной точке фактически совпадает с оптимальным для системы планом, т.е. достигается совершенное согласование интереса УО и подчиненных элементов.

Таким образом, можно сделать вывод, что второй механизм управления является оптимальным (или почти оптимальным). Поэтому для него имеет смысл исследовать динамические характеристики. Для этого надо сделать ряд предположений в поведении отдельных элементов, которые конкретизируют условия функционирования систем, приведенные выше:

1) элементы в состоянии определить направление, в котором надо изменять сообщаемые оценки с целью увеличения значений выигрыша;

2) поведение элементов по мере приближения к точке равновесия становится все более осторожным, т.е. величины его «шагов» уменьшаются.

Формализуя сделанные предположения, динамику поведения i -го элемента можно представить в одном из двух видов:

$$S_i^{k+1} = S_i^k + \Delta S_i^{k+1} - \text{sgn}(S_i^{k+1} - S_i^k), \quad (21)$$

где

$$S_i^{k+1} > 0, \quad \Delta S_i^k \xrightarrow{k \rightarrow \infty} 0, \quad (22)$$

или

$$S_i^{k+1} = S_i^k + \gamma_i^{k+1} (S_i^{k+1} - S_i^k), \quad (23)$$

где $0 \leq \gamma^{k+1} \leq 1$. Здесь k — индекс интервала

функционирования системы, а S_i^{k+1} — оценка i -го элемента в $(k+1)$ периоде при условии неизменности оценок у остальных элементов.

Процедуры (21) и (23) близки по структуре. В них лишь по-разному формализуется предположение осторожности поведения элементов.

Очевидно, величины S_i^{k+1} являются функциями от $S_1^k, S_2^k, \dots, S_{i-1}^k, S_{i+1}^k, \dots, S_n^k$. Обозначая эту функцию через U_i , из (19) легко получить

$$U_i = U(Q_i^k) = \frac{Q_i^k r_i}{Q_i^k + r_i}, \quad (24)$$

где

$$Q_i^k = \sum_{j=0}^n S_j^k - S_i^k. \quad (25)$$

Таким образом, второе правило управления имеет хорошие статистические и динамические характеристики.

Далее необходимо проверить условия сходимости процедур (21) и (23) в равновесную точку.

Эти условия имеют вид

$$\frac{\delta U_i}{\delta S_i^k} > 0; \quad (i, j = 1, 2, \dots, n); \quad i \neq j$$

с учетом (24) и (25)

$$\frac{r_i^2}{(Q_i^k + r_i^2)} > 0, \quad (26)$$

что всегда имеет место. Итак, сходимость коллективного поведения элементов рассматриваемой системы в равновесную точку доказана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галабурда В.Г. Единая транспортная система. М.: Транспорт, 2001.
2. Гмношинский В.Г. Инженерное прогнозирование. М.: Энергоиздат, 1982. 208 с.
3. Карсыбаев Е.Е., Сарбаев С.Ш. Предпосылки интеграции железнодорожных перевозок Казахстана в мировую систему транспортных услуг // Актуальные вопросы проектирования, строительства и эксплуатации транспортно-коммуникационных сооружений. Алматы, 2003. С. 9-12.
4. Taulor M.A.P. Evaluating the performance of a simulation model / «Transp. Res.». 1979. 13A. №3. P. 159-173.

Раздел 6

Строительство

УДК 624.152
И.И. БЕКБАСАРОВ

Определение объема воды, необходимой для доувлажнения грунта, из «точечного источника» при вытрамбовывании котлованов неглубокого заложения

В сухих и маловлажных грунтах вытрамбовывание котлованов под фундаменты сопровождается предварительным замачиванием грунтов с доведением их влажности до оптимальной величины. Поэтому при проектировании фундаментов в вытрамбованных котлованах (ФВК) одной из важнейших задач является расчетное определение расхода воды, необходимой для доувлажнения грунта.

С 80-х годов при устройстве ФВК для определения объема воды, необходимой для доувлажнения грунтов, широко используется формула, включенная в Руководство [1]:

$$A = 1,2 [\rho_d (w_o - w) / \rho_w] h_y F, \quad (1)$$

где A — количество воды, м³;

ρ_d — среднее значение плотности грунта в сухом состоянии до замачивания, в пределах от дна котлована до нижней границы уплотняемой зоны, т/м³;

w_o — оптимальная влажность грунта;

w — среднее значение влажности грунта в пределах уплотненной зоны до замачивания;

ρ_w — плотность воды;

h_y — максимальная толщина уплотненного слоя под котлованом, м;

F — площадь горизонтальной проекции уплотненной зоны, м².

Формула получила отражение и в ведомственных нормативных документах [2, 3].

Анализ формулы (1) позволил установить, что при ее выводе в качестве физической основы принято положение о том, что масса воды, добавляемой в грунт при замачивании, равна разнице между массами грунта до и после увлажнения. Это исходное положение сомнению не подлежит. Формула (1) в первоначальном варианте, разработанная для условий поверхностного уплотнения грунтов [4], была распространена и без доработки на условия вытрамбовывания котлованов. Из нее следует, что замачиванию водой подлежит только часть объема уплотненной зоны грунта, которая размещена ниже дна котлована. В действительности глубина увлажнения должна быть больше суммарной глубины вытрамбовывания котлована и толщины уплотненной зоны под котлованом. Кроме того, расход воды по данной формуле рассчитывается исходя из оптимальной влажности грунта. Предполагалось, что расчетное количество воды, установленное таким образом, будет достаточным для замачивания грунта до оптимальной влажности. При таком подходе в

грунте не образуется полноценной увлажненной зоны. Формирование полноценной увлажненной зоны происходит при достижении грунтом (под источником замачивания) состояния полного водонасыщения (или состояния близкого к этому) [4,5]. Поэтому расход воды для замачивания грунта необходимо устанавливать исходя из полной влагоемкости грунта. Оптимальная влажность в этом случае должна достигаться путем естественного высыхания водонасыщенного грунта до требуемого состояния.

Рассматриваемая формула не позволяет учитывать следующие факторы, характерные для процесса замачивания грунтов и процесса вытрамбовывания котлованов:

- вид и размеры источника замачивания;
- закономерности формирования увлажненной зоны в грунте;
- физические характеристики увлажненного грунта;
- размеры вытрамбовываемого котлована и наличие заострения в его нижней части;
- закономерности формирования уплотненной зоны грунта при вытрамбовывании котлована.

Для учета перечисленных факторов автором ранее была решена задача по определению объема воды, необходимой для замачивания грунта при устройстве отдельно стоящих ФВК [6]. Не нарушая физическую основу полученного решения и несколько упрощая его, формулу для определения объема воды, необходимой для замачивания грунта, можно записать в виде

$$V = k_w [\rho_d (w_y - w) / \rho_w] V_w, \quad (2)$$

где k_w — коэффициент, учитывающий потери воды в процессе доувлажнения грунта, принимаемый равным: 1,1 — при использовании деревянных шаблонов для ограждения источника замачивания; 1,2 — при обваловывании источника замачивания насыпным грунтом; ρ_d — среднее значение плотности грунта в сухом состоянии в пределах увлажненной зоны до замачивания, т/м³; w_y — среднее значение влажности грунта в пределах увлажненной зоны после замачивания; w — среднее значение влажности грунта в пределах увлажненной зоны до замачивания; V_w — объем увлажненной зоны грунта, м³.

Рассмотрим пути определения влажности w_y и объема V_w , входящих в формулу (2). Из работ [4,5] следует, что при расчете расхода воды, необходимой для замачивания просадочного грунта, его влажность в пределах увлажненной зоны рекомендуется принимать равной влажности, соответствующей степени влажности грунта $S_r = 0,8 - 0,9$. С другой стороны, влажность w_y может быть рассчитана по формуле, представленной автором в работе [6], которая учитывает особенности изменения влажности грунта в пределах увлажненной зоны. Влажность грунта w_y , рассчитанная по упомянутой формуле, будет несколько меньше, чем полная влагоемкость грунта, но близка к ней.

Поэтому с целью обеспечения единства подхода ко всем видам грунтов и исходя из необходимости определения максимального запаса воды, влажность w_y для практических расчетов в формуле (2) можно принимать равной полной влагоемкости грунта w_{sat} , т.е. равной влажности при $S_r = 1,0$.

Объем увлажненной зоны грунта V_w в формуле (2) следует определять с учетом ее формы, выявленной на основе экспериментальных исследований. Из [4,5] следует, что форма увлажненной зоны (в вертикальном сечении грунтовой толщи) при поверхностном замачивании зависит от вида источника замачивания, а при «точечном источнике» (источнике с соотношениями сторон близкими к единице) имеет форму усеченного эллипса. Учитывая известные закономерности формирования уплотненной зоны вокруг вытрамбовываемого котлована [1,7-10], для определения объема увлажненной зоны V_w в формуле (2) примем следующие исходные предпосылки (см. рис.):

- замачивание грунтовой толщи производится с поверхности вытрамбовывания котлована из «точечного источника»;
- источник замачивания обваловывается грунтом или ограждается деревянным шаблоном;
- размеры источника замачивания в плане равны или больше размеров вытрамбовываемого котлована поверху;
- увлажненная зона в грунте имеет форму усеченного эллипсоида;
- объем увлажненной зоны превышает суммарный объем вытрамбовываемого котлована и уплотненной зоны, формируемой вокруг него.

Исходя из принятых предпосылок и в соответствии с рисунком объем увлажненной зоны V_w в формуле (2) можно определить по формуле

$$V_w = V_o - V_c, \quad (3)$$

где V_o — объем эллипсоида ОБВГДА;

V_c — объем шарового сегмента ОБА.

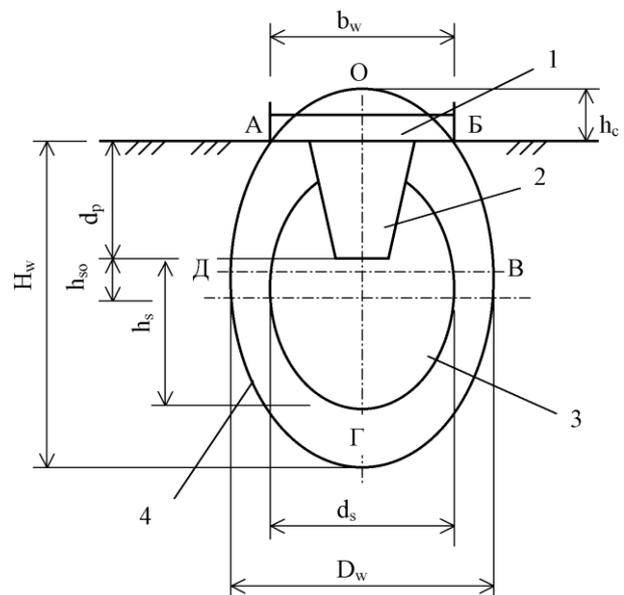


Рис. Схема к определению объема увлажненной зоны грунта:
1 — источник замачивания; 2 — вытрамбовываемый котлован; 3 — уплотненная зона; 4 — увлажненная зона

Объемы V_3 и V_c в формуле (3) можно определить по следующим формулам [11]:

$$V_3 = [\pi D_w^2 (H_w + h_c)] / 6, \quad (4)$$

$$V_c = \{ \pi h_c [(3 b_w^2 / 4) + h_c^2] \} / 6, \quad (5)$$

где D_w — диаметр увлажненной зоны, м;
 H_w — высота увлажненной зоны, м;
 h_c — высота шарового сегмента ОБА, м;
 b_w — ширина источника замачивания, м.

Тогда с учетом выражений (4) и (5) формулу (3) можно записать в виде

$$V_w = \{ [D_w^2 (H_w + h_c)] - h_c [(3 b_w^2 / 4) + h_c^2] \} \pi / 6. \quad (6)$$

Для практического использования формулы (6) необходимо знать параметры D_w , H_w и h_c . Диаметр и высоту увлажненной зоны можно определить из следующих соотношений:

$$D_w / d_s = k_{w1}, \quad (7)$$

$$(h_c + H_w) / 2 (h_s - h_{so}) = k_{w2}, \quad (8)$$

$$(h_c + H_w) / 2 (h_s + h_{so}) = k_{w2}, \quad (9)$$

$$(h_c + H_w) / 2 h_s = k_{w2}, \quad (10)$$

где d_s — диаметр уплотненной зоны, м;
 k_{w1}, k_{w2} — коэффициенты превышения размеров увлажненной зоны над размерами уплотненной зоны;
 h_s — толщина уплотненной зоны ниже дна котлована, м;
 h_{so} — расстояние от дна котлована до горизонтальной оси уплотненной зоны, м.

Формула (8) приемлема для котлованов с плоской подошвой и с углом заострения 120°, формула (9) — для котлованов с углом заострения 45° и 60°, а формула (10) — для котлованов с углом заострения 90°.

Значения коэффициентов k_{w1} и k_{w2} следует принимать равными 1,1-1,2. При выполнении практических расчетов параметры d_s , h_s и h_{so} необходимо назначать на основе опыта исследований, а при их отсутствии — по формулам, представленным в таблице. Для определения размеров уплотненной зоны грунта можно использовать и другие экспериментально проверенные расчетные методы.

Анализ изолиний равных влажностей [5] показывает, что высота шарового сегмента h_c составляет 8,3 ÷ 11% от H_w . Из этого следует, что при практических расчетах высоту h_c можно принимать равной 0,1 H_w .

Для сравнения данных, получаемых по формулам (1) и (2), были проведены соответствующие расчеты, на основе которых выявлено, что формула (1) позволяет получать заниженные более чем в 3 раза результаты. Для проверки достоверности формулы (2) было проведено опытное замачивание просадочной супеси из «точечных источников» с последующим определением размеров увлажненных зон. Результаты сравнения экспериментальных и расчетных данных показали, что относительная погрешность в определении рассматриваемых параметров по рекомендуемым формулам не превышает 7-13 %.

ФОРМУЛЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ d_s , h_s И h_{so}

Вид котлована	Формула		
С плоской подошвой при уклоне боковых граней 1:5	$d_s=2,1b_m$	$h_s=1,5b_m$	$h_{so}=0,1b_m$
То же, при уклоне боковых граней 1:10	$d_s=2,6b_m$	$h_s=1,7b_m$	$h_{so}=0,35b_m$
С углом заострения 120°	$d_s=2,25b_m$	$h_s=1,6b_m$	$h_{so}=0,2b_m$
С углом заострения 90°	$d_s=2,0b_m$	$h_s=1,4b_m$	$h_{so}=0$
С углом заострения 60°	$d_s=1,7b_m$	$h_s=1,15b_m$	$h_{so}=0,35h_o$
С углом заострения 45°	$d_s=1,6b_m$	$h_s=0,75b_m$	$h_{so}=0,45h_o$

Примечания: 1. Формулы, представленные в первой строке, получены на основе обработки экспериментальных данных работы [7]; формулы, представленные в остальных строках, — по результатам обработки данных автором [8,9]; 2. b_m — ширина котлована в среднем сечении по глубине; h_o — высота заостренной части котлована.

Важными условиями достаточного увлажнения грунтовой толщи являются

$$D_w > d_s, \quad (11)$$

$$H_w > (d_p + h_o + h_{so} + h_s). \quad (12)$$

В случае если в расчетах условие (12) не соблюдается, то значение коэффициента k_{w2} в формулах (8) — (10) допускается назначать более 1,2.

В целом расчет объема воды, необходимой для замачивания грунта, следует производить в следующей последовательности:

- с учетом размеров котлована и уплотненной зоны из соотношений (7) — (10) определяются диаметр и высота увлажненной зоны;
- производится проверка условий (11) и (12);
- по формуле (6) устанавливается объем увлажненной зоны грунта;
- определяются физические характеристики грунта, производится расчет объема воды по формуле (2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. М., 1981. 32с.
2. ВСН 67-257-87. Руководство по устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах с использованием навесного оборудования УВ-1, УВК-40А, ОВК-100. Уфа. 1987. 65с.
3. ВСН 48-88. Обязательные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах. Алма-Ата, 1998. 53с.
4. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. Киев, 1982. 224с.
5. Рабинович И.Г. Формирование увлажненных зон в лесовых просадочных грунтах под источником замачивания // Тр. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова «Расчет и проектирование оснований, фундаментов и подземных сооружений». М., 1980.

- Вып. 70. С. 32-45.
6. Бекбасаров И.И. О решении задачи по определению объема воды, необходимого для замачивания просадочного грунта при устройстве отдельно стоящих фундаментов в вытрамбованных котлованах // Доклады Всес. конф. совместно с 8 научной сессией Дальневосточной секции МСССС «Сейсмичность и сейсмостойкое строительство». Владивосток, 1991. Ч. 3. С. 117-127.
 7. Власов Ю.В. Распределение послойных перемещений неоднородного грунта под жестким штампом в вытрамбованном котловане // Сб. науч. тр. СибЗНИИЭП Госгражданстроя «Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания». Новосибирск, 1976. №14. С. 5-14.
 8. Бекбасаров И.И. Об определении оптимальных величин угла заострения трамбовки на крупномасштабных моделях // Сб. науч. тр. ППС ТарГУ им. М.Х. Дулати. Тараз, 1998. Вып. 1. С. 377-379.
 9. Бекбасаров И.И. Применение метода пенетрационных испытаний для определения формы и размеров уплотненной зоны грунтов при вытрамбовывании в них котлованов // Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати «Природопользование и проблемы антропоферы». Тараз, 2001. №4. С. 209-213.
 10. Джумаев К.М. Определение оптимальных расстояний при вытрамбовывании прерывистых ленточных фундаментов // Сб. науч. тр. СибЗНИИЭП Госгражданстроя «Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания». Новосибирск, 1976. №14. С. 36-42.
 11. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1986. 544с.

УДК 693.554

Д.О. БАЙДЖАНОВ
В.Э. АБСИМЕТОВ
Е.Т. КУЧЕРБАЕВ
И.Н. ТУРЕБАЕВ

Исследование работы плетеных арматурных сеток

Замена сварных арматурных сеток на более экономичные плетеносварные или плетеносвязанные возможна лишь в том случае, если будет получен ответ на единственный и основной вопрос — не окажет ли изменение конструкции сетки отрицательного влияния на несущую способность железобетонных конструкций. Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо, помимо прямых испытаний железобетонных элементов на прочность, жесткость, трещиностойкость, решить ряд сопутствующих задач:

- установить влияние соосности арматурного стержня и вектора вырывающей силы на прочность сцепления;

- определить влияние отклонения рабочих арматурных стержней сетки от проектного положения на прочностные и деформативные характеристики изгибаемых конструкций;

- исследовать влияние диаметра арматурного стержня и состояния его поверхности на прочность сцепления с бетоном и работу в сетке;

- установить факторы и определить их влияние на механическое взаимодействие переплетающихся стержней сетки.

Результаты решения этих задач явятся инструментом в конструировании плетеных сеток с заранее заданными свойствами, оказывающими влияние на качество железобетона. Всесторонняя оценка преимуществ плетеных сеток перед сварными возможна при наличии экспериментальных данных о качестве реальных, изготовленных на заводе сварных сетках.

Для проверки качества крестообразных соединений в сварных арматурных сетках нами были обследованы сетки, применяемые для армирования плит перекрытий крупнопанельных домов. При обследовании проверялись следующие параметры:

- плоскостность сеток;
- качество сварки пересечений стержней;

- прочность стержней до и после изготовления из них сеток.

В результате проведенных обследований подтвердились сведения, полученные из технической литературы, что прочность сварных соединений в одних и тех же сетках крайне неодинакова. Вырезанные из готовых сеток поперечные прутки (рабочая арматура) с отрезками продольных прутков (распределительная арматура) и испытанные на растяжение показали, что в одних случаях стержни рвутся в месте пересечения стержней, а в других — по самому стержню. Стержни рвутся по сварке в случае пережога или непровара.

В табл. 1 и 2 представлены некоторые наиболее характерные результаты проведенных испытаний. Величина относительной осадки стержней при сварке различными электродами колеблется в пределах от 0,13 до 0,84 для арматуры Ø4 и 5Вр-400 (табл. 1) при допустимой по ГОСТ 23279 в пределах 0,20...0,5.

Таблица 1

ВЫРАБОТКА ИЗ РАБОЧЕГО ЖУРНАЛА КОНТРОЛЯ
ОСАДКИ СТЕРЖНЕЙ ГОТОВЫХ АРМАТУРНЫХ СЕТОК

№ узла	Характеристика стержней		Осадка стержня
	продольная	поперечная	
1	5Вр-400	5Вр-400	0,32
2			0,35
3			0,13
4			0,28
5			0,32
6			0,50
7			0,60
8			0,84
9			0,66
10			0,33
1	4Вр-400	5Вр-400	0,27

2			0,18
3			0,89
4			0,52
5			0,43
6			0,61
7			0,16
8			0,82
9			0,14
10			0,46

Величина осадки у соединений, свариваемых одним электродом в течение смены, колеблется в значительных пределах (табл. 2) и зависит от состояния поверхности свариваемых стержней, выработки электродов и режима сварки.

Таблица 2

Прочность исходной стали Вр-400 и качество соединений, сваренных одним электродом в течение смены

№ образца	Характеристика стержней		Осадка стержней	Разрушительная нагрузка, Н	Примечание
	продольная	поперечная			
1	5Вр-400	-	-	12,16	Браковочный минимум для арматуры 5Вр-400 по ГОСТ 10922 составляет 985 кгс
2	5Вр-400	-	-	12,15	
3	5Вр-400	-	-	12,20	
4	4Вр-400	-	-	7,36	
5	4Вр-400	-	-	7,30	
6	4Вр-400	-	-	7,28	
7	5Вр-400	5Вр-400	0,24	11,00	
8	5Вр-400	5Вр-400	0,49	11,98	Разрыв по металлу
9	5Вр-400	5Вр-400	0,73	9,50	Разрыв по металлу
10	4Вр-400	5Вр-400	0,22	7,25	Разрыв по сварке
11	4Вр-400	5Вр-400	0,51	7,31	
12	4Вр-400	5Вр-400	0,77	6,85	Разрыв по сварке

13	5Вр-400	4Вр-400	0,13	9,80	Разрыв по сварке
14	5Вр-400	4Вр-400	0,45	12,05	Разрыв по металлу
15	5Вр-400	4Вр-400	0,82	11,95	Разрыв по металлу

Примечание: испытывались на разрыв продольные стержни. Опытные образцы подбирались специально по минимальной, средней и максимальной осадке.

После сварки в некоторых случаях наблюдалось снижение разрывного усилия относительно брачного минимума, которое для 5Вр-400 по ГОСТ 10922 составляет 9850 Н.

Для многоточечной сварочной машины такие случаи весьма нежелательны. При нарушении режима сварки даже у одного электрода будет иметь место ослабление стержней практически во всех точках, свариваемых таким электродом. Эти точки будут располагаться по определенной линии вдоль свариваемой сетки.

Ослабление сетки хотя бы вдоль одной продольной проволоки, и в особенности проволоки, расположенной в средней части пролета, т.е. в зоне максимальных изгибающих моментов, приведет в конечном итоге к снижению прочности и жесткости железобетонной конструкции.

В табл. 1 и 2 приведены лишь выборочные результаты, так как испытанию подвергалось 120 образцов. Испытания показали, что значительный разброс в показаниях осадки стержня в пересекающихся соединениях, прочности стержней после сварки отрицательно отражается на качестве сварных сеток. Однако следует отметить, что при специальной подготовке к сварке опытных сеток «престижа» они получились полностью отвечающими требованиям ГОСТ, но это была, скажем, штучная работа. При массовом производстве сварных сеток на разных станках наблюдается значительный разброс в показателях качества.

УДК 624.138.22

И.И. БЕКБАСАРОВ

Определение диаметра уплотненной зоны грунта, формирующейся вокруг вытрамбовываемого котлована неглубокого заложения

Известно, что при вытрамбовывании котлованов под фундаментами в грунтовой толще формируется уплотненная зона. Для установления оптимального расстояния между фундаментами, при котором исключается взаимное влияние их работы друг на друга, необходимо знать диаметр уплотненной зоны. При проведении научных исследований размеры уплотненной зоны определяются экспериментальными методами на основе отбора образцов грунта [1,2] или путем проведения пенетрационных испытаний [3,4]. Реже для этой цели применяется радиометрический метод [5]. На стадии же проектирования Руководство [2] и Пособие [6] рекомендуют диаметр уплотненной зоны d_s вокруг котлована неглубокого заложения, устраиваемого без вытрамбовывания в его дно жесткого материала

(щебня, гравия, бетона и т.п.), устанавливать по следующей формуле:

$$d_s = k_1 b_m, \quad (1)$$

где k_1 — коэффициент, определяемый в виде отношения d_s / b_m и принимаемый равным 2;

b_m — ширина котлована (фундамента) в среднем сечении по глубине, м.

Представленное соотношение между диаметром уплотненной зоны и шириной котлована имеет место и в нормах [7]. Следует отметить, что по формуле (1) можно получать лишь приближенные результаты. Это обусловлено тем, что она не учитывает следующие важнейшие факторы:

- размеры и объем вытрамбовываемого котлована;

- плотность и влажность грунта до вытрамбовывания;
- плотность и влажность грунта после вытрамбовывания;
- форму уплотненной зоны и особенности ее изменения при различных углах заострения нижней части котлована.

Учитывая данное обстоятельство, нами разработан расчетный метод, позволяющий определять диаметр уплотненной зоны грунта вокруг вытрамбовываемого котлована с учетом перечисленных факторов. В качестве исходного уравнения при разработке метода принято выражение следующего вида:

$$m_{gu} = m_g + \alpha m_{gk}, \quad (2)$$

где m_{gu} — масса грунта в пределах уплотненной зоны после вытрамбовывания котлована, т;
 m_g — то же, до вытрамбовывания котлована, т;
 m_{gk} — масса грунта котлована до вытрамбовывания, т;
 α — коэффициент, определяющий долю массы m_{gk} , которая от ударов трамбовки непосредственно перемещается в уплотненную зону.

Физический смысл уравнения (2) состоит в следующем. Масса уплотненного грунта в объеме уплотненной зоны формируется из массы грунта природного сложения в этом же объеме и подавляющей части массы грунта природного сложения, размещенного в объеме котлована и перемещаемого в уплотненную зону при вытрамбовывании. При этом предполагается, что некоторая масса грунта котлована перемещается за пределы уплотненной зоны и вызывает выпор грунта на поверхность площадки. Это возможное явление учитывается через введение в уравнение (2) коэффициента α .

Представленное положение можно рассматривать как принцип сохранения массы грунта при вытрамбовывании котлована. Следует отметить, что данное положение отличается от существующего, традиционно используемого при решении задач по определению размеров уплотненной зоны грунта вокруг одиночных свай и свайных фундаментов. Так, в этих задачах исследователи исходят из условия изменения объема пор грунта до и после забивки свай [8,9].

Выражая массу грунта через известное соотношение между его плотностью и объемом, уравнение (2) можно представить в виде

$$V_u (\rho' - \rho) = \rho \alpha V_k, \quad (3)$$

где V_u — объем уплотненной зоны грунта ДАБВГЖЗ, м³ (рис. 1);
 ρ' — среднее значение плотности грунта в объеме V_u после вытрамбовывания котлована, т/м³;
 ρ — среднее значение плотности грунта до вытрамбовывания котлована, т/м³;
 V_k — объем котлована (рис. 1), м³.

Из уравнения (3) можно получить формулу по определению объема уплотненной зоны в виде выражения

$$V_u = \alpha V_k / a, \quad (4)$$

$$a = [\rho'_d (1 + w') / \rho_d (1 + w)] - 1, \quad (5)$$

где ρ'_d — среднее значение плотности грунта в сухом состоянии в объеме V_u после вытрамбовывания котлована, т/м³;
 w' — среднее значение влажности грунта в объеме V_u после вытрамбовывания котлована;
 ρ_d — среднее значение плотности грунта в сухом состоянии до вытрамбовывания котлована, т/м³;
 w — среднее значение влажности грунта до вытрамбовывания котлована.

Как известно, форма уплотненной зоны грунта вокруг котлована неглубокого заложения, устраиваемого без втрамбовывания в его дно жесткого материала, близка к форме усеченного эллипсоида [1,3,4,10]. Учитывая это, на основе схемы, представленной на рис. 1, кроме формулы (4), для определения объема уплотненной зоны грунта можно записать и другую формулу:

$$V_u = V_3 - V'_k - V_c, \quad (6)$$

где V_3 — объем эллипсоида ОАБВ, м³;
 V'_k — объем котлована, ниже линии ГД, м³;
 V_c — объем шарового сегмента ОДГ, м³.

Принимая во внимание формулу по расчету объема эллипсоида [11], выражение (6) можно представить в виде

$$V_u = \{ [\pi d_s^2 H_3] / 3 \} - (V'_k + V_c), \quad (7)$$

где H_3 — высота эллипсоида ОАБВ, м.

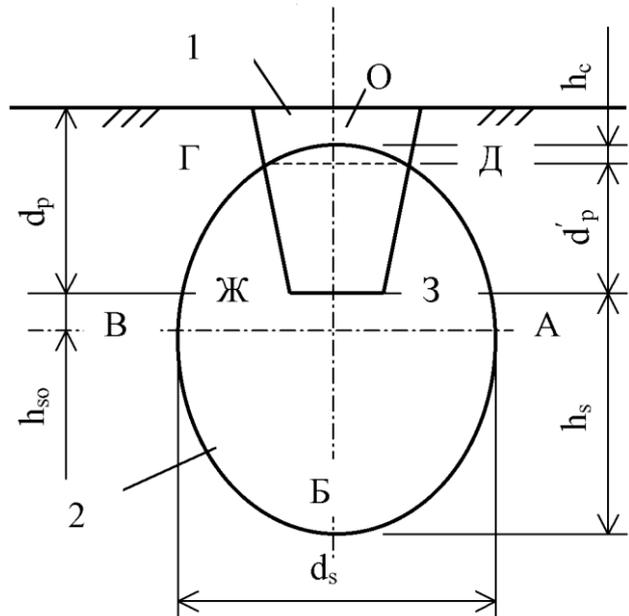


Рис. 1. Схема уплотненной зоны грунта вокруг котлована с плоской подошвой: 1 — котлован; 2 — уплотненная зона

Приравнивая правые части формул (4) и (7) и решая полученное равенство относительно

диаметра уплотненной зоны d_s , можно получить следующую формулу по его определению:

$$d_s = \{[(\alpha V_k / a) + V_k + V_c] / [\pi H_s / 3]\}^{1/2}. \quad (8)$$

В данной формуле объем шарового сегмента определяется по формуле [11]

$$V_c = [\pi h_c (3d_c^2 / 4 + h_c^2)] / 6, \quad (9)$$

где h_c — высота шарового сегмента ОДГ, м. (рис. 1);

d_c — диаметр шарового сегмента ОДГ, м. (рис. 1).

Диаметр шарового сегмента определяется по формуле

$$d_c = [d'_p (b' - b) / d_p] + b, \quad (10)$$

где b' — ширина котлована поверху, м;

b — ширина котлована понизу, м;

d_p — глубина вытрамбовывания котлована (без высоты заостренной части), м.

Формула (10) приемлема для случая вытрамбовывания котлована с постоянным по высоте углом наклона боковых граней к вертикали. Параметры H_s и h_c в формулах (8) и (9) для различных видов котлованов (рис. 1-3) могут быть определены по формулам, представленным в табл. 1.

Для оценки достоверности формулы (8) выполнена ее проверка на основе использования экспериментальных данных, полученных автором [3,4], и данных, представленных в работе Ю.В. Власова [1]. Из табл. 2 следует, что рассматриваемая формула позволяет рассчитывать диаметр уплотненной зоны грунта с достаточной для практики точностью (относительная погрешность изменяется от +13,1 % до -9,8 %).

Таблица 1

ФОРМУЛЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ H_s И h_c

Вид котлована	Формула	
с плоской подошвой	$h_c = h_s - (2h_{so} + d'_p)$	$H_s = 2(h_s - h_{so})$
с углом заострения 120°	$h_c = h_s - (2h_{so} + d'_p + h_o)$	То же
с углом заострения 90°	$h_c = h_s - (d'_p + h_o)$	$H_s = 2h_s$
с углом заострения 60° и 45°	$h_c = (h_s + 2h_{so}) - (d'_p + h_o)$	$H_s = 2(h_s + h_{so})$

Примечание. h_s — толщина уплотненной зоны ниже дна котлована; h_{so} — расстояние от дна котлована до горизонтальной оси уплотненной зоны; h_o — высота заостренной части котлована; d'_p — глубина котлована ниже линии ГД (рис. 1-3).

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДИАМЕТРА УПЛОТНЕННОЙ ЗОНЫ ГРУНТА

Размер котлована, м	Влажность грунта		Плотность грунта в сухом состоянии, т/м³		Параметр, м			Диаметр зоны, см		
	b'	b	w	w'	ρ_d	ρ'_d	h_{so}			
2,0	1,5	1,2	0,14	0,14	1,36	1,57	0,217	1,1	1,1	373/344
0,250	0,20	0,250	0,070	0,15	1,49	1,58	0,080	0,185	0,042	58/56
0,221	0,20	0,103	0,105	0,15	1,56	1,66	0,110	0,082	0,058	34/38

0,239	0,20	0,193	0,105	0,15	1,56	1,66	0,060	0,135	0,064	38/43
0,247	0,20	0,232	0,105	0,15	1,56	1,66	0,000	0,145	0,068	44,6/49
0,250	0,20	0,250	0,105	0,15	1,56	1,66	0,050	0,165	0,032	51/46

Примечание: 1. В первой строке приведены данные из источника [1], а в остальных — данные автора [3,4]; 2. В последнем столбце в числителе приведены экспериментальные данные, а в знаменателе — расчетные по формуле (8) при $\alpha=1$.

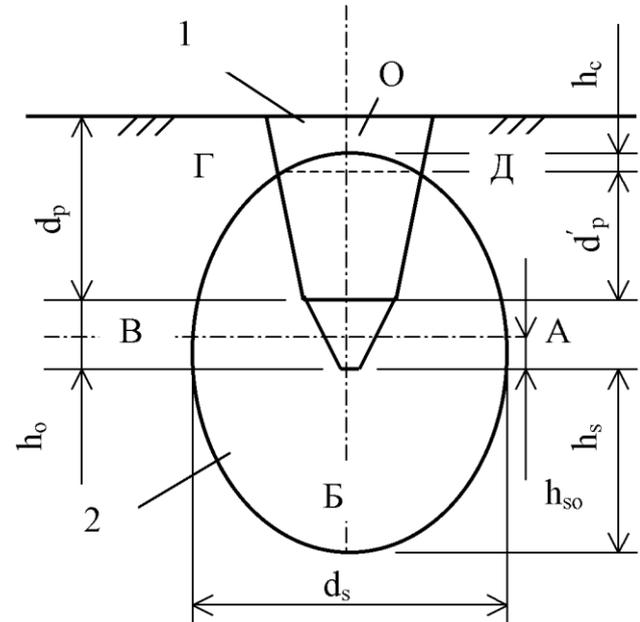


Рис. 2. Схема уплотненной зоны грунта вокруг котлована с заостренной нижней частью (угол заострения 450 или 600): 1 — котлован; 2 — уплотненная зона

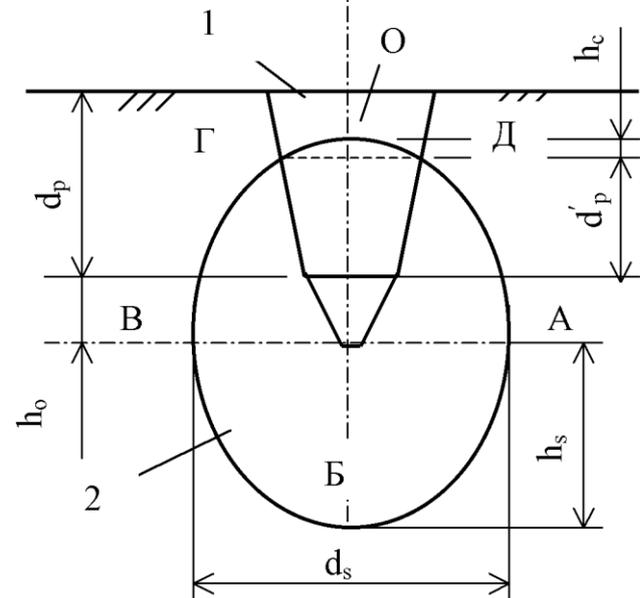


Рис. 3. Схема уплотненной зоны грунта вокруг котлована с заостренной нижней частью (угол заострения 900): 1 — котлован; 2 — уплотненная зона

При практическом использовании формулы (8) параметры, входящие в нее, рекомендуется принимать на основе опыта исследований, а при их отсутствии — по формулам, представленным в табл. 3.

Таблица 3

ФОРМУЛЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ d'_p , h_{so} И h_s

Вид котлована	Формула		
с плоской подошвой при уклоне боковых граней 1:5	$d'_p=0,9d_p$	$h_{so}=0,1b_m$	$h_s=1,5b_m$
то же при уклоне боковых граней 1:10	$d'_p=0,75d_p$	$h_{so}=0,35b_m$	$h_s=1,7b_m$
с углом заострения 120°	$d'_p=0,6d_p$	$h_{so}=0,2b_m$	$h_s=1,6b_m$
с углом заострения 90°	то же	$h_{so}=0$	$h_s=1,4b_m$
с углом заострения 60°	$d'_p=0,7d_p$	$h_{so}=0,35h_o$	$h_s=1,15b_m$
с углом заострения 45°	$d'_p=0,8d_p$	$h_{so}=0,45h_o$	$h_s=0,75b_m$

Примечание. Формулы, представленные в первой строке, получены на основе обработки экспериментальных данных работы [1], а формулы, представленные в остальных строках — по результатам обработки данных автора [3,4].

Коэффициент α в формуле (8) предлагается устанавливать по результатам экспериментальных исследований на основе формулы

$$\alpha = (m_{gk} - m_{ge}) / m_{gk}, \quad (11)$$

где m_{ge} — масса грунта, вытесненного на поверхность площадки, при вытрамбовывании котлована, т.

При отсутствии экспериментальных данных для просадочных грунтов значение коэффициента α допускается принимать равным 1,0.

Таким образом, в заключение следует отметить, что использование изложенного расчетного метода позволяет определять диаметр уплотненной зоны грунта с учетом параметров вытрамбовываемого котлована, характеристик грунта природного сложения и ожидаемых характеристик уплотненного грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов Ю.В. Распределение послойных перемещений неоднородного грунта под жестким штампом в вытрамбованном котловане // Сб. науч. тр. СибЗНИИЭП Госгражданстроя «Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания». Новосибирск, 1976. №14. С. 5-14.
2. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. М., 1981. 32с.
3. Бекбасаров И.И. Об определении оптимальных величин угла заострения трамбовки на крупномасштабных моделях // Сб. науч. тр. ППС ТарГУ им. М.Х. Дулати. Тараз, 1998. Вып. 1. С. 377-379.
4. Бекбасаров И.И. Применение метода пенетрационных испытаний для определения формы и размеров уплотненной зоны грунтов при вытрамбовывании в них котлованов // Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати «Природопользование и проблемы антропоферы». Тараз, 2001. №4. С. 209-213.
5. Власов Ю.В. Метод рассеянного γ -излучения для определения размеров зоны уплотнения при вытрамбовывании лессовых просадочных грунтов // Сб. науч. тр. СибЗНИИЭП Госгражданстроя «Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания». Новосибирск, 1976. №14. С. 21-35.
6. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М., 1986. 415с.
7. ВСН 67-257-87. Руководство по устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах с использованием навесного оборудования УВ-1, УВК-40А, ОВК-100. Уфа, 1987. 65с.
8. Бартоломей А.А., Рукавишников Н.Е., Юшков Б.С. Определение зон деформаций, возникающих в грунте от забивки свай // Межвуз. сб. науч. тр. «Основания и фундаменты в геологических условиях Урала». Пермь, 1984. С. 3-6.
9. Готман А.А. К вопросу определения зоны уплотнения околовсвайного фундамента // Сб. науч. тр. Уфимского НИИпромстроя «Механизмы и приборы для разработки грунта». Уфа, 1987. С. 12-17.
10. Джумаев К.М. Определение оптимальных расстояний при вытрамбовывании прерывистых ленточных фундаментов // Сб. науч. тр. СибЗНИИЭП Госгражданстроя «Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания». Новосибирск, 1976. №14. С. 36-42.
11. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1986. 544с.

Раздел 7

Автоматика. Энергетика

УДК 622.44:681.518.3

Л.А. АВДЕЕВ
С.А. БРАТЦЕВ

Централизованная система автоматизированного контроля и управления вентиляторами главного проветривания угольных шахт с использованием беспроводных каналов связи и компьютерной техники

Повышение производительности труда при добыче угля подземным способом влечет за собой повышенные требования к надежности функционирования основных технологических схем угольной шахты и в первую очередь — вентиляторных установок главного проветривания (ВГП). Согласно п. 221 «Правил безопасности в угольных шахтах» [1] вентиляторные установки должны оборудоваться аппаратурой дистанционного управления и контроля.

В связи с этим следует учесть и специфическую особенность производственного процесса на угольных шахтах, которая характеризуется большой территориальной раздробленностью (фланговые и центрально-отнесенные стволы и шурфы, оборудованные ВГП). Это существенно затрудняет оперативный контроль и управление ВГП, особенно в аварийных ситуациях. Используемая аппаратура контроля и управления вентиляторами главного проветривания (УКАВ-2 и УКАВШ) предназначена для автоматизации ВГП и обеспечивает управление и контроль реверсивных и нереверсивных ВГП угольных шахт с высоковольтными и низковольтными приводами. Аппаратура выпускается в двух модификациях в зависимости от удаленности диспетчерского пункта от ВГП: до 10 км и до 2 км.

Опыт эксплуатации аппаратуры позволил отметить ряд недостатков:

1) передача каждого из каналов телеуправления (ТУ), телеизмерения (ТИ) и телесигнализации (ТС) требует прокладки как минимум одной пары проводов от диспетчерского пункта (ДП) до ВГП;

2) на пульте ДП представлена информация только о производительности и депрессии, а также о состоянии агрегатов (включен-выключен);

3) информация о телеизмерении выводится на самописцы, анализ записей которых особенно в аварийных ситуациях чрезвычайно затруднителен;

4) аппаратура предусматривает передачу информации по проводным линиям связи, а участвующие хищения кабеля резко снижают надежность процесса контроля и управления ВГП, что в конечном счете сказывается на производительности и безопасности труда на угольных шахтах.

Создание системы автоматизированного беспроводного контроля и управления ВГП с использованием радиоканалов связи и компьютерной техники повысит надежность контроля и управления ВГП, а также обеспечит технические службы шахты информацией о режимах работы ВГП для технико-экономического анализа и качественного расследования аварийных ситуаций. Сложность

создания радиотелемеханических систем обусловлена необходимостью обеспечения требуемой достоверности передачи телемеханических сообщений и допустимого времени реакции на аварийные сигналы в условиях открытости радиоканала для различного вида метеорологических и промышленных помех, а также сторонних радиотелефонных переговоров.

СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ

Наименование 1	Назначение 2
1 Технические средства пункта управления	
1.1 ПЭВМ (типа Pentium II и выше)	Опрос средств отбора информации, обработки информации в соответствии с заданным алгоритмом, ведение базы данных, представление выходной информации на дисплей и печать, формирование команд управления
1.2 Программное обеспечение	Реализация алгоритмов контроля и управления в увязке с техническими средствами системы
1.3 Контроллер телемеханический (КТ-Р 1.03 ПУ)	Прием-передача по радиоканалам связи телемеханических сообщений. Работа во взаимодействии с радиостанцией и средствами вычислительной техники
1.4 Радиостанция (типа «Заря», «Лен»)	Формирование радиоканала связи ПУ с КП
2 Технические средства контролируемого пункта	
2.1 Контроллер телемеханический (КТ-Р.1.03 КП)	Прием-передача телемеханических сообщений. Работа во взаимодействии с радиостанцией и объектом телемеханизации
2.2 Контроллер измерительный (КТ-И.1.08)	Осуществляет функции телеизмерения (30 ТИ) и телесигнализации (30 ТС). Работа с контроллером телемеханическим типа КТ-Р и средствами отбора информации
2.3 Контроллер управления (КТ-У.1.12)	Осуществляет функции телеуправления (ТУ) и телесигнализации (ТС). Работа во взаимодействии с блоками БК-Р и БК-С, а также с КТ-Р
2.4 Блок сигнализации (БК-С.2.13)	Контроль состояния 16 ТИ дискретных входов ТС
2.5 Радиостанция (типа «Заря», «Лен»)	Формирование радиоканала между КП и ПУ
3 Средства отбора информации о контролируемых параметрах	
3.1 Преобразователь депрессии и расхода воздуха (Сапфир 22ДД-ВН-24-20)	Контроль депрессии и расхода воздуха, выработка аналогового сигнала для передачи через КТ-И на ПЭВМ
3.2 Датчик метана (ДМТ-4 комплекса «Метан»)	Контроль содержания метана, выработка аналогового сигнала для передачи информации через КТ-И на ПЭВМ
3.3 Трансформатор тока Т ПЛ-10У3	Контроль силы тока статора, выработка аналогового сигнала для передачи информации через КТ-И на ПЭВМ
3.4 Трансформатор напряжения НОМ-6	Контроль напряжения сети 6 кВ, выработка аналогового сигнала для передачи информации через КТ-И на ПЭВМ
3.5 Шунт ШС-75-500-0,5	Контроль силы тока ротора, выработка аналогового сигнала для передачи информации

3.6 Вольтметр М381	через КТ-И на ПЭВМ Контроль напряжения ротора, выработка аналогового сигнала для передачи информации через КТ-И на ПЭВМ
3.7 Преобразователь частоты переменного тока Е858/1	Контроль частоты сети переменного тока, выработка аналогового сигнала для передачи информации через КТ-И на ПЭВМ

В КТЦ «Автоматизация и метрология» (Россия) разработан комплекс средств радиотелемеханики «КОРАТ», обеспечивающий создание радиотелемеханических систем с использованием радиостанций, работающих в диапазонах, в которых выделяются рабочие частоты для промышленных предприятий. Комплекс «КОРАТ» является средством измерения (№15137-96 Государственного реестра РФ). Предприятием «Углесервис» ОАО «Испат-Кармет» разработана система, назначением которой являются автоматизированный централизованный контроль и управление вентиляторами главного проветривания с использованием беспроводных каналов связи и современных средств вычислительной техники.

Для передачи информации используется радиотелемеханическая сеть (РТМС), состоящая из контроллеров телемеханических (КТ-Р) и радиостанций (Р/с). Каждый объект имеет системный адрес, отличающийся от аналогичных, работающих на той же частоте. Конфигурация сети — многоточечная радиальная: пульт управления может обслуживать до 128 контролируемых пунктов (КП), причем одновременно ПУ может принимать сообщения только от одного КП. Контроллеры КТ-Р обеспечивают функционирование РТМС в соответствии со стандартом на устройства и системы телемеханики МЭК 870-5-1, формат сообщений соответствует FT3, а класс диалоговой процедуры — S2 (достоверный прием подтверждается передачей квитирующего сообщения). Запуск передачи телемеханических сообщений в РТМС осуществляется либо по инициативе ПУ (спорадические передачи «по событию»), либо по временной уставке). РТМС может подключаться к компьютеру ПУ через интерфейс RS-232C.

Цели создания системы:

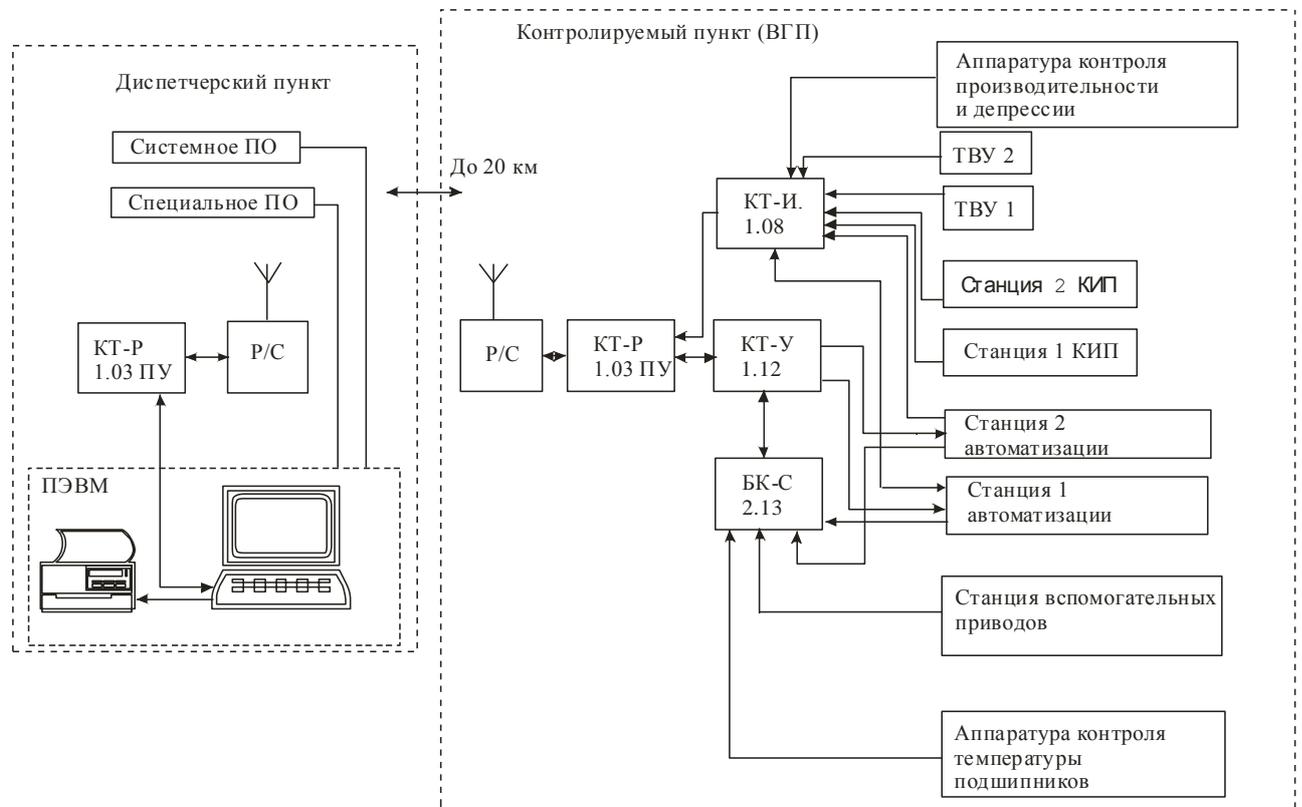
- 1) повышение надежности работы ВГП за счет использования беспроводных каналов связи для контроля и управления;
- 2) обеспечение руководства шахты информационной базой о режимах работы ВГП в целях технико-экономического анализа и расследования аварийных ситуаций.

В системе реализуются следующие функции:

- 1) передача сигналов телеуправления (ТУ):
 - пуск соответствующего агрегата;
 - остановка соответствующего агрегата;
 - пуск на реверс агрегата;
 - остановка реверса агрегата;
 - возврат из реверса агрегата;
- 2) передача сигналов телеизмерения (ТИ):
 - производительность агрегатов;
 - депрессия агрегатов;
 - концентрация метана;
 - частота питающей электросети;
 - напряжение сети;

- ток статора;
 - ток ротора;
 - напряжение ротора;
 - ток возбуждения;
- 3) передача телесигнализации (ТС):

- включение агрегатов;
- выключение агрегатов;
- аварийная остановка агрегатов;
- включение резервных маслонасосов;



Структурная схема технических средств системы АРУ ВГП

- выбор автоматического режима агрегатов;
- превышение температуры подшипников;
- состояние перекрывающих ляд;
- срабатывание блокировок и защит;
- срабатывание охранной сигнализации;

4) создание компьютерной базы данных о режимах работы агрегатов и узлов ВГП;

5) формирование и отображение на экране дисплея фрагментов мнемосхем, информационных таблиц с динамически изменяющимися параметрами;

6) учет времени отключения питающего напряжения и нарушения качества (уровень и частота сети);

7) диагностика и тестирование технических средств и программного обеспечения системы.

В качестве источников информации используются эксплуатируемые в настоящее время системы УКАВ. Сигналы телеизмерения и сигнализации являются входной информацией системы, а сигналы телеуправления — выходной. Структурная схема системы представлена на рисунке, а состав и назначение технических средств системы указаны в таблице. Экспериментальные образцы разработанных систем изготовлены и установлены на ВГП шахт угольного департамента ОАО «Испат-Кармет»: южный ствол шахты «Гентекская», 6 ствол шахты им. Т. Кузембаева, блочный ствол шахты «Шахинская».

Проведены предварительные шахтные испытания, и в настоящее время осуществляется опытная эксплуатация систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах (ПОТ РК 0-028-99). Караганда, 2001.
2. Сумительнов В. Радиотелемеханические системы на базе контроллеров КТ-Р // Современные технологии автоматизации. 1997. №1. С. 70-72.

УДК 532.527:621.039:662.995

Н.И. КАРАСЕВ

Энергоресурс жидких сред при вихревом движении

Энергетическая проблема является одной из извечных проблем земной цивилизации, на решение которой ориентирован значительный материальный и интеллектуальный потенциал человечества. Энергетический баланс мирового сообщества при достаточно высоких темпах роста энергопотребления покрывается в настоящее время источниками энергии, энергетические технологии которых используют известные и хорошо освоенные энергетические ресурсы.

Все возрастающие темпы энергопотребления приводят к весьма быстрому расходованию невозобновляемых энергетических ресурсов планеты (уголь, нефть, газ, урановые руды) и заставляют искать обоснованные ограничения таких темпов. В свое время академик Н.Н. Семенов установил предел наращивания годового потребления энергетических ресурсов планеты *на уровне 5 % от тепла солнца*, воспринимаемого поверхностью Земли и нижними слоями атмосферы. В пересчете на условное *топливо это составляет около 4000 млрд. тонн*. И хотя этот предел энергопотребления еще не достигнут мировым сообществом, по оценкам экспертов, *нефти и газа хватит еще лет на сто, угля — лет на триста* [1].

Вместе с тем, решая проблемы динамично нарастающего энергопотребления путем сжигания органического топлива, человечество обрекает земную атмосферу на чрезмерное повышение в ней содержания углекислого газа, избыток которого в атмосфере приводит к парниковому эффекту, грозящему перегревом атмосферы Земли и приближающейся глобальной климатической катастрофой, ощущаемой уже сегодня. Эти вопросы всё больше волнуют людей и заставляют искать альтернативные источники энергии.

Достаточно длительное время в качестве реальной альтернативы энергетическим технологиям, использующим органические энергетические ресурсы, рассматривали *ядерные энергетические технологии*. Развитые страны успели построить сотни ядерных электростанций, «сжигающих» обогащенный уран вместо угля, газа и продуктов переработки нефти. Строителей атомных электростанций прельщает кажущаяся простота и дешевизна получения энергии из урана, а также компактность этого «топлива». Ведь всего лишь из одного килограмма урана можно получить столько тепла, сколько получают при сжигании трех тысяч тонн угля.

Однако оценки специалистов показывают, что разведанных запасов урановых руд, пригодных для

промышленной разработки, хватит не более чем на 100 лет при уже существующих темпах роста атомного энергопроизводства. Поэтому «урановая энергетика» — лишь один из временных этапов производства энергии для удовлетворения возрастающих энергетических потребностей мирового сообщества. При этом ликвидация последствий от возможных катастроф ядерных электростанций, таких как Чернобыльская, потребует многих столетий, и вред, наносимый генно-наследственным структурам всего живого после таких катастроф, может оказаться вообще неисправимым.

Поэтому ученые всего мира считают, что на смену ядерной (урановой) энергетике должна прийти термоядерная, основывающаяся на реакциях синтеза ядер атомов гелия из ядер атомов водорода. Для создания безопасной и надежной термоядерной энергетической технологии необходимо научиться безопасно разогревать *дейтерий-тритиевую плазму* до термоядерных температур электрическими разрядами. Пока, как известно, это не совсем получается из-за ряда технических проблем удержания плазмы в реакторе, хотя с нагревом плазмы до требуемых температур уже имеется определенный и ощутимый прогресс. Вот уже пять десятилетий пуск демонстрационных установок термоядерного синтеза откладывается физиками. При этом объем необходимых научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ и их стоимость все возрастают.

Не очень определенная в смысле промышленной реализации перспектива термоядерной энергетике заставляет мировое сообщество искать альтернативные пути, один из которых появился после испытаний опытных образцов ряда пионерных изобретений и был *назван холодным ядерным синтезом* [2-4]. Все началось весной 1989 г., когда газеты мира облетело сенсационное сообщение о том, что американские физики М. Флейшманн и С. Понс из университета штата Юта осуществили реакцию ядерного синтеза при комнатной температуре в процессе электролиза тяжелой воды с палладиевым катодом. В этом процессе они наблюдали почти все признаки ядерных реакций: зафиксировали потоки нейтронов, обнаружили тритий и установили, что тепловой энергии в электролитической ячейке выделяется в 4 раза больше, чем подводится к ней электрической от используемой в эксперименте аккумуляторной батареи напряжением 6 В.

Однако задолго до этого в оборонной промышленности СССР аспирант И.С. Филимонок в 1962 г. подал заявку на изобретение СССР № 717239/38 «Процесс и установка термоэмиссии». В ней описана гидролизная энергетическая установка, предназначенная для получения тепла от реакций ядерного синтеза, идущих при температуре всего 1150°C. «Топливом» служила тяжелая вода. Реактором — металлическая труба диаметром 41 мм и длиной 700 мм из сплава, содержащего несколько граммов палладия. Филимонок экспериментально выявил, что после разложения тяжелой воды электролизом на кислород и дейтерий, который растворяется в палладии катода, в катоде происходят реакции холодного ядерного синтеза.

В 1993 г. практически одновременно в СССР и США патентуются изобретения Ю.С. Потапова и Джеймса Григгса, которые открывают возможность реализации холодного ядерного синтеза в вихревом потоке низкопотенциальной обыкновенной воды. Как часто бывает в истории науки, эксперимент оказался впереди теории и открыл пути экспериментальных исследований и теоретических обобщений по этой важнейшей энергетической проблеме мирового сообщества для многих теоретиков-исследователей и конструкторов-изобретателей [2, 5-7].

Экспериментальный экземпляр теплогенератора Ю.С. Потапова, конструктивно являющийся жидкостным аналогом вихревой трубы с газовой рабочей средой Ж. Ранке, вырабатывал тепловой энергии больше, чем потреблял электрической энергии электродвигатель насоса, используемый для обеспечения вихревого движения воды в вихревой реакторной трубе генератора.

Экспериментальный экземпляр гидросонной помпы Д. Григгса представлял собой, по сути, вращающийся ячеистый ротор, через который пропусклась обыкновенная вода. При этом вода нагревалась и появлялось «избыточное тепло», так как теплопроизводительность помпы была больше, чем затраты электрической энергии на вращение ячеистого ротора.

Изобретения Ю.Потапова и Д. Григгса могут коренным образом изменить технологическую роль воды в энергетических технологиях, так как она теперь станет не только эффективным энергоносителем, но и достаточно доступным и весьма дешевым энергоресурсом, запасы которого на планете во много раз превосходят запасы органического, ядерного и термоядерного топлива.

Для объяснения энергетических парадоксов в изобретениях Ю.Потапова и Д. Григгса предстоит огромная исследовательская работа. Рассмотрим основные гипотезы, которые позволят минимизировать планы экспериментальных исследований вихревых теплогенераторов, изготовленных, например, по варианту жидкостной вихревой трубы, разработанному в КарГТУ [7].

Так как вода в вихревом теплогенераторе нагревается до температур, гораздо более высоких, чем те, до которых ее могла бы нагреть электроэнергия, потребляемая двигателем насоса, то в

нем действительно идет превращение внутренней энергии воды в тепло. Из теории движения материальных тел [2] известно, что выделение «лишней» внутренней энергии вращающимися телами при ускорении вращения должно сопровождаться усилением связи между этими телами. Отрицательная энергия связи появляется в результате сброса вращающейся системой положительной энергии.

В вихревом теплогенераторе вращающимся рабочим телом является вода, структура которой представлена молекулами, атомами, ядрами, электронами, протонами и нейтронами. Каждый из этих компонентов в свободном виде имеет свою, давно вычисленную в квантовой механике энергию связи.

Уровень энергетических связей между компонентами воды возрастает при переходе от межмолекулярных связей, обладающих наименьшей энергией, до внутриядерных связей, обладающих наибольшей энергией. В связи с этим межмолекулярные связи в воде намного легче возникают и разрываются, чем внутримолекулярные, а поэтому именно они в первую очередь участвуют в процессах теплообмена, связанных с изменением внутренней энергии воды.

Экспериментально установлено, что при восстановлении одной разорванной межмолекулярной связи в воде должно выделяться до 0,5 эВ ее внутренней энергии. Если же будет восстанавливаться всего по одной связи на каждые 10 молекул воды, то тепловыделение может достигнуть 400 кДж/кг. А этого достаточно для нагрева воды от комнатной температуры до кипения. Если в вихревом теплогенераторе каким-то образом (например, с помощью торсионных полей) стимулируется восстановление разорванных межмолекулярных связей в воде без понижения ее температуры, то энергия связи должна возникать за счет выделения «лишней» энергии в виде излучений и тепла. Это и наблюдается в вихревом теплогенераторе.

Так как вихревой теплогенератор выделяет тепла в полезную нагрузку много больше, чем содержалось его в исходной воде, то «дополнительное» тепло здесь получается не за счет образования межмолекулярных связей (хотя и это имеет место), а скорее всего за счет низкотемпературных ядерных реакций синтеза составных ядер атомов из более легких, так как такие реакции тоже ведут к возрастанию энергии связи между нуклонами ядра атома и выделению «лишней» массы-энергии в виде излучений и быстрых частиц.

При каждом элементарном акте ядерной реакции кванты энергии огромны и это может приводить к появлению избытка тепла и возрастанию **коэффициента преобразования энергии до трех и более**. Так как процесс образования ядерных связей между нуклонами необратимый, то вода не будет самопроизвольно остывать без отдачи тепла окружающей среде.

При ядерных реакциях, которые идут в вихревом теплогенераторе, должны появляться нейтрино. Видимо, **торсионные поля**, поворачивая спины реагирующих частиц, могут стимулировать и химические реакции в воде. Давно известно,

например, что как молекулярный водород, так и вода могут существовать в орто- и парамодификациях, имеющих соответственно противоположные и параллельные направления спинов ядер атомов водорода.

В вихревой трубе теплогенератора **торсионные** поля могут, по-видимому, стимулировать химические реакции взаимодействия воды с солями и другими растворёнными в ней веществами, которые при обычных условиях идут медленно. В экспериментах Ю.С. Потапова обнаружено повышение теплопроизводительности на 10-20 % при добавке в пресную воду теплогенератора 10 % морской воды [2]. Можно найти много новых добавок, которые под действием торсионного поля теплогенератора будут связывать циркулирующую воду в молекулярные комплексы, повышающие теплопроизводительность вихревого теплогенератора на 50-80 %.

Экспериментально обнаружен противоток в вихревых трубах и в закрученных струях, а также остронаправленное осевое высокоэнергетичное ионизирующее излучение от вихревой трубы теплогенератора, интенсивность дозы которого в 1,5-2 раза превышает величину фона. Эти эффекты, видимо, создают потоки нейтрино, которые излучаются в направлении оси вихря и уносят «лишнюю» энергию вращающейся воды [2].

Не только торсионные поля, но и кавитационные процессы в вихревой трубе теплогенератора ведут к химической активации как самой воды и продуктов её разложения, так и растворенных в ней веществ и нерастворимых примесей, в том числе продуктов кавитационной эрозии металла тормозного устройства теплогенератора. Именно тормозное устройство, обычно устанавливаемое в конце вихревой трубы теплогенератора, физически создает кавитационные процессы, в которых активированные вещества могут образовывать комплексные соединения с водой с выделением тепла. Такое предположение подтверждается опытом работы вихревых теплогенераторов, в которых генерация избыточного тепла происходит лишь тогда, когда в вихревой трубе теплогенератора интенсивно идёт кавитация, усиливаемая резонансными звуковыми колебаниями столба воды в вихревой трубе.

Рассмотренные выше теоретические положения могут рассматриваться не более как попытки теоретического осмысления процессов, происходящих в работающем вихревом теплогенераторе. Без тщательной экспериментальной проверки эти теоретические посылы не могут использоваться для создания методологии конструирования различных технологий и устройств, использующих эффекты генерации «лишней» тепловой энергии при вихревом движении воды.

В настоящее время в реальной экономике ряда стран СНГ, Европы и Азии эксплуатируется достаточно много технологических установок, использующих возможность генерации тепла при вихревом движении жидких сред.

Энергетическую эффективность действующих моделей вихревых теплогенераторов можно оценить с

помощью коэффициента преобразования энергии $K_n = Q_c / N_n$,

где Q_c — номинальная теплопроизводительность (тепловая мощность) теплогенератора, кВт;

N_n — потребляемая мощность электродвигателя циркуляционного насоса в номинальном режиме, кВт.

Представим значения коэффициента K_n для ряда действующих моделей вихревых теплогенераторов, полученные по данным их технических характеристик, приведенных в табл. 1 [2]:

Таблица 1

Тип теплогенератора	Тек-1	Тмг-5,5	Юсма р-1м	Юсма р-2м	Юсма р-3м	Юсма р-4м	Юсма р-5м
Коэффициент преобразования K_n	0,87	1,2	1,56	1,39	1,37	1,95	1,70
Мощность, потребляемая электродвигателем насоса, кВт	7,5	5,5	2,67	5,5	11	45	65

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать следующие выводы:

1. Более ранние конструкции теплогенераторов типа Тек-1 и Тмг-5,5 имеют коэффициент преобразования энергии, близкий к единице, что можно объяснить несовершенством конструкции их вихревого преобразователя, режимом работы циркуляционного насоса, физико-химическим составом воды, а также методологией и технологией калориметрических измерений, используемых при стендовых испытаниях энергетических характеристик.

2. Экземпляры стандартного ряда теплогенераторов типа «Юсмар-М» имеют коэффициент преобразования энергии больше единицы, но меньше двух. С ростом номинальной теплопроизводительности теплогенераторов коэффициент преобразования энергии стремится к двум.

3. Максимальная теплопроизводительность вихревых теплогенераторов, достигнутая в стандартном ряде «Юсмар-М», составила у теплогенератора «Юсмар-5М» 110,5кВт при установленной мощности электродвигателя циркуляционного насосного агрегата 65 кВт. В климатических условиях Карагандинского региона (расчетная температура наружного воздуха —32 °С) теплогенератор «Юсмар-5М» может использоваться для отопления типового жилого здания с общей площадью отапливаемых помещений 1760 м² при условии, что тепловые потери здания в расчетных условиях не превышают 110 кВт. (94582 ккал/ч), а акустические характеристики теплогенератора соответствуют санитарным нормам.

Республика Казахстан обладает значительными запасами органического и ядерного топлива, которых хватило бы на многие годы монопольного использования на внутреннем рынке, но такой режим использования энергоресурсов практически невозможен в мировом сообществе с интегрированной экономикой. Вот почему среди проблем развивающегося Казахстана

энергоресурсосберегающая проблема остается такой же актуальной, как и для всех стран мирового сообщества, практически не имеющих запасов энергоресурсов. Для решения этой проблемы необходимы поиск и скорейшее освоение альтернативных источников энергии, таких как внутренняя энергия жидких сред, извлекаемая без использования ядерных реакций, вызывающих радиоактивное загрязнение окружающей среды, энергия ветра и солнечных лучей.

Пожалуй, наиболее результативным и многообещающим по масштабам использования ожидаемых результатов в реальной экономике Казахстана является направление нетрадиционной энергетики, использующее технологию извлечения внутренней энергии при вихревом движении жидких сред и возникающих при этом процессов холодного ядерного синтеза. Практически это направление связано с конструированием, исследованием и изготовлением вихревых теплогенераторов. Результаты фундаментальных исследований физической природы энергетических эффектов при вихревом движении жидких сред открывают широкие возможности конструирования различных энергетически эффективных технологических установок и аппаратов в традиционных и новых направлениях техники и технологии.

Инициативные предприниматели Карагандинского региона Казахстана первыми проявили интерес к вихревым теплогенераторам еще в 1993 г., когда фирма «Визор» из Республики Молдова предложила на рынок стран СНГ теплогенераторы типа «ЮСМАР», а энергетика Карагандинского региона находилась в кризисном состоянии. ТОО «ТРАНСПОРТ» приобретает один комплект теплогенератора «ЮСМАР-3» и совместно с Карагандинским политехническим институтом проводит его стендовые испытания на специально разработанном и созданном гидродинамическом стенде.

Паспортные характеристики испытываемого экземпляра теплогенератора «ЮСМАР-3»:

1. Рабочий напор на входе в сопло, м.в.ст 50-60.
2. Подача циркуляционного насоса, м³/ч 25-50.
3. Мощность электродвигателя насоса, кВт 11-15.
4. Темп нагрева в циркуляционном контуре, °С/мин 2.
5. Внутренний диаметр вихревой трубы, мм 95.
6. Длина рабочей части трубы, мм 1000.
7. Диаметр внутреннего отверстия диафрагмы, мм 66.
8. Внутренний диаметр входного патрубка, мм 58.

В процессе стендовых испытаний были получены следующие значения энергетических характеристик теплогенератора «ЮСМАР-3»:

1. Максимальная теплопроизводительность при номинальной подаче циркуляционного насоса составила кВт 9,8.

2. Мощность, потребляемая электродвигателем насоса при номинальной подаче, кВт 11.

3. Коэффициент преобразования энергии 0,89.

4. Темп нагрева в номинальном режиме, °С/мин 0,19.

При анализе численных значений энергетических характеристик теплогенератора в различных режимах работы циркуляционного насоса наблюдались следующие характеристики качественного порядка:

1. Всякое увеличение гидравлического сопротивления присоединенной теплотребляющей системы приводило к уменьшению подачи циркуляционного насоса, средней скорости движения воды в тракте генератора, снижению темпа ее нагрева и теплопроизводительности.

2. Теплопроизводительность теплогенератора в номинальном режиме работы насоса максимальна и не превышает потребляемой им мощности, т.е. достигнутый коэффициент преобразования энергии менее единицы.

3. Располагаемый напор циркуляционного контура составлял в наблюдаемых режимах 2-4 м.в.ст., что ограничивает допустимое расстояние между баком-аккумулятором теплогенератора и присоединенной к нему теплотребляющей системой.

4. В климатических условиях Карагандинского региона теплогенератор «Юсмар-3» может использоваться для отопления типового жилого здания с общей площадью отапливаемых помещений 196 м² при условии, что теплотери здания в расчетных условиях не превышают 9,8 кВт.(8426,5 ккал/ч).

5. Акустические характеристики теплогенератора «Юсмар-3» не соответствуют установленным санитарным нормам по уровню шума и вибрации, так как конструктивное исполнение генератора не предусматривает гашение вибраций, создаваемых приводом насоса и собственно насосом.

6. Отопительная система с вихревым теплогенератором «Юсмар-3» может работать с минимальными энергетическими потерями только при оптимальной настройке гидравлического режима, когда подача циркуляционного насоса соответствует максимальному значению КПД насосного агрегата, а теплопроизводительность теплогенератора обеспечивает компенсацию расчетных тепловых потерь отапливаемых помещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1976.
2. Потапов Ю.С., Фоминский Л.П. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиций теории движения. Кишинев-Черкассы: ОКО-Плюс, 2000.
3. Царев В.А. Низкотемпературный ядерный синтез // УФН, 1990. Т. 160. №11. С. 1-53.
4. Герлович И.Л., Баранова Р.Х., Баранов П.С. Новый подход к низкотемпературному ядерному синтезу // Журнал общей химии. 1992. Т.62. №1. С. 230-232.
5. Патент Республики Молдова № 167 / Потапов Ю.С. // БИ 18.03.9314.06.93г.

6. Патент Российской Федерации № 2045715 / Потапов Ю.С. // Бюл. изобр. № 28. 1995.

7. Патент Республики Казахстан № 6900 / Карасев Н.И., Кучин В.Н., Окрут И.И. // БИ №10. 2002.

УДК 532.527:621.039:662.995

Н.И. КАРАСЕВ
В.Н. КУЧИН**К новому поколению вихревых теплогенераторов с трубным реактором**

Постановка задачи

Анализ результатов стендовых испытаний вихревого теплогенератора «Юсмар-3» на гидродинамическом стенде КарГТУ, а также анализ опыта промышленной эксплуатации локальной системы отопления на одном из объектов ТОО «Транспорт» в Карагандинском регионе, построенной на базе вихревого теплогенератора «Юсмар-2», изготовленного и установленного АО «Сибтензоприбор» (г. Топки, Кемеровская обл.), показал недостаточную энергетическую эффективность этих образцов. Достигнутый коэффициент преобразования энергии не превышал КПД используемых насосных агрегатов, что не соответствовало паспортным характеристикам генераторов и не оправдывало рекламных ожиданий. Если сделать скидку на точность калориметрических измерений при испытании теплогенераторов на стенде и в производственных условиях, то и в этом случае нельзя поднять коэффициент преобразования энергии на уровень больше единицы. Скорее всего, дело в особенностях конструктивных параметров исследуемых образцов теплогенераторов и режимов их работы, которые не позволяют получить более высокую энергетическую эффективность.

В тот период мы увидели три направления в модернизации существующих конструкций вихревого теплогенератора с трубным реактором.

1. Увеличить дальность переноса теплового потока без использования дополнительных подкачивающих насосов.

2. Увеличить компактность вихря в вихревой трубе с целью активизации торсионного поля, способного стимулировать химические реакции взаимодействия воды с солями и другими растворёнными в ней веществами и повышать интенсивность выделения внутренней энергии.

3. Повысить интенсивность и устойчивость кавитационных процессов в вихревой трубе теплогенератора, в которых активированные вещества могут образовывать комплексные соединения с водой с выделением тепла. Генерация избыточного тепла в вихревой трубе теплогенератора интенсифицируется, когда кавитация усиливается резонансными звуковыми колебаниями столба воды в вихревой трубе.

Проектно-конструкторская реализация отмеченных направлений модернизации теплогенератора привела к заявке на изобретение «Гидродинамический нагреватель» с приоритетом от 12.11.1996 г.. После экспертизы заявки по существу Патентное ведомство РК выдало патент № 6900 «Гидродинамический нагреватель» [1], который стал единственным в Казахстане патентно-защищенным техническим решением для реализации задач производства и использования тепловой энергии в

техногенных системах разнообразной функциональности на основе принципов выделения внутренней энергии при вихревом движении жидких сред.

Анализируя опубликованные в открытых источниках данные о протоколах испытаний и технических характеристиках вихревых теплогенераторов [2], мы обнаружили множество нерешенных проблем, которые сдерживают более широкое использование вихревых энергетических эффектов в энергетических технологиях и установках. Эти проблемы обусловлены отсутствием качественных и надежных стендовых исследований и аттестационных испытаний конструктивно законченных образцов вихревых преобразователей энергии и сопутствующих им теоретических обобщений в виде методологии проектирования, без которой конструирование и изготовление ряда типоразмеров вихревых теплогенераторов невозможно.

Эти исследования можно качественно спланировать и выполнить с привлечением современных концепций цифровой гидродинамики, квантовой механики, ядерной физики и математической теории планирования экспериментов [5-9], в которой развиваются два направления: планирование экстремальных экспериментов и планирование экспериментов по выявлению сущности или механизма явлений. Учитывая прагматическую направленность исследований по вихревым теплогенераторам, целесообразно планирование первого типа. Экспериментальный план целесообразно выполнять на специальном стенде, в котором конструктивно предусмотрена возможность замены и быстрой сборки конструктивных вариантов основных компонентов теплогенератора: формирователя вихря, формирователя кавитации, циркуляционного насоса с регулируемой частотой вращения, трубного реактора и аккумулирующей емкости.

Стенд должен быть оснащен автоматизированной системой научных исследований вихревых теплогенераторов (АСНИ-ВТГ), работающей в реальном времени и выполняющей весь комплекс задач планирования и обработки измерений гидродинамических, теплофизических, акустических процессов и возможных ионизирующих излучений в конструктивных элементах испытываемых образцов.

К настоящему времени сложилась определенная технология экспериментальных исследований явлений реального мира, которая включает следующие виды деятельности независимо от физического содержания объектов исследования: постановка задачи, выбор зависимых переменных (целевых функций или функций отклика), выбор независимых переменных или варьируемых факторов, выбор диапазонов

изменения или уровней для этих факторов, подбор сочетаний уровней факторов, определение числа наблюдений зависимых переменных, выбор порядка проведения эксперимента, выбор метода рандомизации, выбор математической модели для описания эксперимента, сбор, обработка данных и вычисление статистик для проверки гипотез, интерпретация результатов эксперимента.

Для исследования физического механизма действия вихревых теплогенераторов в качестве **искомых целевых переменных** или **функций отклика** назначим следующие свойства теплогенераторов с трубным реактором:

1. Q — теплопроизводительность,
2. N_i — мощность дозы ионизирующего излучения,
3. 2D — наработка дейтерия в воде циркуляционного контура,
4. ${}^{14}C$ — наработка радиоуглерода -14 в углеводородной рабочей жидкости циркуляционного контура.

Доминирующей целевой функцией является теплопроизводительность, и цель экспериментального исследования должна сводиться к получению таких значений параметров конструктивных компонентов теплогенератора, которые обеспечивают максимальную теплопроизводительность при фиксированном типе циркуляционного насоса и мощности его электропривода, а также фиксированных физико-химических свойствах рабочей жидкости. Целевые функции N_i , 2D , ${}^{14}C$ являются вспомогательными свойствами объекта исследования, которые могут входить в набор его дополнительных характеристик.

В качестве варьируемых факторов или независимых переменных выбираем следующие измеряемые свойства теплогенератора с реактором трубного типа:

1. X_1 — длина вихревой трубы,
2. X_2 — внутренний диаметр вихревой трубы,
3. X_3 — давление рабочей жидкости на входе формиратора вихря,
4. X_4 — время работы циркуляционного насоса,
5. X_5 — диаметр входного сечения формиратора вихря,
6. X_6 — диаметр выходного сечения формиратора кавитации,
7. X_7 — подача циркуляционного насоса.

Если исключить одну из пары связанных переменных (давление и расход рабочей жидкости) и зафиксировать размеры входного и выходного сечений теплогенератора, то число варьируемых факторов можно сократить до четырех:

1. X_1 — длина вихревой трубы,
2. X_2 — внутренний диаметр вихревой трубы,
3. X_3 — давление рабочей жидкости на входе формиратора вихря,
4. X_4 — время работы циркуляционного насоса.

Кроме зависимых и независимых переменных состояние рабочей жидкости при вихревом движении в трубном реакторе определяется следующими качественными и количественными параметрами

теплогенератора, значения которых фиксируются в одном или группе экспериментов.

Для первой группы варьируемых факторов набор фиксированных параметров следующий:

1. P_1 — тип тормозного устройства,
2. P_2 — направление вихря (правовращательный, левовращательный),
3. P_3 — физико-химические свойства рабочей жидкости,
4. P_4 — установленная мощность электродвигателя циркуляционного насоса,
5. P_5 — исходная температура рабочей жидкости,
6. P_6 — масса рабочей жидкости в объеме аккумулирующей емкости,
7. P_7 — тип циркуляционного насоса,
8. P_8 — тип байпаса для встречного потока в трубном реакторе.

Для второй группы варьируемых факторов:

1. P_1 — тип тормозного устройства,
2. P_2 — направление вихря (правовращательный, левовращательный),
3. P_3 — физико-химические свойства рабочей жидкости,
4. P_4 — установленная мощность электродвигателя циркуляционного насоса,
5. P_5 — исходная температура рабочей жидкости,
6. P_6 — масса рабочей жидкости в объеме аккумулирующей емкости,
7. P_7 — тип циркуляционного насоса,
8. P_8 — диаметр входного сечения формиратора вихря,
9. P_9 — диаметр выходного сечения формиратора кавитации,
10. P_{10} — тип байпаса для встречного потока в трубном реакторе.

Переменные состояния процесса вихревого движения рабочей жидкости, измеряемые в дискретные промежутки реального времени и накапливаемые в базе данных автоматизированной системы АСНИ-ВТГ:

1. Температура рабочей жидкости на входе теплогенератора,
2. Температура рабочей жидкости на выходе теплогенератора,
3. Подача циркуляционного насоса,
4. Давление рабочей жидкости на входе в вихревую трубу,
5. Давление рабочей жидкости на выходе из вихревой трубы,
6. Мощность, потребляемая электродвигателем циркуляционного насоса из сети,
7. Время работы циркуляционного насоса,
8. Количество теплоты, выработанное за время работы циркуляционного насоса,
9. Средняя температура рабочей жидкости в аккумулирующей емкости,
10. Мощность дозы ионизирующего излучения у вихревой трубы,
11. Интенсивность потока нейтронов из трубного реактора теплогенератора.
12. Нароботка дейтерия в воде циркуляционного контура,

13. Нарботка радиоуглерода-14 в случае использования углеводородной рабочей жидкости в циркуляционном контуре.

14. Лабораторный анализ физико-химического состава рабочей жидкости до начала экспериментов,

15. Лабораторный анализ физико-химического состава рабочей жидкости после выполнения серии экспериментов.

Архив измерений, выполненных в реальном времени, должен использоваться не только для анализа значимости варьируемых факторов, но и для генерации эвристических гипотез, объясняющих результаты эксперимента и позволяющих устанавливать новые закономерности механизма холодного ядерного синтеза при вихревом движении воды.

В теории эксперимента определена рациональная стратегия планирования эксперимента, которая наилучшим образом сочетает формальные и творческие процедуры. Известно, что для получения истинного отображения изучаемого явления требуется творческое решение, которое характеризуется значительной исходной неопределенностью и требует больших интеллектуальных и экспериментальных затрат, а также времени при значительном числе учитываемых факторов. Для уменьшения исходной неопределенности прибегают к жесткой связи плана эксперимента и формы математической модели, которая обычно задается полиномом. Это упрощает процесс, так как не требуется исходных знаний об изучаемом явлении, а процедуры обработки стандартны и формализованы. Однако эти преимущества ограничивают область использования полученной модели в изначально заданных пределах изменения факторов и не исключают получение абсурдных результатов, предсказанных полученной моделью при изменении факторов в широких пределах.

Для экспериментального получения математических моделей, связывающих выделенные выше функции отклика, варьируемых факторов и параметров состояния, можно использовать два подхода. Первый подход опирается на многофакторные планы экстремальных экспериментов, реализуемых с использованием метода крутого восхождения [8]. При этом используют полные типа 2^k (k — число варьируемых факторов) или дробные типа 2^{k-q} ($0 < q < k$) факторные планы с центром в некоторой исходной точке факторного пространства $X^0 = (X_1^0, X_2^0, \dots, X_k^0)$.

Запишем целевую функцию для исследования механизма действия теплогенератора в виде

$$Q = F(X; P), \text{ при } P = const, \quad (1)$$

где $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ — вектор варьируемых факторов, $k = 7$ или $k = 4$;

$P = (P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_m)$ — вектор фиксированных параметров, m — число фиксированных параметров (выше выделено $m=8$ или $m=10$).

Все компоненты вектора X имеют разную размерность, поэтому при формализации поиска экстремума Q с привлечением градиентных методов

необходим переход к безразмерным значениям факторов посредством следующего преобразования:

$$x_i = (X_i - X_i^0) / H_i, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (2)$$

где

$$X_i^0 = (X_{i1} + X_{i2}) / 2, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (3)$$

$$H_i = (X_{i2} - X_{i1}) / 2, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (4)$$

X_i^0 — значение i -го фактора в исходной точке экспериментального исследования, в окрестности которого проводятся экстремальные эксперименты, $X^0 = const$ и $P = const$.

H_i — шаг изменения (интервал варьирования) i -го фактора.

При таком преобразовании каждая переменная $x_i (i=1, 2, \dots, k)$ в экспериментах будет принимать значения $+1$ либо -1 . Эти значения будем называть соответственно верхним и нижним уровнями факторов.

Для аппроксимации области экстремума функции Q от преобразованных переменных x_1, x_2, \dots, x_k можно использовать следующий полином 2-й степени:

$$Q = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i, j \leq k} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} \beta_{ii} x_i^2, \quad (5)$$

где β_0 — значение функции Q в исходной точке эксперимента,

β_i — определяет линейный эффект влияния на отклик Q фактора x_i ,

β_{ij} — определяет эффект парных взаимодействий факторов x_i и x_j ,

β_{ii} — определяет эффект квадратичного влияния факторов x_i на функцию отклика.

При аппроксимации области экстремума гиперповерхностью второго порядка нельзя использовать факторное планирование на двух уровнях, так как такие эксперименты не позволяют получать отдельных оценок параметров β_0, β_{ii} . Поэтому приходится использовать факторные эксперименты на трех и более уровнях. Однако избыточность экспериментов при этом может быть велика и достигать

$$\Delta n = N - (k + 1) (k + 2) / 2,$$

где N — число полных факторных экспериментов типа 2^k .

При трех уровнях и числе варьируемых факторов $k = 7$ избыточность экспериментов может достигать $\Delta n = 2151$. Минимизация экспериментов достигается при использовании центральных композиционных планов второго порядка, в которых число экспериментов при варьировании факторов на двух уровнях и числе факторов $k = 7$ может достигать $\Delta n = 137$.

Достаточно апробированным центральным композиционным планом второго порядка является план Бокса-Уилсона. Ядром плана здесь является полный факторный эксперимент типа 2^k или регулярная реплика от него типа 2^{k-q} ($0 < q < k$), для которой справедливо условие $x_i \neq \pm x_j x_i, i, j, 1 = 1, 2, \dots, k; j \neq 1$, т.е. когда парные взаимодействия не равны по модулю линейным переменным [8].

ПЛАН ЧЕТЫРЕХФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
(9 ОПЫТОВ) НА ТРЕХ УРОВНЯХ
ЛАТИНСКИЙ КВАДРАТ

Другое направление планирования экспериментов опирается на объединение детерминированного и вероятностного подходов на основе латинских квадратов и многофакторных уравнений Протодьяконова-Тедера [7]. Латинские квадраты разных порядков представляют дробные реплики от плана полного факторного эксперимента l^k (l — число уровней, k — число факторов) и могут быть согласованы с уравнением регрессии в виде полинома.

Методологическое преимущество такого подхода заключается в отсутствии изначальной связи плана эксперимента и формы возможной математической модели. Это дает возможность экспериментатору более полно учесть особенности изучаемого явления на основе творческого осмысления как поставленной задачи, так и получаемых результатов экспериментов. При этом правильность выбора моделей частных функций и обобщающей зависимости оценивается статистическими критериями.

Прагматическое преимущество такого подхода при планировании экспериментальных исследований явлений и процессов заключается, прежде всего, в резком сокращении необходимого числа экспериментов. Действительно, для изучения шестифакторного явления при пяти уровнях значений факторов по методологии полных факторных экспериментов потребуется 15625 экспериментов. Это же явление можно изучить, выполнив всего 25 экспериментов в рамках вероятностно-детерминированной методологии на основе латинских квадратов [9]. Немаловажным преимуществом этой методологии является возможность расширения границ применимости обобщающей математической модели независимо от физических пределов изменения изучаемых факторов.

Являясь по своей природе эмпирическим, вероятностно-детерминированный подход достаточно широко апробирован при изучении кинетико-термодинамических процессов в химико-металлургических технологиях [9], а поэтому при соответствующем творческом подходе может стать хорошей методологической базой планирования экспериментов для изучения холодного ядерного синтеза при вихревом движении жидких сред.

Экспериментальное исследование холодного ядерного синтеза в теплогенераторах 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 таблице.

№ эксперимента	Варьируемый фактор				Целевая функция
	X_1	X_2	X_3	X_4	
1	1	1	1	1	Q_1
2	2	2	2	1	Q_2
3	3	3	3	1	Q_3
4	1	2	3	2	Q_4
5	2	3	1	2	Q_5
6	3	1	2	2	Q_6
7	1	3	2	3	Q_7
8	2	1	3	3	Q_8
9	3	2	1	3	Q_9

Каждая строка этого плана представляет конкретные условия эксперимента. В эту же строку записывается и результат. Из результатов формируются выборки для трехточечных частных зависимостей на каждый из факторов: $q_1(X_1)$, $q_2(X_2)$, $q_3(X_3)$, $q_4(X_4)$. Так как нулевому значению частных зависимостей по физическим соображениям может соответствовать нулевое значение обобщающей многофакторной зависимости, то ее следует формировать как произведение частных зависимостей $q_i(X_i)$ в виде

$$Q_g = \frac{\prod_{i=1}^k q_i(X_i)}{q_{cp}^{k-1}}, \quad (6)$$

где Q_n — многофакторная функция Протодьяконова [10];

$q_i(X_i)$ — частные функции одного аргумента для каждого из изучаемых факторов;

k — число частных функций (факторов);

q_{cp} — среднее значение всех учитываемых результатов эксперимента, по которому выполняется нормирование частных функций.

Не останавливаясь на деталях статистической обработки полученных данных, заметим, что заключительным этапом обработки являются коррекция исходной функции Протодьяконова и определение ее адекватности экспериментальным данным. После этого она может использоваться как математическая модель с ограничениями, которые диктуются только физическим смыслом.

Для реализации первой («пристрелочной») серии из 9 экспериментов придется изготовить 6 образцов теплогенераторов, отличающихся значениями факторов X_1 (длина вихревой трубы), X_2 (внутренний диаметр вихревой трубы) при фиксированных значениях параметров вектора $P = (P_1, P_2, \dots, P_{10})$. Последующие блоки экспериментов необходимо выполнять при новых значениях потенциально значимых по физическим соображениям компонентов вектора параметров P_1, P_3, P_4, P_{10} . Для этого придется изготовить еще 12 экземпляров теплогенераторов. Тогда общее число необходимых экспериментов будет 45.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент Республики Казахстан № 6900 / Карасев Н.И., Кучин В.Н., Окрут И.И. // Бюл. №10. 2002.
2. Потапов Ю.С., Фоминский Л.П. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиций теории движения. Кишинев-Черкассы: ОКО-Плюс, 2000.
3. Герлович И.Л., Баранова Р.Х., Баранов П.С. Новый подход к низкотемпературному ядерному синтезу // Журнал общей химии. 1992. Т. 62. №1. С. 230-232.
4. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? М.: Энергия, 1976. 156 с.
5. Лаврентьев М.А., Шабат Е.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1973. 339 с.
6. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971.
7. Протодьяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования эксперимента. М.: Наука, 1970.
8. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. М.: Радио и связь, 1983.
9. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента. Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. С.116.

РЕЗЮМЕ

УДК 655.411:378.14. Ю.Н. ПАК. **Университетские издательства и их роль в повышении эффективности учебно-образовательного процесса.**

Рассмотрены актуальные проблемы учебно-методической обеспеченности и роль университетских издательств в повышении эффективности образовательного процесса.

УДК 621.74. А.З. ИСАГУЛОВ, О.А. ШАРАЯ, Л.С. КИПНИС. **Об актуальных задачах подготовки инженеров-литейщиков для казахстанских предприятий в современных условиях.**

Рассматриваются особенности современного состояния и тенденции развития литейного производства Республики Казахстан в ближайшей перспективе и актуальные задачи подготовки инженерных кадров литейщиков для его обеспечения.

УДК 658.5.011.056. И.В. БРЕЙДО, Б.Н. ФЕШИН. **Межкафедральный виртуально-аппаратный лабораторный комплекс компьютерных систем технологического контроля и управления.**

Рассмотрено предназначение межкафедрального виртуально-аппаратного лабораторного комплекса компьютерных систем технологического контроля и управления.

УДК 358.5-50. Г.И. ПАРШИНА. **Опыт внедрения системы для дистанционного образования MOODLE.**

Произведен анализ существующих систем для дистанционного образования. Показана наиболее приемлемая с экономической точки зрения система MOODLE и опыт применения оболочки MOODLE в учебном процессе для создания дистанционных обучающих курсов.

УДК 378:330.322. В.П. КУЛИКОВ, В.П. КУЛИКОВА. **Концепция инвестиций в инновации высшей школы.**

Рассмотрена концепция инвестиций в инновации высшей школы.

УДК 622.235:622.271. М.Б. БОРАНБАЕВ, Ф.К. НИЗАМЕТДИНОВ, В.И. РОМАНОВ. **Выбор рационального типа взрывчатого вещества при взрывной отбойке массива на карьере.**

Рассматривается ассортимент взрывчатых веществ, применяемых на карьере, с позиции управления дроблением горных пород. Проведены промышленно-экспериментальные работы по увеличению времени действия взрыва на отбиваемый массив в целях повышения интенсивности дробления пород.

УДК 622.1:622.271. С.Г. ОЖИГИН, С.Б. ОЖИГИНА, С.К. АБЕЛЬСЕИТОВА, Е.П. ШИН. **Оценка устойчивости уступов и стационарного борта разреза «Богатырь» в районе станции «Фланговая».**

На основе разработанных автоматизированных методик по оценке устойчивости откосов уступов и бортов карьеров определены параметры устойчивости стационарного борта в анизотропном массиве, а также произведен анализ его фактического состояния.

УДК 622.268.13:622.289. Г.Ш. ОРАЗГАЛИЕВ. **Методика оценки технического уровня и качества крепеустановщиков.**

Рассмотрена методика оценки технического уровня и качества средств механизации

ЭОЖ 655.411:378.14. Ю.Н. ПАК. **Университет басылымдары және олардың оқу-білім беру процесінің тиімділігін жоғарылатудағы ролі.**

Оқу-әдістемелік қамтамасыз етілгендіктің өзекті мәселелері және университет басылымдарының білім беру процесінің тиімділігін жоғарылатудағы ролі қарастырылған.

ЭОЖ 621.74. А.З. ИСАҒҰЛОВ, О.А. ШАРАЯ, Л.С. КИПНИС. **Қазіргі жағдайларда қазақстандық кәсіпорындар үшін құюшы-инженерлерді дайындаудың өзекті мәселелері туралы.**

Қазақстан Республикасының құю өндірісін жақын келешекте дамытудың қазіргі жағдайы мен даму бағыттарының ерекшеліктері және оны қамтамасыз ету үшін құюшы-инженерлер кадрларын дайындаудың өзекті мәселелері қарастырылады.

ЭОЖ 658.5.011.056. И.В. БРЕЙДО, Б.Н. ФЕШИН. **Технологиялық бақылау мен басқарудың компьютерлік жүйелерінің кафедралық виртуально-аппараттық зертханалық кешені.**

Технологиялық бақылау мен басқарудың компьютерлік жүйелерінің кафедралық виртуально-аппараттық зертханалық кешенінің тағайындалуы қарастырылған.

ЭОЖ 358.5-50. Г.И. ПАРШИНА. **MOODLE аралық білім беруге арналған жүйені ендіру тәжірибесі.**

Аралық білім беруге арналған қолданылып жүрген жүйелерді талдау жүргізілген. Экономикалық көзқарастан аса тиімді MOODLE жүйесі және MOODLE қабықшасын аралық оқытушы курстарды құру үшін оқу процесінде қолдану тәжірибесі көрсетілген.

ЭОЖ 378:330.322. В.П. КУЛИКОВ, В.П. КУЛИКОВА. **Жоғары мектеп инновациясындағы инвестициялар тұжырымдамасы.**

Жоғары мектеп инновациясындағы инвестициялар тұжырымдамасы қарастырылған.

ЭОЖ 622.235:622.271. М.Б. БОРАНБАЕВ, Ф.К. НИЗАМЕТДИНОВ, В.И. РОМАНОВ. **Карьердегі массивті жарылғыш заттың ұтымды типін таңдау.**

Карьерде қолданылатын жарылғыш заттардың ассортименті тау жыныстарын ұсатуды басқару позициясынан қарастырылады. Жыныстарды ұсату қарқындылығын жоғарылату мақсатында жарылыстың уатылатын массивке әсер ету уақытын ұлғайту бойынша өнеркәсіптік эксперименттік жұмыстар жүргізілген.

ЭОЖ 622.1: 622.271. С.Г. ОЖИГИН, С.Б. ОЖИГИНА, С.К. АБЕЛЬСЕИТОВА, Е.П. ШИН. **«Фланговая» станциясы ауданындағы «Богатырь» тілігі кертпештерінің және стационарлық беткейінің орнықтылығын бағалау.**

Карьерлердің кертпештері мен беткейлері қиябеттерінің орнықтылығын бағалау бойынша әзірленген автоматтандырылған әдістемелер негізінде анизотропты массивтегі стационарлық беткей орнықтылығының параметрлері анықталған, сондай-ақ оның іс жүзіндегі күйіне талдау жүргізілген.

ЭОЖ 622.268.13:622.289. Г.Ш. ОРАЗГАЛИЕВ. **Бекітпе орнатқыштардың техникалық деңгейі мен сапасын бағалау әдістемесі.**

Даярлау кен қазбаларын (бекітпе орнатқыштарды) бекітуді механикаландыру құралдары-

UDC 655.411:378.14. Yu.N. PAK. **University Publishing Houses and their Role in Increasing Effectiveness of Educational Process.**

Urgent problems of educational methodics provision and the role of university publishing houses in increasing the effectiveness of the educational process have been considered.

UDC 621.74. A.Z. ISAGULOV, O.A. SHARAYA, L.S. KIPNIS. **About Urgent Tasks of Training Engineers-Founders for Kazakhstan's Enterprises in Modern Conditions.**

The peculiarities of the modern state and tendencies of developing the foundry in the Republic of Kazakhstan in the nearest prospects and urgent tasks of training engineering personnel of founders for its providing are considered.

UDC 658.5.011.056. I.V. BREYDO, B.N. FESHIN. **Inter-Department Virtual Hardware Laboratory Complex of Computer Systems of Process Monitoring and Control.**

The destination of the inter-department virtual hardware laboratory complex of computer systems of process monitoring and control has been considered.

UDC 358.5-50. G.I. PARSHINA. **Experience of Introducing Systems of Distance Education MOODLE.**

The analysis of existing systems of distance education has been carried out. The more acceptable from the economic point of view system MOODLE and the experience of using the MOODLE shell in the educational process to create distance teaching courses have been shown.

UDC 378:330.322. V.P. KULIKOV, V.P. KULIKOVA. **Conception of Investments into Innovations of Higher School.**

The conception of investments into innovations of a higher school has been considered.

UDC 622.235:622.271. M.B. BORANBAYEV, F.K. NIZAMETDINOV, V.I. ROMANOV. **Selecting Rational Type of Explosive Substance in Mass Blasting in Quarry.**

The range of explosive substances applied in a quarry from the point of view of rock breaking control is considered. Industrial and experimental works on increasing the time of explosion effect on the mass being broken with the aim of raising the intensity of rock breaking have been carried out.

UDC 622.1:622.271. S.G. OZHIGIN, S.B. OZHIGINA, S.K. ABELSEITOVA, Ye.P. SHIN. **Evaluating Stability of Walls and Stationary Pit Edges of Opencast Colliery «Bogatyr» in Area of Station «Flangovaya».**

Parameters of the stability of a stationary pit-edge in an anisotropic mass have been determined on the basis of the developed automated methods in evaluating opencast high walls and pit-edge stability, the analysis of its real state has been carried out as well.

UDC 622.268.13:622.289. G.Sh. ORAZGALIYEV. **Methods of Evaluating Technical Level and Quality of Lining Installers.**

The methods of evaluating the technical level and quality of means of mechanization of lining

крепления подготовит ельных горных выработок (креплеустановщиков).

УДК 622.289. Г.Ш. ОРАЗГАЛИЕВ. **Основные средства механизации возведения рамных крепей горных выработок.** Проводятся исследование и анализ основных конструктивных решений средств механизации крепления (возведения крепи) подготовит ельных горных выработок (креплеустановщики или креплеукладчики) как в странах СНГ, так и за рубежом на основе предлагаемой систематизации по признакам «тип возводимой крепи» и «способ перемещения».

УДК 622.02.:004.942. С.Н. ПОПОВ. **Расчет влияния внезапного выброса угля и газа на устойчивость проветривания угольных шахт.** Описываются исходные данные для модели расчета распределения воздушно-газовой смеси в вентиляционной сети шахты с учетом воздействия внезапного выброса.

УДК 622.322.3. Б.Т. БЕРКАЛИЕВ, Б.Ж. ХАМИМОЛДА, Ж.Т. ТНИМОВ. **Установление потерь и разубоживание руды в очистных блоках (методика).** Приведена методика установления потерь и разубоживания руды в очистных блоках, определяющая их нормативные значения.

УДК 622.322.3. Б.Т. БЕРКАЛИЕВ, Б.Ж. ХАМИМОЛДА, Ж.Т. ТНИМОВ. **Критерий оценки эффективных вариантов очистной выемки полезных ископаемых.** Разработан критерий оценки эффективных вариантов очистной выемки полезных ископаемых.

УДК 321.10.11. М.Б. БАЙЗБАЕВ. **Определение предельной глубины открытых горных работ.** Изложены методы определения предельной глубины открытых горных работ при комбинированной разработке рудных месторождений.

УДК 532.529. Ш.А. ТУЛЕГЕНОВ. **Гидравлическое сопротивление безнапорного аэрированного потока в закрытом водоводе.** На основе теоретических и экспериментальных исследований предложена формула для определения гидравлического сопротивления безнапорного аэрированного потока в закрытом водоводе.

УДК 622.02:539.2/8. С.К. ТУТАНОВ. **Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг выработки с учетом ползучести и разрушения.** Приводится пример расчета напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг одиночной горной выработки с учетом ползучести и разрушения.

УДК 004.9:681.518.25:621. Г.Г. ПИВЕНЬ, И.П. ПАДИАРОВА, А.П. ИЩЕНКО, О.Г. САВЧАК, А.Б. КЛОК. **Функциональные модели информационной системы управления машиностроением.** Представлены функциональные модели информационной системы управления машиностроением, разработанные на основе процессного подхода, с использованием которого выделены базовые и общие технологии в системе «государство — машиностроительная отрасль — потребитель».

УДК 621.791.357. В.Ф. ШВОЕВ, М.Р.

ның техникалық деңгейі мен сапасын бағалау әдісі емесі қарастырылған.

ӨЖ 622.289. Г.Ш. ОРАЗГАЛИЕВ. **Кен қазбаларының рамалық бекітпелерін тұрғызуды механикаландырудың негізгі құралдары.** «Тұрғызылатын бекітпенің типі» және «орын ауыстыру тәсілі» белгілері бойынша ұсынылатын жүйелендіру негізінде ТМД елдерінде де, шет елде де даярлау кен қазбаларын (бекітпе орнатқыштарды немесе бекітпе қойғыштарды) бекітуді (бекітпені тұрғызуды) механикаландыру құралдарының негізгі конструкциялық шешімдерін зерттеу және талдау жүргізіледі.

ӨЖ 622.02.:004.942. С.Н. ПОПОВ. **Көмірмен газдың оқыс лақтырындысының көмір шахталарын желдетудің тұрақтылығына әсер етуі.** Оқыс лақтырындының әсерін есепке алумен, шахтаның желдету тармағында ауа-газ қоспасының таралуын есептеу моделіне арналған бастапқы деректер сипатталады.

ӨЖ 622.322.3. Б.Т. БЕРКАЛИЕВ, Б.Ж. ХАМИМОЛДА, Ж.Т. ТНИМОВ. **Тазарту блоктарындағы шығындарды анықтау және кеннің құнарсыздануы (әдістеме).** Олардың нормативтік мәндерін анықтайтын, тазарту блоктарындағы шығындарды және кеннің құнарсыздануын анықтау әдісі емесі келтірілген.

ӨЖ 622.322.3. Б.Т. БЕРКАЛИЕВ, Б.Ж. ХАМИМОЛДА, Ж.Т. ТНИМОВ. **Пайдалы қазбаларды тазартып алудың тиімді нұсқаларын бағалау критерийі.** Пайдалы қазбаларды тазартып алудың тиімді нұсқаларын бағалау критерийі әзірленген.

ӨЖ 321.10.11. М.Б. БАЙЗБАЕВ. **Ашық тау-кен жұмыстарының шекті тереңдігін анықтау.** Кен орындарын құрама қазу кезінде ашық тау-кен жұмыстарының шекті тереңдігін анықтау әдісі ері баяндалған.

ӨЖ 532.529. Ш.А. ТӨЛЕГЕНОВ. **Жабық су тартқыштағы арынсыз ауаланған ағынның гидравликалық кедергісі.** Теориялық және эксперименттік зерттеулер негізінде жабық су тартқыштағы арынсыз ауаланған ағынның гидравликалық кедергісін анықтау үшін формула ұсынылған.

ӨЖ 622.02:539.2/8. С.К. ТУТАНОВ. **Сусымалылықпен бұзылуды есепке алғанда, қазба маңындағы тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйі.** Сусымалылықпен бұзылуды есепке алғанда, жалғыз кен қазбасының маңындағы тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін есептеу мысалы келтіріледі.

ӨЖ 004.9:681.518.25:621. Г.Г. ПИВЕНЬ, И.П. ПАДИАРОВА, А.П. ИЩЕНКО, О.Г. САВЧАК, А.Б. КЛОК. **Машина жасауды басқарудың ақпараттық жүйесінің функционалдықы модельдері.** Процестік амал негізінде әзірленген, машина жасауды басқарудың ақпараттық жүйесінің функционалдықы модельдері ұсынылған, бұл амалды пайдаланумен «мемлекет — машина жасау саласы — тұтынушы» жүйесінде базалық және жалпы технологиялар ерекшеленген.

ӨЖ 621.791.357. В.Ф. ШВОЕВ, М.Р. СИҚЫМ-

development workings (lining installers) have been considered.

UDC 622.289. G.Sh. ORAZGALIYEV. **Basic Means of Mechanization of Constructing Frame Supports of Workings.** The investigation and analysis of basic design solutions of means of mechanization of supporting development workings (lining installers or lining placers) are carried out both in the CIS countries and abroad on the basis of the suggested classification according to the signs of «type of a constructed support» and «method of movement».

UDC 622.02:004.942. S.N. POPOV. **Calculating Influence of Sudden Outburst of Coal and Gas on Stability of Coal Mines Ventilation.** The initial data for a model of calculating air-and-gas spreading in mine ventilation systems taking into account the sudden outburst effect are described.

UDC 622.322.3. B.T. BERKALIYEV, B.Zh. KHAMIMOLDA, Zh.T. TNIMOV. **Determining Losses and Ore Dilution in Cleaning Blocks (Methods).** The methods of losses determination and ore dilution in cleaning blocks have been given which determine their norm values.

UDC 622.322.3. B.T. BERKALIYEV, B.Zh. KHAMIMOLDA, Zh.T. TNIMOV. **Criterion of Evaluating Effective Variants of Cleaning Extraction of Useful Minerals.** The criterion of evaluating effective variants of cleaning extraction of useful minerals has been worked out.

UDC 321.10.11. M.B. BAIZBAYEV. **Determining Limit Depth of Opencast Mining Operations.** The methods of determining the limit depth of opencast mining operations in combined mining of ore deposits have been stated.

UDC 532.529. Sh.A. TULEGENOV. **Pressure Loss of Gravity Aerated Flow in Closed Water Conduit.** The formula for determining the pressure loss of a gravity aerated flow in a closed water conduit has been suggested on the basis of theoretical and experimental investigations.

UDC 622.02:539.2/8. S.K. TUTANOV. **Stressed-Strained State of Rock Mass Around Working Taking into Account Creep and Destruction.** An example of calculating the stressed-strained state of a rock mass around a single working taking into account creep and destruction is given.

UDC 004.9:681.518.25:621. G.G. PIVEN, I.P. PADIAROVA, A.P. ISHCENKO, O.G. SAVCHAK, A.B. KLOK. **Functional Models of Machine-Building Control Information System.** The functional models of a machine-building control information system are presented which have been worked out on the basis of a process approach with the help of which base and general technologies in the system «state — machine — building industry — consumer» have been distinguished.

UDC 621.791.357. V.F. SHVOYEV, M.R.

СИХИМБАЕВ, О.П. МУРАВЬЕВ, Г.А. БАЙЖАБАГИНОВА. **Исследование зависимости тангенциальных остаточных напряжений при электроконтактной обработке.** Приводятся результаты экспериментальных исследований тангенциальных остаточных напряжений в поверхностном слое стали 110Г13Л после электроконтактной обработки.

УДК 629.7.036.5+536.3.001.2. Е.В. МАКСИМОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, А.З. ИСАГУЛОВ, Б.Б. ЕГИМБАЕВ. **Характер взаимодействия теплоносителя с дисперсными частицами.** Приводятся экспериментальные данные по определению характера взаимодействия теплоносителя с дисперсными частицами. Полученная в результате обработки практических результатов формула достаточно точно описывает теплопроводность слоя в зависимости от порозности.

УДК 532.546.6. Е.В. МАКСИМОВ, Ш.К. КАПБАСОВ, А.З. ИСАГУЛОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, С.С. АХМЕТОВА. **Структура полидисперсных и пористых систем.** Рассматривается физико-механическая модель полидисперсного потока. Также показано, что структура слоя зернистых или грубодисперсных материалов оказывает значительное влияние на качество различных формовочных изделий и её необходимо целенаправленно регулировать в заданном для практики направлении.

УДК 532.546.6. Е.В. МАКСИМОВ, Ш.К. КАПБАСОВ, В.С. ЩЕРБА, Е.П. ФЕТ. **Изучение распределения газа в слое жидкости.** Рассмотрено распределение газосодержания по высоте слоя жидкости в канале ограниченной длины.

УДК 621.771.23. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, С.Н. ЛЕЖНЕВ, С.Ю. ГОЛУМБОВСКАЯ. **Исследование микроструктуры металла при прокатке толстолистовых заготовок в рельефных и гладких валках.** Исследована микроструктура металла при прокатке толстолистовых заготовок в рельефных и гладких валках. Анализ результатов исследований свидетельствует о преимуществах рельефных валков перед гладкими в плане получения изотропной мелкозернистой структуры прокатанного металла.

УДК 669.162.28. К.З. САРЕКЕНОВ. **Об интенсивности доменной плавки при вдувании мазута.** Теоретически рассмотрено влияние вдувания мазута на ход доменного процесса. Показано влияние состояния зоны формирования промежуточных шлаков на интенсивность плавки, отмечена важность учета газопроницаемости этой области для оценки показателей как действующих, так и прогнозируемых технологических процессов.

УДК 669.162. В.А. КИМ, К.З. САРЕКЕНОВ. **О причинах ухудшения хода доменной печи на глиноземистых шлаках.** Рассмотрены особенности доменной плавки глиноземистого железорудного сырья при современных параметрах процесса. Показано, что наиболее вероятной причиной «тугого» хода доменной печи на глиноземистых шлаках при использовании комбинированного дутья высоких параметров являются возгонка дополнительного количества субоксидов алюминия в фурменной зоне и последующее образование Al_2O_3 в зоне первичного шлакообразования.

БАЕВ, О.П. МУРАВЬЕВ, Г.А. БАЙЖАБАГИНОВА. **Электротүйспелік өңдеу кезінде тангенстік қалдық кернеулердің тәуелділігін зерттеу.**

Электротүйспелік өңдеуден кейін беттік қабаттағы 110Г13Л болатының тангенстік қалдық кернеулерін эксперименттік зерттеу нәтижелері келтіріледі.

ӨЖ 629.7.036.5+536.3.001.2. Е.В. МАКСИМОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, А.З. ИСАГУЛОВ, Б.Б. ЕГИМБАЕВ. **Жылу тасығыштың дисперстік бөлшектермен өзара әрекеттесу сипаты.**

Жылу тасығыштың дисперстік бөлшектермен өзара әрекеттесу сипатын анықтау бойынша эксперименттік деректер келтіріледі. Практикалық нәтижелерді өңдеу нәтижесінде алынған формула қабаттың бөлектілігіне байланысты жылу өткізгіштігін жеткілікті түрде дәл сипаттайды.

ӨЖ 532.546.6. Е.В. МАКСИМОВ, Ш.К. КАПБАСОВ, А.З. ИСАГУЛОВ, В.Ю. КУЛИКОВ, С.С. АХМЕТОВА. **Полидисперстік және қуыс жүйелердің құрылымы.**

Полидисперстік ағынның физико-механикалық моделі қарастырылады. Сондай-ақ түйіршікті немесе ірі дисперсиялы материалдар қабаты құрылымының әр түрлі қорамалау бұйымдарының сапасына едәуір әсер ететіні және оны практика үшін берілген бағытта мақсатқа сәйкес реттеу қажет.

ӨЖ 56-13-07. Е.В. МАКСИМОВ, Ш.К. КАПБАСОВ, В.С. ЩЕРБА, Е.П. ФЕТ. **Сұйықтық қабатындағы газдың таралуын зерделеу.** Шектелген ұзындық каналдарында сұйықтық қабатының биіктігі бойындағы газ құрамының таралуы қарастырылған.

ӨЖ 621.771.23. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, С.Н. ЛЕЖНЕВ, С.Ю. ГОЛУМБОВСКАЯ. **Бедерлі және тегіс білікшелердегі қалың қаңылтыр дайындамаларын илемдеу кезінде металдың микроқұрылымын зерттеу.**

Бедерлі және тегіс білікшелердегі қалың қаңылтыр дайындамаларын илемдеу кезінде металдың микроқұрылымы зерттелген. Зерттеулер нәтижелерін талдау илемделген металдың изотроптық ұсақ түйіршікті құрылымын алу тұрғысында тегіс білікшелердің алдында бедерлі білікшелердің артықшылықтары туралы куәландырады.

ӨЖ 669.162.28. К.З. САРЕКЕНОВ. **Мазутты үрлеу кезінде домналық балқытудың қарқындылығы туралы.**

Мазутты үрлеудің домналық процесс барысына әсер етуі теориялық түрде қарастырылған. Аралық қождардың қалыптасу аймағы жағдайының балқыту қарқындылығына әсер етуі көрсетілген, қолданылып жүрген де, болжанып да технологиялық процестердің көрсеткіштерін бағалау үшін осы облыстың газ өткізгіштігін есепке алу маңыздылығы атап көрсетілген.

ӨЖ 669.162. В.А. КИМ, К.З. САРЕКЕНОВ. **Алюминий тотықты қождардағы домналық пеш барысының нашарлау себептері туралы.**

Процестің қазіргі параметрлері кезінде алюминий тотықты темір-руда шикізатын домналық балқыту ерекшеліктері қарастырылған. Жоғары параметрлерді құрама үрлеуді пайдалану кезінде алюминий тотықты қождардағы домналық пештің «тығыз» барысының аса ықтимал себебі, фурмалық аймақтағы алюминий субоксидтерінің қосымша санының төте булануы және алғашқы қож пайда болған аймақта кейіннен Al_2O_3 түйілуі болып та-

SIKHIMBAYEV, O.P. MURAVIYEV, G.A. BAYZHABAGINOVA. **Investigating Dependences of Tangential Residual Stresses at Electric Contact Machining.**

The results of experimental investigations of tangential residual stresses in the 110G134 steel surface layer after electric contact machining are given.

UDC 629.7.036.5+536.3.001.2. Ye.V. MAKSIMOV, V.Yu. KULIKOV, A.Z. ISAGULOV, B.B. YEGIMBAYEV. **Nature of Interacting Heat-Transfer Agent with Disperse Particles.**

The experimental data to determine the nature of interacting a heat-transfer agent with disperse particles are given. The formula obtained as a result of processing practical results describes rather exactly the layer heat conduction depending on porosity.

UDC 532.546.6. Ye.V. MAKSIMOV, Sh.K. KAPBASOV, A.Z. ISAGULOV, V.Yu. KULIKOV, S.S. AKHMETOVA. **Structure of Polydisperse and Porous Systems.**

A physical-and-mechanical model of a polydisperse flow is considered. It has been shown that the structure of granular or coarse-dispersive materials influences greatly on the quality of various moulded products and it is necessary to control it in the given practical direction.

UDC 532.546.6. Ye.V. MAKSIMOV, Sh.K. KAPBASOV, V.S. SHCHERBA, Ye.P. FET. **Investigating Gas Distribution in Liquid Layer.**

The distribution of gas content through the liquid layer height in ducts of limited length has been considered.

UDC 621.771.23. A.B. NAYZABEKOV, S.N. LEZHNYEV, S.Yu. GOLUMBOVSKAYA. **Investigating Metal Microstructure at Rolling Plate Billets in Embossed and Plain Rolls.**

The metal microstructure has been studied at rolling plate billets in embossed and plain rolls. The analysis of the investigation results shows the advantage of embossed rolls over plain ones in terms of obtaining an isotropic fine-grain structure of the rolled metal.

UDC 669.162.28. K.Z. SAREKENOV. **About Rate of Blast Furnace Smelting at Fuel Oil Blow.**

The influence of fuel blow on the rate of blast furnace smelting has been considered theoretically. The influence of the condition of the intermediate slag formation zone on the rate of smelting has been shown; the importance of taking into account the gas permeability of this area has been noted for evaluating values of both operating and forecast processes.

UDC 669.162. V.A. KIM, K.Z. SAREKENOV. **About Causes of Worsening Run of Furnace on Aluminous Slags.**

The peculiarities of furnace smelting aluminous iron-ore raw materials at the up-to-date process parameters have been considered. It has been shown that the most probable causes of hard run of furnace on aluminous slags using a combined blast of high parameters are sublimation of an additional amount of aluminium suboxides in the tuyer zone and subsequent Al_2O_3 formation in the zone of initial slag formation.

УДК 678.046.3. А.Н. ИМАНОВ, Е.О. ИСЕКЕШЕВ, Т.Е. ЕРМЕКОВ, Р.В. ТОРNER. **Оптимизация рецептуры и свойств композиций на основе α -полиолефинов.** Рассмотрены физико-механические свойства наполненных полимеров с учетом оптимизации разработанных композиционных материалов. На основе экспериментов рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии по критерию Стьюдента.

УДК 678.046.3. А.Н. ИМАНОВ, Ю.М. БУДНИЦКИЙ, Е.О. ИСЕКЕШЕВ, Т.Е. ЕРМЕКОВ. **Процессы релаксации в высоконаполненных композициях.** Рассмотрены процессы релаксации напряжений в композиционных материалах на основе полиэтилена высокой плотности — сополимера этилена с α -бутиленом. В результате доказано, что глубокие релаксационные процессы в исследуемых композициях протекают интенсивно при введении как индивидуальных модификаторов, так и при их совместном применении, проявляя при этом положительный синергический эффект.

УДК 622.002.5:681.51854. В.А. ЭТТЕЛЬ. **Определение моментов инерции и жесткости упругих элементов редукторов горных машин.** Приведены основные соотношения, используемые для расчета моментов инерции и жесткости упругих элементов редукторов горных машин. Значения моментов инерции и жесткости служат для определения частот собственных крутильных колебаний.

УДК 625.78.002.51. М.К. ТУРГАНБАЕВ. **Квыбору параметров напорного механизма машины для проходки скважин в грунтах.** Исследован процесс взаимодействия рабочего органа машины с грунтовым массивом. Выделены основные составляющие напорного усилия и получены аналитические зависимости для их определения при различных эксплуатационных условиях.

УДК 625.78.002.51. М.К. ТУРГАНБАЕВ. **Установление коэффициента жесткости амортизатора машины для проходки скважин в грунтах.** Разработаны расчетные схемы для составления и решения дифференциальных уравнений движения штока гидравлического вибрационного механизма. На основе совместного решения уравнений получена аналитическая зависимость для определения коэффициента жесткости амортизатора.

УДК 622.3.012. А.А. МУХАММЕТЖАН. **Расчет и обоснование норматива сдачи отработанных индустриальных масел самоходного горного оборудования для подземных рудников корпорации «Казакмыс».** Рассматриваются нормативы сдачи отработанных индустриальных масел самоходных горных машин для подземных рудников корпорации «Казакмыс».

УДК 622.684.001.25. М.К. ИБАТОВ. **Оценка загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами отработавших газов при работе карьерного автотранспорта.** Получено аналитическое выражение, позволяющее описать процесс распределения вредных веществ от отработавших газов дизельных двигателей

былады.

ӨЖ 678.046.3. А.Н. ИМАНОВ, Е.О. ИСЕКЕШЕВ, Т.Е. ЕРМЕКОВ, Р.В. ТОРNER. **α -полиолефиндер негізіндегі композициялардың рецептурасы мен қасиеттерін оңтайландыру.** Қазылған композициялық материалдарды оңтайландыру есепке алынып, толтырылған полимерлердің физико-механикалық қасиеттері қарастырылған. Эксперименттер негізінде Стьюдент критерийі бойынша регрессия теңдеуінің коэффициенттері есептелген.

ӨЖ 678.046.3. А.Н. ИМАНОВ, Ю.М. БУДНИЦКИЙ, Е.О. ИСЕКЕШЕВ, Т.Е. ЕРМЕКОВ. **Жоғары толтырылған композициялардағы релаксация процесі.** Жоғары тығыздықты полиэтилен — этиленнің α -бутиленмен қосымша полимері негізінде композициялық материалдардағы кернеулер релаксациясы процесі қарастырылған. Нәтижесінде зерттелетін композициялардағы терең релаксациялық процесі, бұл кезде оң синергиялық әсерді білдіре отырып, жеке түр өзгерткіштерді ендіру кезінде де, сондай-ақ оларды бірлесіп қолдану кезінде де қарқынды өтетіні дәлелденген.

ӨЖ 622.002.5:681.51854. В.А. ЭТТЕЛЬ. **Тау-кен машиналары редукторларының серпінді элементтерінің инерция моменттерін және қаттылығын анықтау.** Тау-кен машиналары редукторларының серпінді элементтерінің инерция моменттерін және қаттылығын есептеу үшін пайдаланылатын негізгі қатынастар келтірілген. Инерция моменттерінің және қаттылықтың мәндері меншікті бұрау тербелістерінің жиіліктерін анықтау үшін қызмет етеді.

ӨЖ 625.78.002.51. М.К. ТУРГАНБАЕВ. **Грунттарда ұңғымаларды ұңгілеуге арналған машинаның арыңды механизмінің параметрлерін таңдауға.** Машинаның жұмыстық органының грунттық массивпен өзара әрекеттесу процесі зерттелген. Арыңды күштің негізгі құраушылары аталып көрсетілген және оларды әртүрлі пайдалану жағдайларында анықтау үшін аналитикалық тәуелділіктер алынған.

ӨЖ 625.78.002.51. М.К. ТУРГАНБАЕВ. **Грунттарда ұңғымаларды ұңгілеуге арналған машина амортизаторларының қаттылығы коэффициентін анықтау.** Гидравликалық діріл механизмінің штогы қозғалысының дифференциал теңдеулерін құрастыру және шешу үшін есептік сұлбалар әзірленген. Теңдеулерді бірлесіп шешу негізінде амортизатордың қаттылығы коэффициентін анықтау үшін аналитикалық тәуелділік алынған.

ӨЖ 622.3.012. А.А. МУХАММЕТЖАН. **«Қазақмыс» корпорациясының жерасты кеніштері үшін өздігінен жүретін тау-кен жабдықтарының пайдаланылған индустриальдық майларын тапсыру нормативін есептеу және негіздеу.** «Қазақмыс» корпорациясының жерасты кеніштері үшін өзінен жүретін тау-кен машиналарының пайдаланылған индустриальдық майларын тапсыру нормативтері қарастырылады.

ӨЖ 622.684.001.25. М.К. ИБАТОВ. **Карьерлік автокөлік жұмысы кезінде жұмыстық аймақ ауасының пайдаланылған газдардың зиянды заттарымен ластануын бағалау.** Карьерлік автокөлік жұмысы кезінде дизельдік қозғалтқыштардың пайдаланылған газдарының зиянды заттарының таралу процесін сипаттауға және өнеркәсіптік карьерлердің

UDC 678.046.3. A.N. IMANOV, Ye.O. ISEKESHEV, T.Ye. YERMEKOV, R.V. TORNER. **Optimizing Compounding and Properties of Compositions on Basis of Polyolefines.** The physical and mechanical properties of polymers taking into account of optimizing the composite materials developed have been considered. The regression equation coefficients on Student t-test have been calculated on the basis of experiments.

UDC 678.046.3. A.N. IMANOV, Yu.M. BUDNITSKY, Ye.O. ISEKESHEV, T.Ye. YERMEKOV. **Relaxation Processes in High-Filled Compositions.** The stress relaxation processes in composite materials based on polyethylene of high density, copolymer of ethylene and α -butylene, have been considered. As a result it has been proved that deep relaxation processes in the investigated compositions proceed intensively both at adding individual modifiers and at their combined use displaying a positive synergic effect.

UDC 622.002/5:681.51854. V.A. ETTTEL. **Determining Moments of Inertia and Stiffness of Elastic Units of Mining Machine Reduction Gears.** Basic correlations applied for calculating the moments of inertia and stiffness of elastic units of mining machine reduction gears are given. The values of the moments of inertia and stiffness are used for determining frequencies of natural torsion vibrations.

UDC 625.78.002.51. M.K. TURGANBAYEV. **To Selecting Machine Pressure Mechanism Parameters for Hole Driving in Grounds.** The process of interacting a machine working part with a ground mass has been investigated. The basic components of pressure rate have been selected and the analytical dependences have been obtained for their determination at different operating conditions.

UDC 625.78.002.51. M.K. TURGANBAYEV. **Determining Stiffness Coefficients of Machine Shock-Absorber for Hole Driving in Grounds.** Calculation schemes have been developed to set up and solve differential equations of moving a rod of a hydraulic vibration mechanism. An analytical dependence to determine the stiffness coefficient of a shock-absorber has been obtained on the basis of a joint solution of equations.

UDC 622.3.012. A.A. MUKHAMMETZHAN. **Calculation and Study of Norms of Delivering Used Industrial Oils of Mining Self-Propelled Equipment for Underground Collieries of «Kazakhmys» Corporation.** The norms of delivering used industrial oils of mining self-propelled machines for underground collieries of «Kazakhmys» corporation are considered.

UDC 622.684.001.25. M.K. IBATOV. **Evaluating Air Pollution of Operation Zone with Harmful Substances of Exhaust Gases at Quarry Motor Transport Operation.** The analytical expression has been got which allows to describe the process of distributing harmful substances of exhaust gases of diesel engines at quarry motor transport operation

при работе карьерного автотранспорта и оценить уровень загрязнения рабочей зоны промышленных карьеров.

УДК 622.684.001.25. М.К. ИБАТОВ. **Математическая модель процесса нейтрализации отработавших газов карьерного автотранспорта.**

Приводятся математические модели процесса нейтрализации оксида углерода в зависимости от режимов работы дизельного двигателя для различных типов каталитических нейтрализаторов отработавших газов карьерного автотранспорта, полученные на основании обработки результатов экспериментальных исследований с помощью метода центрального планирования.

УДК 656.212. С.Ш. САРБАЕВ. **Оперативное управление организационными системами в общетранспортных узлах с применением теории игр.**

Предложены способы повышения производительности труда при производстве грузовых операций в общетранспортных узлах с применением теории игр в управлении их организационными системами.

УДК 624.152. И.И. БЕКБАСАРОВ.

Определение объема воды, необходимой для доувлажнения грунта, из «точечного источника» при вытрамбовывании котлована неглубокого заложения.

Представлена формула по расчету объема воды, необходимой для замачивания грунта под вытрамбовываемые котлованы. Формула учитывает параметры грунта, котлована, форму и размеры уплотненной и увлажненной зон.

УДК 693.554. Д.О. БАЙДЖАНОВ, В.Э. АБСИМЕТОВ, Е.Т. КУЧЕРБАЕВ, И.Н. ТУРЕБАЕВ. **Исследование работы плетеных арматурных сеток.**

Рассмотрены результаты экспериментальных данных по замене сварных арматурных сеток на плетеносварные или плетеносвязанные арматурные и преимущество плетеных сеток перед сварными.

УДК 624.138.22. И.И. БЕКБАСАРОВ. **Определение диаметра уплотненной зоны грунта, формирующейся вокруг вытрамбовываемого котлована неглубокого заложения.**

Изложен метод расчета диаметра уплотненной зоны грунта, образующейся вокруг котлована неглубокого заложения при его вытрамбовывании. Предложенный метод основан на принципе сохранения грунта.

УДК 622.44:681.518.3. Л.А. АВДЕЕВ, С.А. БРАТЦЕВ. **Централизованная система автоматизированного контроля и управления вентиляторами главного проветривания угольных шахт с использованием беспроводных каналов связи и компьютерной техники.**

Изложены обоснование и принципы построения централизованной системы автоматизированного контроля и управления вентиляторами главного проветривания угольных шахт с использованием беспроводных каналов связи и компьютерной техники. Приводится структура технических средств.

УДК 532.527:621.039:662.995. Н.И. КАРАСЕВ. **Энергоресурс жидких сред при вихревом движении.**

Выполнен анализ основных гипотез холодного ядерного синтеза, возникающего при вихревом движении жидких сред.

жұмыстық аймағының ластану деңгейін бағалауға мүмкіндік беретін, аналитикалық өрнек алынған.

ӨЖ 622.684.001.25. М.К. ИБАТОВ. **Карьерлік автокөліктің пайдаланылған газдарын бейтараптандыру процесінің математикалық моделі.**

Орталық композициялық жоспарлау әдісінің көмегімен эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін өңдеу негізінде алынған, карьерлік автокөліктің пайдаланылған газдарын каталитикалық бейтараптандырыштардың әртүрлі типтері үшін дизельдік қозғалтқыштың жұмыс режимдеріне байланысты көміртегі оксидін бейтараптандыру процесінің математикалық модельдері келтіріледі.

ӨЖ 656.212. С.Ш. САРБАЕВ. **Қоғамдық көлік тораптарындағы ұйымдастыру жүйелерін ойындар теориясын қолдану арқылы оперативтік басқару.**

Қоғамдық көлік тораптарының ұйымдастыру жүйелерін ойындар теорияларын қолдану арқылы басқаруда олардағы жүк операцияларын өндіру кезінде еңбек өнімділігін жоғарылату тәсілдері ұсынылған.

ӨЖ 624.152. И.И. БЕКБАСАРОВ. **Терең салынбаған қазаншұңқырларды нығыздау кезінде «нуктілік көзден» грунтты жетекті алындыру үшін қажетті судың көлемін анықтау.**

Нығыздалатын қазаншұңқырларға грунтты жібіту үшін қажетті судың көлемін есептеу бойынша формула ұсынылған. Формула грунттың, қазаншұңқырдың параметрлерін, тығыздалған және алындырылған аймақтардың пішіні мен өлшемдерін есепке алады.

ӨЖ 693.554. Ж.Ө. БАЙДЖАНОВ, В.Э. АБСИМЕТОВ, Е.Т. КУЧЕРБАЕВ, И.Н. ТУРЕБАЕВ. **Торланған арматура торларының жұмысын зерттеу.**

Дәнекерленген арматура торларын торлы-дәнекерленген немесе торлы-тоқылған арматура торларына ауыстыру бойынша эксперименттік деректердің нәтижелері және дәнекерленген торлардың алдында торланған торлардың артықшылығы қарастырылған.

ӨЖ 624.138.22. И.И. БЕКБАСАРОВ. **Терең салынбаған нығыздалатын қазаншұңқырдың маңында қалыптасатын грунттың тығыздалған аймағының диаметрін анықтау.**

Терең салынбаған қазаншұңқырды нығыздау кезінде оның маңында түзілетін грунттың тығыздалған аймағының диаметрін есептеу әдісі баяндалған. Ұсынылған әдіс грунтты сақтау принципіне негізделген.

ӨЖ 622.44:681.518.3. Л.А. АВДЕЕВ, С.А. БРАТЦЕВ. **Сымсыз байланыс каналдарын және компьютерлік техниканы пайдалану арқылы көмір шахталарын басқару желдеткіштерін автоматтандырылған бақылау мен басқарудың орталықтандырылған жүйесі.**

Сымсыз байланыс каналдарын және компьютерлік техниканы пайдалану арқылы көмір шахталарын басқару желдеткіштерін автоматтандырылған бақылау мен басқарудың орталықтандырылған жүйесін құру негіздемесі және принциптері баяндалған. Техникалық құралдар құрылымы келтіріледі.

ӨЖ 532.527:621.039:662.995. Н.И. КАРАСЕВ. **Сұйық орталардың құйынды қозғалысы кезіндегі энергиялық ресурсы.**

Сұйық орталардың құйынды қозғалысы кезінде пайда болатын, сұйық ядролық синтездің негізгі болжамдарын талдау орындалған.

and evaluate the level of pollution of an operation zone of industrial quarries.

UDC 622.684.001.25. M.K. IBATOV. **Mathematical Model of Process of Neutralizing Exhaust Gases of Quarry Motor Transport.** Mathematical models of the process of neutralizing carbon oxide depending on the mode of operation of a diesel engine are given for various types of catalytic neutralizers of exhaust gases of the quarry motor transport. They have been obtained on the basis of processing the results of experimental investigations using the method of central compositional planning.

UDC 656.212. S.Sh. SARBAYEV. **Operative Control of Organization Systems in General Transport Joints Using Game Theory.**

The ways of increasing the labour productivity in fulfilling loading operations in general transport joints using the game theory in controlling them with organization systems have been suggested.

UDC 624.152. I.I. BEKBASAROV. **Determining Volume of Water Necessary to Complete Humidifying Soil from «Point Source» at Packing-Out Foundation Pit of Shallow Laying.**

The formula is presented to calculate the volume of water necessary to complete humidifying the soil for packing-out a foundation pit. The formula takes into account the parameters of a soil, a foundation pit, the shape and size of a compacted and humidified zone.

UDC 693.554. D.O. BAYDZHANOV, V.E. ABSIMETOV, Ye.T. KUCHERBAYEV, I.N. TUREBAYEV. **Investigating Woven Reinforcing Meshes.**

The results of experimental data on replacing welded reinforcing meshes for woven-welded or woven-bound reinforcing ones and the advantages of woven meshes over welded ones have been considered.

UDC 624.138.22. I.I. BEKBASAROV. **Determining Diameter of Consolidated Soil Zone Formed Round Packed-Out Foundation Pit of Shallow Laying.**

The method of calculating the diameter of the consolidated soil zone formed round a foundation pit of a shallow laying during its packing-out has been stated. The method suggested is based on the principle of soil conservation.

UDC 622.44:681.518.3. L.A. AVDEYEV, S.A. BRATTSEV. **Centralized System of Automated Inspection and Control of Fans of Main Coal Mine Ventilation Using Wireless Communication Channels and Computer Facilities.**

Grounds and principles of constructing a centralized system of automated inspection and control of fans of the main coal mine ventilation using wireless communication channels and computer facilities are stated. The hardware means structure is given.

UDC 532.527:621.039:662.995. N.I. KARASYEV. **Power Resource of Liquid Media at Vortex Motion.**

The analysis of main hypotheses of cold nuclear fusion occurring at the vortex motion of liquid media has been carried out. The power

Приведены энергетические характеристики некоторых моделей вихревых теплогенераторов, полученных в процессе стендовых испытаний в КарГТУ.

УДК: 532.527:621.039:662.995. Н.И. КАРАСЕВ, В.Н. КУЧИН. К новому поколению вихревых теплогенераторов с трубным реактором.

Определена постановка задачи экспериментального исследования физического механизма действия вихревых теплогенераторов, основанного на реакциях холодного ядерного синтеза при вихревом движении жидких сред. На базе теории планирования экстремальных экспериментов разработана методика экспериментального исследования таких генераторов, обеспечивающая получение адекватных математических моделей, которые могут использоваться при конструировании новых энергетических технологий.

ҚарМТУ-да стендік сынау процесінде алынған, құйынды жылу генераторларының кейбір модельдерінің энергетикалық сипаттамалары келтірілген.

ӘОЖ 532.527:621.039:662.995. Н.И. КАРАСЕВ, В.Н. КУЧИН. Түтікті реакторы бар құйынды жылу генераторларының жаңа ұрпағына.

Сұйық орталардың құйынды қозғалысы кезінде суық ядролық синтез реакцияларына негізделген, құйынды жылу генераторларының физикалық механизмін эксперименттік зерттеу міндеттерінің қойылымы анықталған. Экстремальды эксперименттерді жоспарлау теориясының базасында, жаңа энергетикалық технологияларды конструкциялау кезінде пайдаланылуы мүмкін болатын генераторларды эксперименттік зерттеудің, барабар математикалық модельдердің алынуын қамтамасыз ететін әдіс еместі әзірленген.

characteristics of some models of vortex heat generators obtained in the process of bench tests at KarSTU are given.

UDC 532.527:621.039:662.995. N.I. KARASYEV, V.N. KUCHIN. Towards New Generation of Vortex Heat Generators Having Pipe Reactor.

The formulation of the problem of experimental investigation of a physical mechanism of a vortex heat generators operation based on cold nuclear fusion reactions at vortex motion of liquid media has been determined. On the basis of the theory of planning extreme experiments the methods of an experimental investigation of such generators have been worked out which provide obtaining adequate mathematical models that can be used in designing new power technologies.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2004. №4. 105 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

Бас редактор — Главный редактор

Г.Г. Пивень

Әдеби редакторлар — Литературные редакторы

Т.В. Рустимова, Р.С. Исакова, Б.А. Асылбекова

Аудармашылар — Переводчики

А.С. Қордабаева, Л.В. Евдокимова

Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка

М.М. Утебаев

Басуға қол қойылды	15.12.2004	Подписано к печати
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	16,3	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	2985	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции

470075, г. Караганда, бульвар Мира, 56. Издательство КарГТУ, тел. 56-20-62

