

УДК 374.014.15

Г.Г. ПИВЕНЬ
Ю.Н. ПАК

Аккредитация вузов — шаг к качественному инженерному образованию

За 10 лет независимости РК высшая школа продемонстрировала гибкость и способность к адаптации в сложнейших условиях переходного периода. Сфера высшего образования — одна из немногих отраслей, не подвергнувшаяся резкому сокращению. Несмотря на кризисные явления в экономике 90-х годов, удалось удержать единое образовательное пространство в масштабе всей страны и систему высшего инженерного образования на достигнутом уровне, сохранить в целом интеллектуальный потенциал высшей школы и доступность высшего профессионального образования. По многим показателям ситуация стабилизировалась и наметились позитивные тенденции. В последние два года ежегодно увеличивается государственный заказ на подготовку специалистов, растет численность докторов и кандидатов наук, увеличивается спрос у молодежи на высшее техническое образование, восстанавливается его реальная ценность и востребованность. В вузах активно внедряются новые информационно-коммуникационные технологии, возникают виртуальные университеты. Получила развитие многоуровневая система подготовки специалистов, расширяется аспирантура и докторантура.

В экономическом отношении технические вузы переживают не лучшие времена. Остается желать лучшего учебно-материальная база, сокращаются объемы научно-исследовательских работ, не в полной мере обеспечен учебный процесс учебниками и учебно-методическими пособиями, скромно оплачивается требующий огромных знаний и опыта труд профес-

сорско-преподавательского состава.

Итак, очевидны две тенденции. С одной стороны, технические вузы испытывают дефицит в финансово-материальном отношении, с другой — молодежь тянется к техническому образованию, связывая с ним надежды на будущее и видя в нем залог жизненных успехов. Не может не радовать четкое понимание того, что только качественное инженерное образование будет конкурентоспособным на рынке труда.

Постановка проблемы качественной подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием связана с прагматическими аспектами деятельности высшей школы. Сегодня понятие «качество высшего образования» получило международное гражданство. Состоявшаяся в Париже в 1998 г. Всемирная конференция по высшему образованию констатировала, что повышение качества становится одной из главных задач вузов на длительную перспективу.

Принимая этот тезис в качестве отправного, следует отметить, что качество высшего образования — понятие весьма емкое, многомерное. Оно должно определяться социально-экономической адекватностью, т.е. способностью удовлетворять конкретные потребности экономики и общества в целом. Следуя этой логике понятие «качество образования» должно быть созвучным с запросами заказчиков. Основным заказчиком образовательных услуг является государство. В государственных образовательных стандартах обозначены квалификационные требования к выпуск-

никам и определен минимальный уровень подготовки. Другими заказчиками являются работодатели и непосредственно обучающиеся. Требования этих трех заказчиков могут различаться. В этом плане следует приветствовать идеологию второго поколения казахстанских стандартов специальностей высшего профессионального образования, предусматривающих достаточную автономию вузов в реализации вузовского компонента образовательной программы с учетом запросов региона, отрасли, специфики направления подготовки, традиций научно-педагогических школ и т.д. Резюмируя вышесказанное, необходимо выделить три составные части, наиболее полно характеризующие качество образования:

- уровень и качество использования потенциала вуза (профессорско-преподавательский состав, материально-техническая база, инфраструктура);
- уровень и качество организации учебно-образовательного процесса (учебные планы и программы, учебно-методическое обеспечение, педагогические методы обучения и др.);
- уровень и качество результатов (успеваемость, уровень усвоения знаний, востребованность выпускников).

Проблема качества подготовки инженерных кадров особенно важна сейчас, в период возрождения экономики. Некоторые отрасли промышленности делают целенаправленный заказ на специалистов с высшим профессиональным образованием. Причем диапазон требований, предъявляемых заказчиками, достаточно широкий. Одних устраивает специалист с основательной фундаментальной и общепрофессиональной подготовкой, который на производстве дополнит практические навыки по избранному направлению. Другие готовы взять инженеров с хорошей специализированной подготовкой.

Технические университеты в таких условиях должны гибко и оперативно реагировать на запросы потребителей. Этому будет способствовать свобода вуза в части реализации 30% вузовского компонента образовательной программы. В этой связи необходимо в вузах создавать систему управления качеством, основанную на мониторинге всех процессов, связанных с подготовкой специалистов.

Такая система обеспечения качества должна включать в себя совокупность средств и технологий, используемых для создания условий, гарантирующих достижение уровня подготовки специалистов в соответствии со стандартом образования.

Сейчас в мировом сообществе существуют различные подходы при оценке качества высшего образования. Развитие таких подходов в большинстве стран привело к возникновению процедуры аккредитации вузов и образовательных программ. В Казахстане впервые в этом году проведена государственная аккредитация вузов, по сути, являющаяся очередным этапом реформирования системы высшего образования. Она ставит задачу повышения качества подготовки специалистов, обеспечения гарантии получения качественного образования и социальной защиты студентов. Государственную аккредитацию можно рассматривать как форму кредита доверия, который государство выражает вузу за образовательные услу-

ги. Аккредитация также предусматривает подтверждение и установление нового статуса образовательных учреждений (университет, академия, институт), которые несут перед обществом одинаковую ответственность. Наблюдается тенденция изменить статус института или академии на университет. В университетах открываются в массовом порядке непрофильные для данного вуза специальности. В частности, во многих бывших университетах классического типа получили постоянную «прописку» инженерно-технические специальности. Стремление хорошее, но не имеющее соответствующей материальной базы и соответствующих инженерных кафедр, проблематично говорить о качественной подготовке. Вузы, претендующие на статус университета, должны реализовать образовательные программы высшего профессионального образования по многим направлениям подготовки, включая многоуровневую систему подготовки, послевузовское образование, аспирантуру, докторантуру.

Отличительной особенностью впервые проведенной в Республике Казахстан аккредитации вузов является то, что ей предшествовала широкомасштабная государственная аттестация вузов.

Вполне символично, что в год 10-летия независимости Казахстана МОН РК провело это важное мероприятие, которое позволит дать оценку соответствия вуза требованиям международных стандартов. Она позволит аккредитованным вузам войти в реестр учреждений образования, признанных Лиссабонской конвенцией, и приблизиться к мировым образовательным стандартам.

В процессе аккредитации оценивалась многогранная деятельность вузов по 20 показателям, 5 из которых были обязательными. Эти критерии оценки были приняты с учетом международного опыта и мнений вузовской общественности страны. Они включали кадровый состав, его квалификацию, возрастные особенности, материально-техническое обеспечение вуза, фонд учебной и научной литературы, перечень специальностей, контингент студентов, компьютерную оснащенность, уровень знаний студентов, научно-исследовательскую работу и т.п. Вполне закономерно, что в числе аккредитованных вузов подавляющее большинство составляют государственные вузы. Объективности ради следует отметить, что материально-техническая база большинства частных учебных заведений, мягко говоря, оставляет желать лучшего: многие вузы располагаются в непригодных для учебного процесса зданиях; учебное оборудование и библиотечный фонд скудны; учебный процесс по принципу «меловой педагогики». В частных вузах в отличие от государственных не сформировалась соответствующая академическая аура, способная активно влиять на становление будущего специалиста; учебно-образовательный процесс и наука оторваны; не ведется активной подготовки аспирантов и докторантов, большое число совместителей и почасовиков, нет команды единомышленников, внедряющих передовые образовательные технологии обучения и активно занимающихся нравственно-патриотическим и интернациональным воспитанием студентов.

Соглашаясь с тезисом: «Не образование на всю жизнь, а всю жизнь — образование», вузы обязаны

обеспечить учебный процесс необходимой учебно-методической литературой. Ранее основная масса вузовской литературы выпускалась крупными издательствами и, как правило, большими тиражами. Сейчас конъюнктура рынка сделала неэффективным выпуск малотиражной учебной литературы в крупных издательствах, обладающих достаточно большой инерционностью. Основную нагрузку по изданию вузовских учебников и пособий взяли на себя университетские издательства, не обремененные бюрократическими тенденциями, способные оперативно реагировать на запросы вузовской общественности по выпуску разнообразной учебной литературы. Организационная близость издательства, научно-педагогического коллектива и студенчества создает благоприятную творческую обстановку и дает импульс сбалансированному развитию интеллекта и книгоиздания. Университетские издательства в XXI веке должны сыграть роль культурно-творческого центра, притягивающего к своей деятельности профессорско-преподавательский состав и студенчество.

Прошедшая государственная аккредитация вузов должна послужить стимулом для дальнейшего совершенствования всех вузов. Очевидно, механизм аккредитации и показатели не являются догмой. По мере развития системы высшего образования, изменения социально-экономической ситуации в стране они должны уточняться, корректироваться в направлении дальнейшего совершенствования. Качество подготовки специалистов — понятие многоаспектное, которое очень трудно формализовать. Поэтому при корректировке критериальных оценок деятельности вузов должны принять заинтересованное участие не только работники МОН, но и вузовские коллективы независимо от форм собственности. В этом плане целесообразно ввести процедуру комплексной оценки деятельности вузов на основе годовых отчетов, в которых вузы должны давать объективную информацию по основным показателям их работы. Эти данные послужат основой для формирования банка данных и постоянного мониторинга основных показателей.

Следует приветствовать намерение Министерства образования и науки об установлении рейтинга вузов. Ранжирование вузов явится важным моментом. Главные потребители образовательных услуг — студенты и их родители, руководители предприятий и регионов — получают возможность иметь объективное представление о каждом вузе, его статусе. При этом, учитывая специфику вузов различной направленности, целесообразно установить рейтинги дифференцированно: отдельно университеты классического типа, отдельно технические университеты и т.д. Самое главное следствие государственной аккредитации — возможность совершенствования вузовского менеджмента.

Итоги прошедшей в республике аккредитации должны послужить мотивирующим фактором для дальнейшего развития и укрепления многогранной деятельности вузов в направлении повышения качества подготовки и приближения к международным стандартам образования. Это должно касаться всех вузов страны и прежде всего тех учебных заведений, которым под силу дать качественное образование. Дать качественное образование — это главный при-

оритет технического университета. Это вопрос выживания страны в числе технико-экономических и культурно продвинутых государств мира. Если вузы выдают недоброкачественную продукцию, это означает, что в промышленно-экономическую, административно-управленческую и другие сферы жизнедеятельности общества приходят не вполне квалифицированные специалисты. Не здесь ли угроза безопасности страны? Сейчас в мире инженерное образование переживает своеобразный бум. Открываются новые специализации, увеличивается подготовка кадров по техническим направлениям. Основным прирост занятости связан в основном с профессиями, в которых преобладает интеллектуальный труд. Сегодня мы являемся живыми свидетелями подлинной компьютерной революции, обусловившей широкое внедрение информационных технологий. Очевиден вывод об увеличении объемов подготовки инженерных кадров в области высоких технологий, наукоемких производств и импортозамещающих технологий. Ранее бытовавшее мнение об избыточности инженерного образования было развеяно в недавнем послании Президента РК народу Казахстана, где однозначно сказано о необходимости наращивания инженерного корпуса, без которого немислим дальнейший подъем экономики страны. Тезис о возможности повышения качества подготовки инженерных кадров только на базе экономического процветания государства не совсем правилен. Высшая школа и наука обязаны стать катализаторами развития производительных сил, возмещая дефицит финансового капитала высоким качеством подготовки специалистов.

Обеспечение качества инженерного образования возможно при изучении потребности выходящей из кризиса экономики и оценке новых требований к вузам и их выпускникам, обусловленных рыночными экономическими отношениями и становлением демократического общества в суверенном государстве. Коротко такую трансформацию можно интерпретировать так: если раньше акцент делался на профессионализм и квалификацию инженера, то теперь к ним добавляются компетентность и ответственность.

Самыми трудными и тревожными моментами в обеспечении качества инженерного образования являются те объективные условия, в которых ныне находятся технические вузы: моральный и физический износ наукоемкого специализированного оборудования, утечка умов из вузов, старение профессорско-преподавательского состава, низкий социальный статус вузовского работника и студента. Разве можно считать нормальным ситуацию, когда оклад вузовского профессора ниже средней зарплаты по республике? Все это не может не служить сдерживающим фактором для качественной подготовки специалистов. В сложившейся ситуации необходимо взять курс на обновление кадров, модернизацию материально-технической базы, совершенствование учебно-методического обеспечения. Преступно готовить современного инженера с помощью «меловой педагогики» и давно неработающей техники. Качество образования — это функция качества всех составных компонентов образовательного процесса. В этом плане важнейшую роль играет качественный состав преподавателей. Необходимо

менять отношение государства к социальному положению профессорско-преподавательского состава, гарантировать ему достойный уровень жизни. Это будет способствовать притоку новой генерации талантливой молодежи в образовательную сферу.

Другим приоритетным направлением должен стать процесс интеграции образования и науки, который будет символизировать гуманитарный аспект XXI века. Парадигма интеграционного процесса заключается в принципе: «Образование через науку. Любой современный университет немыслим без науки». Если в техническом университете нет научных исследований, то иссякает поток информации, определяющей содержание образования, его информационную базу. В итоге, инженер вместо инициирования научно-технического прогресса начнет консервировать техническую и технологическую отсталость. Нужны интеграционные процессы для ликвидации разрыва между университетской и академической наукой. Есть надежда, что вышедший в 2001 г. Закон РК «О науке» сыграет положительную роль трансформации вузовской науки Казахстана в интегрированную систему научно-технического комплекса. Приоритетные направления должны быть обеспечены соответствующим бюджетным финансированием. Приоритеты должны играть решающую роль при формировании программ, проектов и распределении грантов.

«Наука должна служить народу» — таков лейтмотив выступления Президента РК Н. Назарбаева на юбилейной сессии Национальной академии наук, состоявшейся в ноябре 2001 г. Главой государства отмечено, «... что XXI век, в который мы вступили, называют веком науки, и если мы не будем одновременно забегать вперед, уже сейчас закладывать базу для кардинального прорыва, то можем бесповоротно оказаться на позициях, на которых будем аутсайдерами в мировых цивилизованных процессах. Завоевать

же себе достойное место мы можем в значительной мере только при достаточно высоком уровне развития национальной технологической базы, прикладной и фундаментальной науки, при обеспечении высокой квалификации научных и инженерных кадров».

Важно отметить, что все ключевые проблемы инженерного образования невозможно разрешить путем структурных преобразований, адекватных экономическим реалиям. Задача повышения качества подготовки специалистов во многом реализуется при непосредственном участии вузов. Министерство образования и науки как финансовая структура должно выполнять главным образом координирующие и контролирующие функции. Центр тяжести в реформировании должен быть перенесен в вузы, их профессорско-преподавательские коллективы. В этой связи перед университетами страны стоит проблема по обновлению материально-технического, организационно-методического и социально-психологического аспектов учебно-образовательного процесса. Современный университет — сложный многофункциональный учебно-научно-производственный комплекс, в состав которого входят лицеи, колледжи, структуры сокращенного и ускоренного обучения, послевузовского образования, центры по переподготовке кадров, технопарк и т.п. Слаженное функционирование таких комплексов требует особых организационных форм и структур управления.

Вопреки немалым трудностям многие вузы страны не стоят на месте, а действуют энергично, с творческой задумкой и находят новые точки роста в плане качественной подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием. Мы все должны быть едины в том, что качественная подготовка специалистов с высшим профессиональным образованием — это ключевая проблема сегодняшнего дня.

УДК 004:378

Г.Г. ПИВЕНЬ
М.Р. НУРГУЖИН
А.А. МАХОВ

Новые информационные технологии в техническом вузе

Формирование информационной инфраструктуры общества, в том числе образования, вхождение Казахстана в мировое информационное пространство происходят на фоне существующих реалий. Так, лидеры семи наиболее развитых в экономическом отношении держав (США, Великобритания, Германия, Франция, Италия, Канада, Япония) и России на одной из последних встреч подробно остановились на проблеме «цифровой пропасти». При этом основное внимание было уделено выработке стратегии преодоления разрыва в информационном и техническом обеспечении между богатыми и бедными странами, между отдельными группами населения и регионами одной страны. По итогам встречи принята Окинавская хартия, в которой сформулированы основные цели стран «восьмерки», продемонстрировано стремление к ликвидации «цифровой пропасти» и выработана стратегия, способствующая дальнейшему росту внедрения информационных технологий.

Поэтому задача государства в новой ситуации заключается не в том, чтобы отгораживать национальную экономику от иностранной конкуренции, а в том, чтобы способствовать ее победе. Одно из важнейших стратегических условий — развитие национальной информационной инфраструктуры и ее эффективное включение в глобальную. Положительный информационный баланс страны становится столь же важным показателем ее экономического здоровья и процветания, как и положительные платежные и торговые балансы. Сегодня мощь державы — это ее интеллектуальный потенциал, интегрированный с мировым информационным пространством.

По словам президента МАОО В. Г. Тихомирова, новая экономика — это экономика идей и знаний с инфраструктурой их продвижения. Знания становятся товаром, а их собственниками — люди. Поэтому настоящая мощь информационного общества кроется в глобальных коммуникациях, глобальном обучении,

глобальных обменах и глобальных знаниях.

В условиях информационного общества институты и учреждения высшего образования вынуждены заново пересмотреть многие традиционные системы их организации. Ранее неоспоримое достоинство процветающих организаций — постоянная, устойчивая структура, мало зависящая от изменений внешней среды, — теперь оборачивается недостатком, поскольку жесткая, инерционная организация чаще всего не позволяет своевременно реагировать на изменения требований рынка.

Именно способность технического вуза быстрее и легче приспосабливаться к изменению конъюнктуры рынка, стремление более полно удовлетворять требования заказчика определяют успех в конкурентной борьбе. На повестку дня выносятся проблемы выживания, эволюции и адаптации многих технических вузов.

Быстрое развитие информационных технологий обуславливает новые возможности и проблемы инженерного образования:

- создание современной информационной среды системы высшего образования и науки;
- развитие материальной базы вузов и организационной инфраструктуры для обеспечения доступа к современным информационным ресурсам, в том числе международным;
- расширение применения ЭВМ в управлении учебным процессом и непосредственно в учебном процессе и в первую очередь для компьютерного представления и контроля знаний, в том числе при дистанционном обучении на основе телекоммуникаций, открывающем возможности интегрирования с мировой образовательной системой.

Однако много меньше известны проблемы, еще меньше обсуждаются пути их решения.

В соответствии с Концепцией информатизации образования Казахстана внедрение информационных технологий идет прежде всего путем создания и развития в вузах специализированных центров, которым приоритетно выделяются материальные ресурсы с тем, чтобы они, осваивая и развивая новые технологии, далее распространяли полученный опыт на основные подразделения вуза — кафедры. Опыт показывает, что быстрые темпы развития информационных технологий, их программного и аппаратного обеспечения часто приводит к тому, что указанные центры не успевают заниматься с кафедрами. В результате разрыв в части практического использования информационных технологий указанными центрами и традиционными общеинженерными и выпускающими кафедрами в учебном процессе не только уменьшается, а наоборот, увеличивается, что не может не сказаться на качестве подготовки специалистов.

В условиях известной тенденции старения профессорско-преподавательского состава отечественной высшей школы объективно снижаются возможности профессионального освоения информационных технологий его наиболее квалифицированной в инженерном деле частью. Положение усугубляется еще рядом факторов:

- слабой материальной базой общетехнических и выпускающих кафедр вузов в части оснащения их вычислительной техникой и современным программ-

ным обеспечением;

- применением в промышленно развитых странах CALS-технологий, что требует существенной перестройки инженерного образования;

- соизмеримостью объемов, необходимых инструментальных и инженерных знаний при практически остающихся неизменными сроках обучения;

- изменением зависимости инженерного результата от получаемых знаний при изменении соотношения объемов инструментальных и инженерных знаний и т.п.

В результате действия указанных факторов в настоящее время при подготовке инженеров в вузах Казахстана в большинстве случаев характерны либо традиционная конструкторско-технологическая подготовка (КТП) с эпизодическим использованием ЭВМ при обучении и, как следствие, недостаточная подготовка в области информационных технологий, либо подготовка разработчиков САПР при недостаточной КТП. Как показывает мировой опыт, именно специалисты производства, работа которых базируется на ЭВМ и CALS-технологии, все в большей степени определяют возможности создания конкурентоспособных наукоемких изделий. С другой стороны, необходима и подготовка специалистов по разработке и сопровождению САПР.

К настоящему времени можно констатировать появление нового направления инженерной деятельности при КТП — компьютерного инжиниринга, под которым понимается совокупность методов и средств практического решения инженерных задач самими специалистами производства с помощью информационных технологий.

В этой связи возникает проблема выбора программных средств для сквозного обучения на протяжении всего периода получения инженерного образования и даже шире: от школы до послевузовского образования. Опыт вузов развитых стран показывает, что решение указанной проблемы базируется на использовании систем CAE/CAD/CAM в качестве средства сквозного обучения при преподавании ряда дисциплин.

Использование CAE/CAD/CAM систем позволяет реализовывать образовательные технологии, основанные на системно-деятельностном подходе, с применением профессионального программного обеспечения КТП в качестве единого средства сквозного обучения студентов в течение всего периода получения образования в вузе на различных кафедрах. Такой подход реализуется, например, в КарГТУ. При этом, в качестве программного обеспечения используется система автоматизированного инженерного анализа ANSYS (ANSYS, Inc. США).

Мы рассмотрели лишь особенности подготовки инженеров машиностроительного производства с применением ИТ. Вопросы внедрения информационных технологий в целом в КарГТУ координируются Советом по компьютеризации. Для их реализации Советом проводится работа по формированию, развитию и совершенствованию информационной инфраструктуры вуза по следующим основным направлениям:

- приобретение и модернизация аппаратных и программных средств компьютерной техники;
- апробирование, адаптация и использование современных информационных технологий в учебном

процессе;

- создание локальных сетей учебных классов, структурных подразделений университета, их интегрирование с единой Intranet/Internet сетью вуза;
- разработка АИС КарГТУ, включающей АРМы ректора, проректора, заведующего кафедрой, декана и руководителей других структурных подразделений;
- создание университетских информационных ресурсов, доступных пользователям корпоративной сети вуза.

В соответствии с решением Совета по компьютеризации разработана и внедряется в учебный процесс Концепция непрерывной компьютерной подготовки студентов, основными отличительными особенностями которой являются:

- признание высокого развивающегося потенциала информатики и придание ей статуса фундаментальной дисциплины;
- соответствующее современным воззрениям представление о структуре предметной области информатики, ориентированной на новые информационные технологии;
- связь базовой информатики со специальными дисциплинами, изучаемыми студентами на старших курсах.

В текущем учебном году на основе накопленного опыта, опираясь на созданную программно-техническую базу и сетевую технологию, университетом разрабатываются и внедряются современные образовательные стандарты в области информатики. На их основе реализуется системный подход при подготовке высокопрофессиональных инженерных кадров.

Основными тенденциями применения в учебном процессе современных прогрессивных технологий является реализация системы проблемного обучения, опирающейся на использование автоматизированных обучающих систем, учебно-исследовательских САПР, автоматизированных систем инженерного анализа и проектирования — CAD/CAM/CAE, а также системы дистанционного образования, позволяющей студенту обучаться по кейсовой технологии, а в случае необходимости — общаться с преподавателями по сети Internet с помощью электронной почты (E-mail). Кроме того, университетом постоянно приобретаются и внедряются в учебный процесс лицензионные пакеты прикладных программ. В последнее время в учебном процессе имеет место тенденция широкого использования электронных версий методических указаний, учебных пособий, учебников, тестовых заданий, мультимедийных технологий. В связи с этим в ИВЦ создан информационный сервер, обеспечивающий сетевой доступ учебных классов к электронным и мультимедийным продуктам.

За последние три года в университете более чем на 90% обновлен парк вычислительной техники, используемой в обучении и управлении. В учебном процессе задействовано 35 компьютерных классов, в которых сосредоточено более 600 современных компьютеров класса Pentium.

Одним из ключевых направлений развития информационной инфраструктуры университета на ближайшие годы является объединение сетей учебных классов и других подразделений в единую информационную Intranet/Internet сеть университета. Восемна-

дцать компьютерных классов университета эксплуатируются в составе Intranet под управлением современных систем LINUX, NOVELL 5.1 и Windows NT. Это позволяет использовать в учебном процессе самые современные сетевые информационные технологии: SQL, INTERNET, E-mail, Прокси и т. п.

На всех, особенно наукоемких, специальностях используются современные формы обучения и контроля знаний на основе компьютерных технологий — автоматизированные обучающие системы, системы контроля знаний, виртуальные лабораторные и практические работы. Создаются учебные лаборатории автоматизированных телемеханических компьютерных систем технологического контроля и управления с использованием SCADA-систем. Разрабатываются аппаратные и программные имитаторы объектов контроля.

При базовой подготовке инженеров в процессе изучения теоретической и прикладной механики, сопротивления материалов, основ конструирования, специальных дисциплин автоматизированного проектирования технических систем, электронных и микропроцессорных устройств активно внедряются университетские версии современных систем автоматизированного инженерного анализа — CAE-системы (ANSYS, COSMOS/M, SAP-IV — США и др.), а также CAE — системы, разработанные кафедрами КарГТУ. Такой подход является основной составляющей частью подготовки инженеров, использующих в будущей практической деятельности современные CALS-технологии. Для ряда специальностей университета осуществляется переход от идеологии сквозной компьютерной подготовки к стратегии сквозной подготовки по информационным прикладным технологиям.

Внедрению НИТ в учебный процесс способствует и то, что КарГТУ является коллективным членом МАН ВШ, Международной ассоциации инженеров-аналитиков в области автоматизированного анализа (NAFEMS, UK), официальным представителем в РК фирм ANSYS (США) и CAD-FEM (Германия), специализирующихся на разработке CAE-систем. Такой подход позволяет, в первую очередь, бесплатно получать новые учебные версии реальных CAD/CAE-систем, иметь годовую лицензию на право использования в учебном процессе их университетских версий. Если учесть, что коммерческие версии подобных систем стоят десятки тысяч долларов, такой подход является на сегодняшний день наиболее эффективным.

Несколько слов о дистанционном образовании. Следуя современным тенденциям открытого образования, в КарГТУ в 1998 году создан ЦДО на базе кафедры АИС. Основная деятельность Центра связана с внедрением обучения с использованием ИТ на ряде компьютерных специальностей заочного факультета. Вместе с тем, широкому внедрению ДО мешает неразработанность законодательной базы, отсутствие должного ведомственного регулирования, неопределенность статуса ЦДО в учебных заведениях и студентов системы дистанционного образования. Тревожит нас и закономерный вопрос о роли науки и научных исследований в применении к ДО. Ведь со времен Гумбольдта известно, что без научно-исследовательской составляющей педагогическая работа пол-

ноценной быть не может. И здесь следует отметить ряд проблем и ограничений ДО. Так, по словам ректора МФТИ проф. Н. Н. Кудрявцева, сколь бы ни были изощренными техники интерактивных коммуникаций и методика дистанционного преподавания, только сознательный интерес социально зрелой личности, ответственное отношение к получению образования позволяет достичь успеха при заочном обучении. Отсюда следует, что дистанционная форма пригодна только для получения высшего и эквивалентного ему образования, но отнюдь не среднего. В качестве базового профессионального дистанционное образование применимо только в вузах гуманитарного профиля. В то же время базовое высшее образование в сфере наук о живом, точных и инженерных дисциплин не должно быть дистанционным. Такие науки могут преподаваться дистанционно людям, уже имеющим высшее образование в той же или близкой области знаний, с целью повышения квалификации либо изменения специализации. В КарГТУ указанные ограничения преодолеваются, как уже сказано, внедрением элементов дистанционного образования и НИТ на заочном факультете, основываясь на идее, что для всех студентов и для некоторых предметов конкретных учебных программ, главным образом, станет использоваться метод дистанционного обучения, в то время как обычное аудиторное преподавание будет вестись по предметам, включающим компоненты экспериментальной и лабораторной работы. В указанных условиях организации учебного процесса особенно актуальным становится вопрос создания электронных мультимедиаучебников, виртуальных лабораторных работ и целых учебных

курсов. Известно, что в среднем на разработку одного мультимедиаучебника необходимо около \$50000 США. Поэтому создание отечественных мультимедийных курсов требует объединения усилий ряда ведущих вузов и поддержки со стороны государства.

Таким образом, создание информационной инфраструктуры высшего образования требует безотлагательного решения следующих вопросов:

1) утверждения и реализации Государственной программы информатизации системы образования Республики Казахстан, в которой должны быть отражены все рассматриваемые проблемы;

2) создания единой системы подготовки и переподготовки кадров в области НИТ;

3) создания единой системы дистанционного образования в Республике Казахстан;

4) интеграции учреждений образования с мировым информационным пространством через INTERNET, которая по существу является удачной формой реализации идеи В.И. Вернадского, Е. Ле Руа и Т. де Шардена о ноосфере как саморазвивающейся интеллектуальной, нравственной, «умелостной» оболочке земного шара.

Информатизация процесса обучения должна базироваться на Концепции непрерывной компьютерной подготовки инженерных кадров с использованием учебных и университетских версий компьютерных систем, реально используемых в условиях СІР-технологий — компьютеризированного интегрированного проектирования, управления и производства (Computer Integrated Manufacturing).

УДК 681.3

**М.Р. НУРГУЖИН
В.С. ПОРТНОВ
А.А. СМОЛЬКИН
А.З. ИСАГУЛОВ
А.А. МАХОВ**

Рейтинговая система как инструментальный мониторинг качества подготовки специалистов

В Карагандинском государственном техническом университете применяется рейтинговая система, являющаяся составной частью комплекса непрерывного многоуровневого инженерного образования. Основную роль в системе играет принцип состязательности в процессе обучения, который базируется на основном показателе — индивидуальном рейтинге студента, являющемся комплексной оценкой качества подготовки специалиста.

Результаты текущего контроля в течение семестра фиксируются в рейтинговых листах, а результат промежуточной аттестации, проводимой в период сессии, в зачетных книжках и экзаменационных ведомостях.

Университетом разработаны унифицированные рейтинг-листы. Кафедры циклов СГД, ОПД, ЕНД и выпускающие кафедры в рейтинг-листах указывают дисциплины семестра, контрольные точки — даты сдачи лабораторных работ, коллоквиумов, расчетно-графических работ, этапов (разделов) курсовых проектов других работ, количество баллов рейтинга за них.

В рейтинговой системе предусмотрены штрафные и поощрительные баллы за каждое пропущенное и не

отработанное занятие суммарное число уменьшается на 2 балла. Если студент в течение семестра не пропустил ни одного занятия — ему добавляются 5 баллов, за каждую вовремя сданную контрольную точку — 0,5 балла. Студенты, набравшие за семестр 90 и более процентов планового числа баллов, но не менее 80% по каждой отдельной дисциплине, освобождаются от сдачи семестровых экзаменов.

Анализ результатов внедрения рейтинговой системы позволяет сделать следующие выводы:

— повышается эффективность самостоятельной работы студента, обеспечивается ее ритмичность в течение семестра;

— объективно оцениваются знания студентов в процессе обучения, т.е. обеспечивается более глубокий мониторинг качества подготовки;

— происходит ранжирование студентов по уровню знаний и имеется возможность выбора наиболее успешных из их числа в магистратуру или в стажеры-исследователи;

— оценивается эффективность работы профессорско-преподавательского состава.

К числу основных недостатков используемой рейтинговой системы можно отнести: освобождение успевающих студентов от сдачи экзамена, который призван систематизировать, подытожить знания, полученные в семестре. Важное значение для объективной оценки работы студента, степени усвоения материала является его тестирование на ПЭВМ на базе данных, сформированной по каждой дисциплине. Набор тестовых заданий формируется случайным образом из каждого раздела дисциплины, при этом студент имеет возможность проанализировать свои ответы, а также сделать запрос с целью повышения результатов тестирования. При этом с целью объективной оценки знаний вопросы тестовых заданий формируются из разделов с наименьшим процентом правильных ответов студента.

С целью сравнимости рейтингов студентов различных специальностей предлагается взять за основу учебный план и рабочие учебные программы дисциплин. Общее количество часов на дисциплину будет составлять максимальный рейтинг. Например, по дисциплине «Электротехника» отводится 68 часов аудиторных занятий и 76 часов — объем самостоятельных работ, т.е. максимальный рейтинг по данной дисциплине будет равен 144 баллам.

За контрольные точки по каждой учебной дисциплине можно принять даты сдачи лабораторных работ, модулей, коллоквиумов, экспресс-опросов, письменных контрольных работ, которые приводятся в графиках самостоятельных работ рабочих учебных программ. Особую значимость приобретают вопросы контроля за качеством усвоения учебного материала студентами в течение семестра. Оценка уровня теоретических знаний студентов, способность их к творчеству, мышлению, умение применять приобретенные знания при решении практических задач осуществляется по каждому предмету по результатам текущего, рубежного и итогового контролей.

Текущий контроль проводится на каждом аудиторном занятии (лекции, семинары, практические и лабораторные работы) по отдельным вопросам изучаемой темы. Формами контроля могут выступать фронтальные и тестовые опросы, непродолжительные по времени контрольные работы, доклады, отчеты, проверка конспектов лекций, экспресс-опросы с выставлением оценок за ответы. Количество текущих видов контроля зависит от дисциплины, объема аудиторных занятий.

Рубежный контроль проводится после изучения по одному или нескольким модулям (либо темам или разделам учебной дисциплины). Здесь проверяются как знания студентов по данному модулю на уровне обобщения материала, так и их способности выстраивать логические связи с ранее изученными темами. Формами рубежного контроля являются коллоквиумы, программированные и обычные контрольные работы, ежемесячные письменные контрольные работы перед аттестацией, рефераты, расчетно-графические работы, семестровые задания, тесты и т.д. Весьма полезной является практика индивидуальных заданий в виде домашних контрольных работ или семестровых заданий, которые планируются заранее и вводятся в рабочую программу дисциплины.

Итоговый контроль проводится во время зачетной

недели и экзаменационной сессии. Зачеты служат формой проверки успешного выполнения студентами лабораторных и расчетно-графических работ, усвоения ими учебного материала лекционных, практических и семинарских занятий.

Формой проверки качества обучения студентов по теоретическим дисциплинам для оценки объема и уровня приобретенных теоретических и практических знаний является тестирование, а затем по усмотрению преподавателя в форме устного собеседования или письменной контрольной работы. Студенты с высоким рейтингом могут быть освобождены от последнего этапа по решению преподавателя.

Рейтинговая система применяется и используется для всех студентов, и не зависит от их желания участвовать в ней. Рейтинг студента является количественным показателем качества подготовки специалиста и определяет итоговый уровень успеваемости по каждой дисциплине за семестр, учебный год и за весь период обучения.

Как формируется рейтинг студента по учебной дисциплине? Учебные дисциплины, изучаемые студентом в семестре, разбиваются на зачетные (по которым выставляется зачет) и экзаменационные (см. приложение). Максимальный рейтинг каждой дисциплины, как указывалось выше, равен общему объему часов по этой дисциплине. Рейтинг по зачетным дисциплинам распределяется полностью по контрольным точкам на учебный семестр по усмотрению преподавателя (приложение 1 — зачетные дисциплины).

Рейтинг по экзаменационным дисциплинам распределяется по следующим этапам:

50% — на учебный семестр (лекции, лабораторные, семинары, РГР, курсовые проекты, письменные контрольные работы и т.д.) распределяются по контрольным точкам (датам) — приложение 1;

25% — тестовый экзамен (компьютерный или безмашинный);

25% — устное собеседование или письменная контрольная работа по усмотрению преподавателя.

Предоставление права преподавателю проводить, кроме тестирования, собеседование или контрольную работу позволит осуществить более глубокую проверку знаний, оценить способности студента правильно выражать свои мысли, причем на языке данной науки, умение подтверждать свои мысли примерами, фактами и, если надо, отстаивать их, способности самостоятельного суждения, т.е. появляется возможность диалога «преподаватель—студент», в котором последний имеет возможность проявить эрудицию и индивидуальность личности.

Следует отметить, что переход от одного этапа к другому возможен только в том случае, если студент в предыдущем этапе набрал не менее 55% баллов, т.е. получил оценку «удовлетворительно». Преподаватель ежемесячно оценивает рейтинг в баллах, который фиксируется в рейтинг-листе студента и в аттестационной ведомости групп. Если студент имеет по учебной дисциплине месячный рейтинг менее 55%, он не аттестуется.

Суммарный рейтинг студента по дисциплине формируется из рейтинга, полученного в течение семестра, из рейтинга за тестирование по всему материалу семестра и рейтинга, полученного на собеседовании (дисци-

плана с итоговой отчетностью — экзамен).

Основное преимущество рейтинговой системы состоит в том, что она помогает организовать учебу в течение семестра. В начале каждого семестра студент получает рейтинг-лист, в котором указаны все дисциплины — с зачетом и экзаменом. По каждой дисциплине указаны конкретные даты и что он должен сдать к этому сроку (контрольные точки), максимальное плановое число баллов за контрольную точку. Указано основное правило «игры» — минусуется один балл за пропуск одного занятия без уважительной причины или несвоевременную сдачу контрольной точки.

В рейтинг-листе указаны максимально возможные плановые и фактические баллы за контрольные точки, тестирование, письменный или устный экзамен. Фактическое количество баллов в течение учебного семестра, баллы за комплексную проверку знаний методом тестирования, собеседованием или письменной

работой и составляют рейтинг студента по дисциплине. Рейтинг студента за семестр складывается из фактических рейтингов учебных дисциплин.

Перевод на общепринятую систему оценок осуществляется так:

Рейтинг (баллы) студента по дисциплине	Оценка в ведомости
(100–85)%	отлично
(84–70)%	хорошо
(69–55)%	удовлетворительно
(54 и менее)%	неудовлетворительно

Накопительная сущность рейтингового принципа предполагает постоянный контроль со стороны преподавателя и доступность информации о набираемых баллах студентом в течение всего семестра и является, таким образом, инструментом технологии обучения, способствующим повышению качества подготовки специалистов.

Приложение

РЕЙТИНГ-ЛИСТ

Ф.И.О. студента _____ факультет _____ специальность _____
курс _____ семестр _____

Дисциплины с зачетом				
Учебная дисциплина. Общее кол-во часов (аудиторных + СРС)	Контрольные точки по дисциплине. Сроки их сдачи		Баллы по рейтингу за контр. точку	
			Плановое	Фактическое (минус один балл за 1 пропуск или несвоевременную сдачу) Подпись преподавателя
1	2	3	4	4
1. Экономика и управление в машиностроении — 48 часов (баллов)	1-я часть к.р. 30.10.00 2-я часть к.р. 30.11.00 3-я часть к.р. 30.12.00 Зачет 05.01.01 ИТОГО: 48	9 9 10 20 48		
2. Оборудование литейных цехов — 48 часов (баллов)	Лаб. раб. №1,2 09.11.00 Лаб. раб. №3,4 03.01.01 Расчеты по к.п. 23.10.00 Лист №1 20.11.00 Лист №2,3 11.12.00 Лист №4 25.12.00 Зачет 05.01.01 ИТОГО: 48	4 4 4 4 8 4 20 48		
3. Проектирование литейных цехов — 48 часов (баллов)	Модуль №1 30.10.00 Модуль №2 11.12.00 Зачет 03.01.01 ИТОГО: 48	14 14 20 48		
4. Дисциплина по выбору — 48 часов (баллов)	Лаб. раб. №1,2 08.11.00 Лаб. раб. №3 10.12.00 Лаб. раб. №4 02.01.00 Зачет 04.01.01 ИТОГО: 48	14 7 7 20 48		
5. Основы права — 32 часа (балла)	Модуль №1 30.10.00 Зачет 03.01.01 ИТОГО: 32	12 20 32		

Итого плановые:

Итого баллы рейтинга по зачетным дисциплинам:

Дисциплины с экзаменом

Учебная дисциплина. Общее кол-во часов (аудиторных + СРС)	Контрольные точки по дисциплине. Сроки их сдачи	Баллы по рейтингу за контр. точку		Баллы за тестирование		Баллы за собесед. письм. работу		Баллы по дисциплинам	
		Плановое	Фактическое (минус один балл за 1 пропуск или несвоевременной сдачи) Подпись преподавателя	Плановое	Фактическое (минус один балл за 1 пропуск или несвоевременную сдачу) Подпись преподавателя	Плановое	Факт. Подпись преподавателя	Сумма баллов	Оценка Подпись
1	2							3	4
1. Охрана труда — 48 часов (баллов)	Модуль №1 30.10.00 Модуль №2 11.12.00 Лаб. раб. №1,2 20.10.00 Лаб. раб. №3,4 24.11.00 Лаб. раб. №5,6 22.12.00 ИТОГО: 24	6 6 4 4 4	ИТОГО: 24	12		12			
2. Средства и системы управления процессами — 96 часов (баллов)	Модуль №1 30.10.00 Модуль №2 11.12.00 Лаб. раб. №1,2 25.10.00 Лаб. раб. №3,4 22.11.00 Лаб. раб. №5,6 06.12.00 Лаб. раб. №7,8,9 03.01.01 ИТОГО: 48	12 12 6 6 6 6	ИТОГО: 48	24		24			
3. Перспективные технологические процессы — 64 часа (балла)	Модуль №1 30.10.00 Модуль №2 11.12.00 Модуль №3 04.01.00 ИТОГО: 32	13 13 6	ИТОГО: 32	16		16			

Итого баллы рейтинга за семестр:

УДК 371.048.2

В.С. ПОРТНОВ

А.А. СМОЛЬКИН

А.З. ИСАГУЛОВ

А.М. НУРГУЖИНА

Принципы построения различных форм тестовых заданий

Являясь частью многих педагогических новаций, тесты позволяют получить объективную оценку объема и уровня знаний, при преподавании конкретных дисциплин выявить пробелы в учебном процессе, проверить соответствие выпускников требованиям государственных общеобязательных стандартов.

Тестовую форму контроля знаний нередко ошибочно отождествляют с письменными и устными экзаменами, являющимися трудоемкой процедурой со значительными затратами средств и труда преподавателей, и уже по одному этому являются непригодными для массовой оценки знаний.

Тесты могут быть востребованы только по тем учебным дисциплинам, в которых преподаватель из урокодателя превращается в разработчика новых программно-педагогических средств, организатора процесса самостоятельного изучения учебных дисциплин студентами.

В соответствии с решением коллегии Министерства образования Республики Казахстан с середины 90-х годов в практику проведения экзаменационных сессий были введены тестовые экзамены.

Кажущаяся простота создания тестов и возросший спрос на них породили и «тестоподобные» материалы. Отмеченная ситуация находится в противоречии с мировой тенденцией повышения эффективности образования на основе применения тестов и превращения самой преподавательской деятельности в ведущую отрасль общественного производства.

Основным затруднением, возникающим перед преподавателями, разрабатывающими тесты по учебным дисциплинам, является выбор той или иной формы тестового задания. Почти все преподаватели хорошо знакомы и владеют закрытой формой, т. е. приводится вопрос или предложение с приложением 5 ответов, один из которых является правильным (неко-

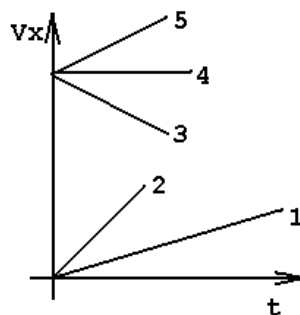
торые преподаватели ограничиваются 2, 3, 4 ответами, что не рекомендуется тестологией). Вероятность угадывания правильного ответа очень высока и составляет 20%. Если при последующих тестированиях варианты вопросов и ответов не меняются, то такие тесты становятся неработоспособными, и идея тестирования не реализуется.

На примере из курса физики можно проиллюстрировать, как расширить возможности закрытой формы тестовых заданий с применением рисунков, чертежей, схем, графиков.

На рисунке приведены графики скоростей.

Согласно теории тестирования [1], использовать ответы, такие как «правильного ответа нет», «все ответы правильные» или «все ответы неправильные», не рекомендуется.

В учебных дисциплинах повествовательного характера целесообразно применение закрытой формы с «дополнением», т. е. в тестовом задании не один правильный ответ, а несколько, число правильных и неправильных ответов должно быть сопоставимо. Но при этом в тестовом задании необходимо вводить методическое указание «Выберите правильные ответы».



Какая из линий отражает отрицательное ускорение?

Например: Текст в учебной дисциплине «Техно-

логия конструкционных материалов». Исходным материалом для выплавки чугуна в черной металлургии являются: железные и марганцевые руды; топливо, флюсы и воздух. Тестовое задание с «дополнением» можно сформулировать так. Исходными материалами для выплавки чугуна в черной металлургии являются (выбрать нужные):

1. ферросплавы
2. металлолом
3. железные и марганцевые руды
4. топливо
5. шлак
6. штейн
7. флюсы
8. воздух

Если тестируемый выбирает правильные ответы 3, 4, 7, 8 — и при автоматизированном тестировании вводит их в компьютер, то может заработать на этом тестовом задании четыре балла.

Пример тестового задания закрытой формы с «дополнением» из физики.

За единицу давления приняты следующие (выбрать нужные):

1. Н/м²
2. 1 Н/м
3. 1 Н/м³
4. 1 атм.
5. 1 мм рт. ст.

Выбрав правильными ответы 1, 4, 5, студент может получить три балла.

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Студент должен сам дописать ответ, который свидетельствует о наличии или отсутствии знаний по конкретной теме учебной дисциплины. Предложение, как правило, содержит не более 8–12 слов, и недостающее слово должно находиться в его конце. Например:

Наименование единицы давления 1 Н/м² дано в честь французского ученого Блеза ...

При автоматизированном тестировании недостающее слово «Паскаля» вводится в компьютер или вписывается в лист ответов при безмашинном тестировании.

Еще примеры:

Построение перспективы методом координат предложил ...

Положительный заряд ядра определяется числом ...

Перемещение курсора из одного окна ПЭВМ в другое производится с помощью клавиши ...

Произведение производной функции на приращение аргумента называется ... функции.

Операция нахождения производной функции называется ...

К изотопам относятся ядра, имеющие разное число ...

Положительный электрод называют ...

Движущийся заряд создает ... поле.

К наиболее удобно реализуемым и повышающим точность педагогического теста, но малоизвестным в практике тестирования можно отнести тестовые задания на соответствие и на установление правильной последовательности действий, технологических операций.

Тестовые задания начинаются со стандартной инструкции

Установить соответствие:

Формула	Закон, название
1. $\vec{F} = m\vec{a}$	А. Закон сохранения импульса
2. $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$	Б. Закон Гука
3. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$	В. Третий закон Ньютона
	Г. Второй закон Ньютона
	Д. Кинетическая энергия

$$4. (F_y)_x = -kx$$

- Е. Закон сохранения импульса
Ж. Потенциальная энергия
З. Закон всемирного тяготения

Для повышения точности педагогического теста на соответствие правый ряд отличается от левого ряда в 1,5–2,0 раза за счет введения так называемой «жвачки», т.е. в правом ряду присутствуют и неправильные ответы, число которых сопоставимо с правильными.

Студент вводит в компьютер правильный ответ 1Г, 2З, 3В, 4Б и может получить 4 (четыре) балла.

Установить соответствие:

Авторы	Произведения
1) Бэкон	А. Философия права
2) Кант	Б. Критика чистого разума
3) Лейбниц	В. Монадология
4) Платон	Г. Творческая эволюция
	Д. Новый органон
	Е. Государство

Установить соответствие:

Философское направление	Идея
1. Объективный идеализм	А. Естественное состояние природы — равновесие
2. Диалектический материализм	Б. Мир непознаваем
3. Субъективный материализм	В. Бытие определяет сознание
4. Метафизический материализм	Г. Абсолютная идея — первопричина сущего
	Д. Бытие — порождение идеи субъекта
	Е. Развивающееся бытие определяет развивающееся сознание

Установить соответствие:

Формула	Используется для вычисления:
1. Лагранжа	А. несобственного интеграла
2. Лопителя	Б. неопределенного интеграла
3. трапеций	В. определенного интеграла
4. половинного деления	Г. пределов
	Д. производной в средней точке
	Е. середины отрезка
	Ж. корней уравнения

Установить соответствие:

Вид дохода	Форма капитала
1. Торговая прибыль	А. Акция
2. Предпринимательская прибыль	Б. Торговый капитал
3. Учредительская прибыль	В. Ссудный капитал
4. Дивиденд	Г. Промышленный капитал
	Д. Контрольный пакет акций
	Е. Переменный капитал
	Ж. Постоянный капитал

Установить соответствие:

Воздействие электрического тока на человека	Результаты
1. Химическое	А. Ожог
2. Биологическое	Б. Электролиз крови
3. Механическое	В. Клиническая смерть
4. Тепловое	Г. Рефлекторное возбуждение нервной системы
	Д. Разрыв сухожилий
	Е. Электрический шок
	Ж. Электрический удар

Установить соответствие:

Кислота	Формула
1. Хлорная	А. HCl
2. Бромноватая	Б. HClO

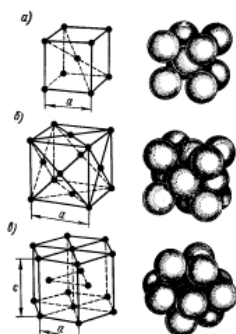
3. Хромовая
4. Хлористая

- В. HClO_2
Г. HClO_3
Д. HClO_4
Е. HBrO_3
Ж. HBrO_4
З. H_2CrO_4
И. $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Установить соответствие:

Кристаллическая
решетка металлов

Название



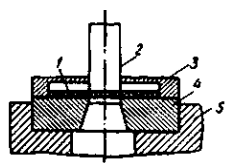
- А. Моноклинная
Б. Гексагональная плотно-
упакованная
В. Гексагональная неплотно-
упакованная
Г. Триклинная
Д. Объемно-
центрированная кубическая
Е. Гранецентрированная
кубическая

$$\frac{c}{a} = 1,633$$

Установить соответствие по схеме
штампа для вырубки:

Номера

Названия



- А. поршень
Б. заготовка
В. пуансон
Г. направляющая
Д. съемник
Е. матрица
Ж. башмак
З. корпус

Задания на установление правильной последовательности различных действий, операций, расчетов, т. е. формирование алгоритмов правильной и эффективной деятельности особенно необходимо на заключительной стадии подготовки инженерных кадров. По этой же форме может быть организована проверка последовательности исторических событий.

Например: определить последовательность начала первой мировой войны:

- ☐ Австро-Венгрия предъявила ультиматум Сербии
- ☐ Германия объявила войну России
- ☐ Германия объявила войну Франции
- ☐ Россия начала всеобщую мобилизацию
- ☐ Убийство в Сараево
- ☐ Англия объявила войну Германии
- ☐ Германия вторглась на территорию Бельгии

С помощью заданий на установление правильной последовательности можно проверить знание не только исторического процесса, но и знание литературного, лингвистического, технологического и других процессов.

Цель введения таких заданий в учебный процесс –

формирование алгоритмического мышления и алгоритмических знаний, умений и навыков. Алгоритмическое мышление можно определить как интеллектуальную способность, проявляющуюся в определении наилучшей последовательности действий при решении учебных и практических задач. Характерные примеры проявления такого мышления — успешное выполнение различных заданий в определенной последовательности за короткое время, как, например, порядок устранения последствий чрезвычайной ситуации, разработка самой эффективной программы для ЭВМ.

Пример. Установить порядок действий при поражении человека электрическим током:

- ☐ не прямой массаж сердца
- ☐ проведение искусственного дыхания
- ☐ отключение электроустановки
- ☐ отделение пострадавших от токоведущих частей
- ☐ оценка состояния пострадавшего
- ☐ спуск пострадавшего на землю
- ☐ применение защитных средств персоналом

Установить последовательность испытания
электрических машин постоянного тока:

- ☐ испытание на повышенную частоту вращения
- ☐ проверка вращения якоря и вибрации
- ☐ измерение сопротивления изоляции
- ☐ проверка коммутации
- ☐ измерение электрической прочности изоляции
- ☐ измерение активного сопротивления
- ☐ испытание на нагревание
- ☐ проверка крепления узлов
- ☐ измерение частоты вращения якоря

Установить последовательность видов излучения:

- ☐ рентгеновское
- ☐ видимый свет
- ☐ радиоволны
- ☐ ультрафиолетовое
- ☐ инфракрасное

Установить порядок сборки дизеля:

- ☐ соединить вертикальную передачу
- ☐ поставить нижние поршни с шатунами
- ☐ установить угол опережения нижним коленчатым валом верхнего вала
- ☐ запрессовать в блок цилиндры втулки
- ☐ установить верхние поршни с шатунами
- ☐ уложить нижний коленчатый вал
- ☐ уложить верхний коленчатый вал

Правильная последовательность каждой операции оценивается самостоятельным баллом. Подобные задания целесообразно применять не только в контролирующих, но и в контрольно-обучающих автоматизированных системах.

Таким образом, каждая форма проверяет определенные виды знаний и потому выбор зависит от характера учебной дисциплины, цели применения тестов, способа обработки данных результатов тестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. М., 1998.

УДК 681.3

В.С. ПОРТНОВ
А.А. СМОЛЬКИН
А.З. ИСАГУЛОВ
А.М. НУРГУЖИНА

Контроль знаний и умений студентов в учебных дисциплинах

Как известно, преподаватель ставит своей целью добиться, чтобы студенты поняли, усвоили содержание учебного материала, получили определенные знания и научились их применять. Но что значит «понять», «усвоить», «применять»? Каким образом преподаватель может судить, достигнута ли поставленная им цель? Если есть надежный способ удостовериться в том, что цели достигнуты или не достигнуты, то преподаватель может быть уверен в правильности своих методов, результативности своего труда или же получить достоверные данные о том, что его работа нуждается в корректировке. При этом необходимо выстроить своеобразную лестницу уточнения целей: от общих требований общества — к задачам образовательной системы, от них — к задачам данного учебного заведения, учебного предмета, его тематических разделов и отдельных учебных вопросов [1].



Учебные цели разных уровней

Определение целей через изучаемое содержание. Например: «изучить второй закон Ньютона» или «изучить содержание первой главы». Исходя из такого рода формулировок, трудно достоверно судить о достижении обучаемым цели, т.е. она не содержит указание на то, как можно измерить достижение цели.

Определение целей через деятельность педагога. Например: «ознакомить студентов с принципом действия двигателя внутреннего сгорания». Такой способ постановки — «от педагога» — сосредоточен на его собственной деятельности. Причем действия преподавателя намечены без указания на то, как, каким образом можно совершить их с реальными результатами обучения.

Постановка целей через внутренние процессы интеллектуального, эмоционального, личностного развития студентов. Например: «развить умение самостоятельно решать математические задачи». В формулировках такого рода узнаются обобщенные образовательные цели — на уровне вуза, цикла предметов или учебного предмета, но не на уровне лекционного занятия. Нельзя обнаружить ориентиры, по которым можно судить о достижении цели.

Постановка целей через учебную деятельность студентов. Например: «цель занятия — решение задач

на нахождение корней квадратного уравнения». Однако и здесь из поля зрения выпадает важнейший момент — ожидаемый результат обучения, его следствие.

Трудно не согласиться со сторонниками современной педагогической технологии в том, что определение целей обучения через содержание предмета, процесс деятельности преподавателя или студента не всегда дают полное представление о предполагаемых результатах обучения.

Способ постановки целей, который предлагается современной педагогической технологией, отличается повышенной инструментальностью. Он состоит в том, что цели обучения формулируются через результаты обучения, выраженные в действиях студентов, причем таких, которые преподаватель или какой-либо другой эксперт может надежно опознать или измерить. То есть задачи в таком понимании — это то, что студенты должны знать или уметь делать к концу занятия, чего они не умели ранее и не смогли бы сделать, если бы в течение данного занятия не научились бы. Задача должна быть сформулирована в терминах конечного поведения студента.

Таким образом, чтобы сделать задачи полностью диагностическими, а обучение воспроизводимым, необходимо выдвинуть критерий достижения каждой цели, то есть учебная цель должна быть описана так, чтобы о ее достижении можно было судить однозначно.

Содержание образования традиционно имеет преимущественно тематическую направленность и выделение из него конкретных однозначных учебных целей бывает затруднено. Для облегчения формулирования задач в их описании используются глаголы, отражающие действия обученных студентов, например:

- *знает* конкретный факт;
- *знает* правило;
- *преобразовывает* словесный материал в математическое выражение;
- *поясняет* схему (график, диаграмму и т.п.);
- *выводит* следствие из имеющихся данных;
- *использует* понятия в новой ситуации;
- *применяет* правило (закон, теоретическое положение);
- *демонстрирует* правильное применение известного правила в новой ситуации;
- *выделяет* неявные предположения;
- *находит* ошибки и упущения в логике рассуждений и т.п.

Достижение знаний и умений по отдельным вопросам учебной дисциплины можно проверить тестовыми заданиями разного уровня.

В таблице 1 приводятся сведения о тестовых заданиях четырех уровней усвоения.

Таблица 1

НАЗНАЧЕНИЕ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ УСВОЕНИЯ

Уровень	Что проверяют	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Запоминание и воспроизведение информации	Запоминание дат, фактов, событий, формул, принципов, законов и др. необходимой информации (<i>знания–знакомства</i>)	Такие задания являются необходимыми элементами при контроле знаний.	Если тест состоит только из таких заданий, то он имеет низкую достоверность результатов и недостаточную диагностическую способность.
Репродуктивное мышление	Умение применять выученные правила в типовой ситуации (<i>знания–копии</i>)	Простота составления тестовых заданий. Являются необходимыми элементами при контроле типовых навыков умственных действий. Невысокая трудность составления тестовых заданий.	Приучают действовать только по готовым образцам. Недостаточно развивают самостоятельность в решении учебных проблем.
Продуктивное мышление	Способность преобразовывать и применять усвоенные знания в нетиповой ситуации (<i>знания–умения</i>)	Активизируют познавательную деятельность. Развивают способность к логическому мышлению. Ориентированы на проявление изобретательности в решении новых задач, а не на припоминание заученных ранее образцов деятельности. Желательно включение таких заданий в тест при условии достаточной подготовки студентов.	Трудность составления тестовых заданий. Могут представлять трудность для слабоуспевающих студентов.

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Поисково-творческий	Воображение, способность к нестандартным подходам, фантазию (<i>знания–трансформации</i>)	Могут применяться как дополнительные задания для лучших студентов в научных кружках, на олимпиадах и т.п. Могут использоваться также не для проверки успеваемости, а для демонстрации их решения.	Разработка таких заданий затруднена, так как требует творческого подхода. Имеют высокую трудность для учащихся.

Основными документами, лежащими в основе разработки тестов и тестовых заданий, являются:

1. Общеобязательный стандарт специальности.
2. Типовая и учебная программы данной дисциплины.
3. Рекомендуемый учебник и учебное пособие (как раздаточный материал).

Тестовые задания должны включать содержание всех разделов, тем, вопросов.

Первым устанавливается количество заданий в тесте потому, что эта цифра может зависеть от внешних условий; отведенного лимита заданий на дисциплину, ограничения во времени, существующего норматива

Таблица 2

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ЧЕТЫРЕХ ОСНОВНЫХ ФОРМ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Формы тестового задания	Основные достоинства	Недостатки
Закрытые тестовые задания с четырьмя ответами, из которых один правильный.	Достаточно широко распространены в практике тестирования.	Имеют вероятность угадывания правильного ответа (при равной привлекательности всех ответов) 0,25.
Закрытые задания с пятью и более ответами, из которых один правильный.	Применяются в ответственных случаях, например, при отборе абитуриентов для вузов, обучении в вузе. Имеют низкую вероятность угадывания правильных ответов.	Задания с пятью ответами создавать труднее, чем с меньшим числом ответов. Главная трудность — подбор правдоподобных неправильных ответов.
Закрытые тестовые задания с выбором нескольких правильных ответов (с дополнением).	Развивают дивергентное (многовариантное) мышление.	Применяется более сложная система оценки результатов выполнения.
Открытые тестовые задания (на дополнение).	Исключают возможность простого угадывания правильного ответа (так как не предлагается набор ответов).	Узкий охват контролируемых знаний.
Задания на установление соответствия.	Позволяют проверить знание соответствия элементов одного множества элементам другого множества. Повышается точность педагогического теста	Трудности при определении шкалы оценок.
Задания на установление правильной последовательности	Позволяют проверять алгоритмические знания; умения и навыки, необходимые для установления правильной последовательности действий, операций, расчетов. Могут применяться для выполнения не только контролирующей, но и обучающей функции	Последовательность длинной цепочки действий не всегда однозначна.

количества заданий на итоговый контроль и т.п. Затем необходимо уточнить общую и частную цели контролируемой учебной дисциплины и только после этого можно составлять спецификацию теста. Экспертиза теста должна проводиться до опытной (эмпирической) проверки, она обеспечивает устранение видимых недостатков. Эмпирическая проверка является обязательной процедурой. Тест, не прошедший эмпирической проверки, не должен применяться в ответственных случаях. Эмпирическая проверка теста позволяет оценить показатели его качества по статистическим данным результатов тестирования и выявить те недостатки, которые связаны с особенностями восприятия и понимания каждого тестового задания испытуемыми.

В таблице 2 обобщены основные достоинства и недостатки форм тестовых заданий.

Оценка достижения учебных целей определяется текущим и итоговым контролем. Текущий контроль обеспечивает непрерывную обратную связь, проводится, как правило, без оценки и служит не только для коррекции хода обучения, но и для уточнения учебных целей.

При итоговом контроле оценивается достижение запланированных учебных целей. Контроль может быть устным, письменным или тестовым. Рассмотрим особенности применения этих видов контроля знаний студентов.

Устный и письменный контроль. К достоинствам *устного контроля* можно отнести личный контакт, живой диалог преподавателя со студентом, тренировка его в формулировании высказываний в речевой форме, возможность использования преподавателем дополнительных вопросов для более глубокой проверки знаний.

Устный ответ дает возможность хорошо подготовленному студенту проявить свою эрудицию, дополнительно усвоенные знания.

В то же время при устном контроле оценка знаний студентов в определенной степени является отражением индивидуальности преподавателя. У каждого преподавателя при оценке знаний всегда выступают одновременно объективное и субъективное отношение.

Один и тот же студент у разных преподавателей может получить различные оценки. По данным зарубежных авторов, оценки двух экзаменаторов, проверяющих одних и тех же студентов по предмету через небольшой промежуток времени, совпадают только в (40–60) % случаях.

Подтверждается также значительный разброс оценок по одной и той же письменной контрольной работе, выставленных разными преподавателями. *Письменный контроль* позволяет документально установить уровень усвоения учебного материала, а также дает студенту практику в изложении своих мыслей на бумаге. Внешний письменный контроль, проводимый с привлечением для проверки работ двух-трех независимых экспертов, при наличии четких критериев, позволяет получить оценку, близкую к объективной.

Однако традиционная система устного и письменного контроля знаний имеет и существенные недостатки:

1. На экзамене обучаемый отвечает на 3–4 вопроса экзаменационного билета, а оценка выставляется за

знание всей учебной дисциплины.

2. Используется довольно грубая 5-балльная шкала со слабой различительной способностью.

3. Устный и письменный контроль не всегда обеспечивает объективность, точность и достоверность оценки знаний.

4. Устный опрос требует большого расхода учебного времени, письменные контрольные работы связаны со значительными затратами труда преподавателя на их проверку.

5. При устном или письменном контроле знаний затруднено широкое использование компьютеров.

В целом устный и письменный контроль знаний недостаточно технологичен, часто выступает как самый рутинный и непривлекательный вид учебной деятельности преподавателей.

В этом отношении их во многом превосходит *тестовый контроль* знаний.

Его достоинства.

– Педагогический тест, надлежащим образом составленный, является инструментом объективного педагогического измерения, результаты которого не зависят от лица, проводящего контроль.

– Тест может охватывать все основное содержание учебного материала, тестовые измерения результатов обучения дают (при правильно разработанных тестах) точные и достоверные оценки на основе заранее разработанной шкалы, которая применяется ко всем испытуемым одинаково.

– Тестовый контроль технологичен, он позволяет за сравнительно короткое время осуществить массовый сплошной контроль усвоения определенного учебного материала (или учебной дисциплины в целом) с минимальной затратой сил и средств. Так, введение тестового отбора абитуриентов для вузов Казахстана позволило отказаться от многодневных изнурительных вступительных экзаменов и осуществить контрольную процедуру в течение нескольких часов одного дня.

– Наконец, тестовый контроль хорошо поддается автоматизации с помощью компьютеров. Это одно из главных преимуществ педагогического тестирования.

Однако было бы ошибкой считать, что тестирование свободно от *недостатков*. Один из них — большинство форм тестового контроля лишают обучающего практики в самостоятельном формулировании ответов (устно или письменно). При этом психологическая деятельность студентов не та, что при ответе в «свободной форме», здесь практически отсутствуют возможности проявления эрудиции, индивидуальности личности. Испытуемый может только выбрать правильный ответ и не более того.

При правильной организации педагогическое тестирование дает объективную оценку знаний обучаемых, потому что эта оценка не зависит от человека, который ее выставил. Она определяется на основе процента правильно решенных тестовых заданий по заранее составленной шкале, применяемой ко всем испытуемым одинаково. Поэтому педагогический тест с полным основанием называют инструментом педагогических измерений, который позволяет получать точные и достоверные оценки результатов обучения. Однако такие оценки дает только качественный тест,

подготовленный с соблюдением научных требований к его разработке, проверке и доводке.

Современная теория тестов развивается на стыке педагогики, психологии, логики, теории измерений, математической статистики, теории информации, кибернетики и ряда других наук. Качественно созданный педагогический тест позволяет получать объективные оценки знаний студентов, обладающие высокой точностью и достоверностью. Педагогические тесты являются основной частью многих новаций в системе образования.

Педагогическое тестирование имеет значительный позитивный потенциал, использование которого, несомненно, способно повысить качество обучения во всех звеньях системы образования. Поэтому обладание тестовой культурой является одной из важнейших задач профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений на современном этапе.

Тестирование может оказывать большое влияние на ход и результаты обучения, качественные тесты способ-

ны повысить познавательную активность, они задают высокие ориентиры в образовательной деятельности студентов и, наоборот, плохо составленные тесты могут давать отрицательный эффект в учебном процессе.

Рассмотрение трех видов контроля знаний студентов позволяет сделать вывод: в учебном процессе должны сочетаться и устный опрос, и письменные контрольные работы, и педагогическое тестирование.

Достоинства и недостатки этих методов приведены в таблице 3

Одновременное использование устного, письменного и тестового экзамена позволит внедрить в учебный процесс рейтинговую систему как совокупность взаимосвязанных предписаний, правил, устанавливающих единообразные подходы к оцениванию хода по достижении каждым студентом поставленных целей и задач учебных дисциплин и результатов обучения в целом.

Таблица 3

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ УСТНОГО, ПИСЬМЕННОГО И ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Вид контроля	Достоинства	Недостатки
Устный	Простой и легко реализуемый в организационном отношении. Личный контакт педагога с обучаемым, диалог. Возможность использования педагогом дополнительных вопросов для более глубокой проверки. Устный ответ студентов конструирует сам, поэтому в большей степени, чем на письменной контрольной работе, выявляет для преподавателя разные признаки качества знаний, в том числе; – умение спланировать предстоящий ответ; – умение отобрать и систематизировать необходимые для этого знания; – умение правильно выражать свои мысли, причем на языке данной науки; – умение подтверждать свои мысли примерами, фактами и, если надо, даже отстаивать их; – способность самостоятельного суждения. Позволяет использовать экспертный метод (комиссию) для повышения объективности оценки	По отношению к программе обучения (стандарту) контроль носит выборочный характер. Большие затраты учебного времени на проведение устного опроса всех учащихся. Оценка в значительной степени субъективна. Низкая надежность оценки. Оценка, как правило, не рассчитана на составляющие ответа (является слишком общей).
Письменный	Дает возможность документально установить уровень усвоения учебного материала. При разработанных четких критериях контрольных работ повышается объективность оценки. При определенных условиях оценки контрольных работ имеют высокую точность. Дает обучаемому практику в письменном изложении своих мыслей. Внешний письменный контроль имеет более высокую объективность	Значительные затраты времени педагога на проверку письменных работ. Затруднено использование компьютеров
Педагогическое тестирование	Является инструментом объективного педагогического измерения, результаты которого не зависят от лица, проводящего тестирование (при правильной организации тестирования). Технологичен, позволяет осуществить сплошной контроль всей группы по объемному учебному материалу за сравнительно короткое время. Хорошо поддается автоматизации как сам процесс тестирования, так и процедура обработки и оформления его результатов. Возможен ввод результатов тестирования в компьютер с помощью сканирующего (считывающего) устройства и последующая автоматическая обработка результатов. Возможно использование компьютерных адаптивных (приспосабливающихся к испытуемому) тестовых систем, в которых каждое последующее задание выдается испытуемому с учетом выполнения предыдущего. Такие системы обеспечивают наибольшую точность педагогического измерения	Отсутствует общение педагога с обучаемым в процессе контроля знаний, что лишает обучаемого практики в устном формулировании ответов. Отсутствует возможность проявить эрудицию и знания сверх программного материала. Трудность разработки качественных тестов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фарберман В. Передовые педагогические технологии. Ташкент: Изд-во «ФАП», А11РУ. 2000.

УДК 621.793.184

В.Ф.ШВОЕВ
А.Е. НУРТАЗАЕВ

Применение электроконтактной обработки для получения уплотнительных канавок корпуса насоса 8Гр-8

Уплотнительные канавки предназначены для обеспечения герметичного соединения стыков корпуса насоса. Материал корпуса насоса — высокохромистый износостойкий чугун ИЧХ28Н2, имеющий повышенную твердость в пределах HRC 53-56, трудно поддающийся механической обработке [1].

В настоящее время на ЛМЗ корпорации «Казань» для получения уплотнительных канавок корпуса насоса 8Гр-8 применяют механическую обработку твердосплавными резцами ВК6, ВК8 на одностоечном токарно-карусельном станке. Скорость резания при часовой стойкости инструмента, подаче 0,25 мм/об и глубине резания 1 мм составляет 17,4 м/мин. Из этого следует, что основное время механической обработки одной канавки составит больше 6 минут. Это показывает, что механическая обработка связана с низкими режимами резания и низкой производительностью, обусловленной высокой твердостью чугуна ИЧХ28Н2.

Применение электроконтактной обработки для получения уплотнительных канавок обеспечивает высокую производительность при использовании относительно несложного оборудования и технологии [2].

Предлагается обработку уплотнительных канавок производить на модернизированном токарно-карусельном станке с диаметром планшайбы 1250 мм

(рис. 1). Источником тока служит специально изготовленный выпрямитель 1 на ток 2000 А с отдельным регулируемым трехфазным трансформатором 2 типа ТСУ 120/0,5. Рабочий ток подается на планшайбу 3 с помощью контактных колодок 4, скользящих по периферии планшайбы. Этим устраняется попадание тока в механизм станка. Дисковый электрод 5 производит одновременную обработку двух канавок детали 6.

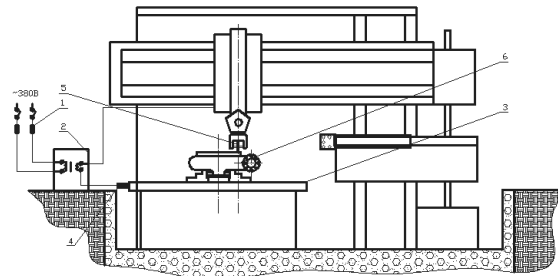


Рис. 1. Схема модернизированного токарно-карусельного станка для электроконтактной обработки

С учетом ширины канавки необходимо определить диаметр дискового электрода (рис. 2). Формирование внешней окружности канавки радиусом ОА производится по хорде АВ, определяемой по формуле

$$AB = 2\sqrt{2 \cdot \tilde{N}\tilde{A} \cdot \tilde{I} \tilde{A} - \tilde{N}\tilde{A}^2},$$

где CD — стрела сегмента, 3мм;

OA — радиус внешней окружности, 285мм.

$$AB = 2\sqrt{2 \cdot 1 \cdot 285 - 1^2} = 47,75 \text{ мм},$$

тогда диаметр дискового электрода равен

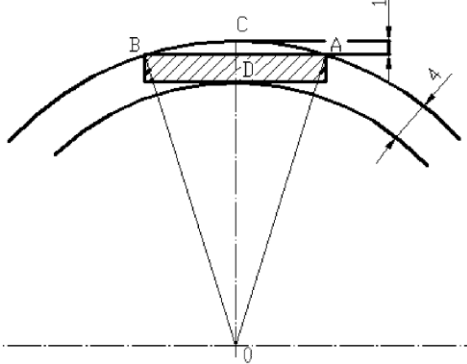


Рис. 2. Схема расчета диаметра дискового электрода

$$D = \frac{AB^2 - 4 \cdot CD^2}{4 \cdot CD},$$

где CD — глубина канавки, 3мм.

$$D = \frac{47,75^2 - 4 \cdot 3^2}{4 \cdot 3} = 187,01 \text{ мм}.$$

Рекомендуемая электроконтактная обработка может воспроизводить процессы обработки, аналогичные по кинематике движения процессам механической обработки металлов резанием. Большая часть этих процессов выполняется на соответствующем металлорежущем оборудовании путем его незначительной модернизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугуны: Справочник // Под ред. Шерман А. Д. и Жукова А. А. М.: Металлургия, 1991.
2. Попилов Л. Я. Основы электротехнологии и новые ее разновидности. М.: Машиностроение, 1971. 214 с.

УДК 004.651:621.713

И.В. ШВОЕВА

Структурный подход к организации базы данных «Допуски и посадки» информационно-поисковой системы САПР технологических процессов

Технологическое проектирование представляет собой сложный и разветвленный процесс обработки информации. При конструкторской и технологической подготовке производства проектировщик, как правило, пользуется средствами системы автоматизированного проектирования (САПР) для выполнения конкретной проектной процедуры. Автоматизированные системы ведения информации предназначены для сокращения сроков и стоимости проектных работ, а также повышения качества проектно-конструкторских разработок и технологических процессов. Поэтому правильная организация структуры автоматизированной системы баз данных конкретной предметной области в значительной степени влияет на качество работы всей САПР в целом. Концепция организации автоматизированной базы данных связана с проблемами обеспечения логико-семантической и физической целостности данных, а также и эффективности многоцелевого использования данных.

Накопителем и хранителем информации в САПР технологических процессов (ТП) является информационно-поисковая система (ИПС). ИПС в составе САПР ТП—это система сбора, хранения, накопления, поиска и передачи данных, применяемых в процессе технологического проектирования. Она состоит из информационно-справочного фонда, комплекса моделей и программ, обеспечивающих функционирование ИПС и комплекса технических средств, выполняющих функции ИПС. Структура взаимодействия ИПС с

другими составными блоками САПР ТП представлена на рис. 1.

В технологической подготовке производства используется большое количество разнообразных таблиц, содержащих различную нормативно-справочную документацию. Следовательно, одной из задач при автоматизации ИПС является создание формальных моделей, позволяющих описывать любую нормативно-справочную информацию. Далее рассматриваются этапы проектирования базы данных «Допуски и посадки» («DiP»), входящей в состав ИПС САПР ТП.

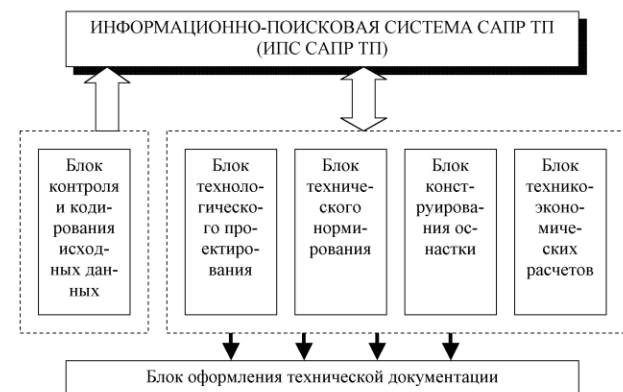


Рис. 1. Структура взаимодействия ИПС с другими частями САПР ТП

Как правило, при проектировании базы данных различают три этапа: концептуальный, логический

При построении концептуальной модели базы данных «DiP» был осуществлен сбор и анализ информации. Вследствие чего был определен состав базы данных, представленный на рис. 2. Как видно из предложенной схемы, в концептуальной модели отражен состав и взаимосвязи объектов базы данных. При систематизации все объекты были подразделены на две группы: исходные параметры посадки и определяемые и вычисляемые параметры посадки. В состав исходных параметров входят: номинальный размер, основное отклонение отверстия, качество отверстия, основное отклонение вала, качество вала. В состав определяемых и вычисляемых параметров включены: предельные отклонения, предельные размеры, допуск на размер, система посадки и тип посадки, предельные размеры посадки, допуск посадки. Взаимосвязи между объектами, определяемыми методом поиска, отражены на схеме двойными линиями, а взаимосвязи вычисляемых объектов представлены на схеме сплошными одинарными линиями. Например, для определения предельных размеров необходима информация о номинальном размере и предельных отклонениях, а для определения допуска размера можно использовать данные предельных размеров или данные предельных отклонений. Межобъектные связи могут быть в дальнейшем реализованы в логической модели в виде условий и запросов.



Исходя из того, что справочная информация, необходимая для определяемых и вычисляемых объектов концептуальной модели базы данных, представлена в виде таблиц, целесообразно применение реляционного типа базы данных. Причем таблицы могут различаться своими размерами, формой и содержанием, поэтому следует их привести к формальной форме представления данных. Справочная таблица в общем случае является формой выражения функции F , зависящей от n переменных: $F(x_1, \dots, x_n)$, причем i -я переменная может принимать конечное множество значений $x_{1j}, \dots, x_{jm}$. Справочная таблица, в свою очередь,

На этапе проектирования физической модели базы данных ИПС «DiP» проведены оценка требуемой оперативной и дисковой памяти, времени на ввод, анализ и редактирование справочных данных, а также оценка времени для создания и отладки требуемых запросов. При реализации физической модели базы данных следует учитывать эксплуатационные характеристики выбранной СУБД. Некоторые примеры форм реализованной физической модели представлены на рис. 4.

Номинальные размеры, мм	Квалитет		Номинальный размер	Основное отклонение	Квалитет	Верхнее предельное отклонение	Нижнее предельное отклонение
	6						
	Поля допусков отверстий						
	G6	H6					
	Предельные отклонения, мкм						
Св. 6 до 10	+14 +5	+9 0	10 10	G H	6 6	14 9	5 0
Св. 10 до 18	+17 +6	+11 0	18 18	G H	6 6	17 11	6 0
Св. 18 до 30	+20 +7	+13 0	30 30	G H	6 6	20 13	7 0

БЛАНК ЗАПРОСА			
Номинальный размер, мм (6...500)		85	
ПАРАМЕТРЫ ОТВЕРСТИЯ		ПАРАМЕТРЫ ВАЛА	
Основное отклонение		Основное отклонение	
D		h	
Квалитет		Квалитет	
8		8	
НАЙТИ		6 7 8 9 10 11 12	
ПРИМЕЧАНИЕ: Введите с клавиатуры или выберите из списка номинальный размер, основное отклонение и квалитет для отверстия и вала			
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА		РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	
Номинальный размер, мм		Тип посадки	
D 8		С зазором	
54		Максимальный зазор, мм	
h 8		228	
Верхнее отклонение отверстия, мм		174	
Нижнее отклонение отверстия, мм		120	
Верхнее отклонение вала, мм		0	
Нижнее отклонение вала, мм		54	
Максимальный зазор, мм		120	
Допуск посадки, мм		108	
ПРИМЕЧАНИЕ: Если оба отклонения (верхнее и нижнее) равны 0, то введенной Вали посадки нет в базе данных			

Согласно известным основным этапам жизненного цикла системы с базами данных после этапа создания физической модели базы данных, далее следуют этапы конвертирования, интеграции, эксплуатации, совершенствования, развития и сопровождения базы

данных. Данные этапы реализованы для конкретной базы данных DiP при рассмотрении ее как неотъемле-

мой части ИПС, а ИПС, в свою очередь, как одну из составных частей САПР ТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных / Пер. с англ. А.А. Александрова и В.И. Будзенко; Под ред. В.И.Будзенко. М.: Финансы и статистика, 1983. 317 с.
2. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении / Под ред. Г.К. Горанского. М.: Машиностроение, 1976. 240 с.
3. Допуски и посадки: Справочник. В 2 ч. Ч.1 / Под ред. В.Д.Мягкова. 5-е изд., перераб и доп. Л.: Машиностроение, 1979. 544 с.
4. Разработка САПР: в 10 кн. Кн.4. Проектирование баз данных САПР: Практи. пособие / О.М. Вейнеров, Э.Н. Самохвалов; Под ред. А.В. Петрова. М.: Высшая шк., 1990. 144 с.

УДК 621.01

Ж.Б. БАКИРОВ
Т.С. УМБЕТАЛИН

Силовой анализ манипулятора для ударного разрушения массива

Кинематическая схема манипулятора приведена на рис. 1. Он представляет собой пространственный механизм с шестью степенями свободы. Ставится задача определения реакции и обобщенных движущихся сил в кинематических парах механизма. Для решения задачи должны быть известны обобщенные координаты, скорости и ускорения точек, а также скорости и ускорения звеньев в каждом положении механизма. Веса звеньев G_i и двигателей G_{Ai} , а также геометрические размеры звеньев, координаты центров масс звеньев C_i также известны. Задача позиционирования манипулятора, то есть определения обобщенных координат в зависимости от координат ударяемой точки решена в работе [1]. Силы инерции возникают в ходе позиционирования механизма. Но при этом скорости и ускорения точек настолько малы, что силами инерции можно пренебречь. Наиболее опасным в плане силового анализа является процесс ударного разрушения, когда силы инерции отсутствуют, но возникает сила взаимодействия инструмента с массивом P , которая определена в работе [2].

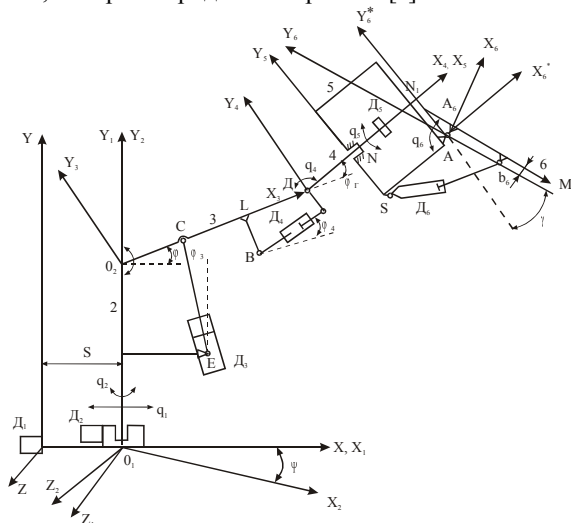


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора

Манипулятор состоит из шести подвижных звеньев и шести двигателей D_i , роль которых в основном выполняют гидроцилиндры. Положения звеньев определяются шестью обобщенными координатами

$q_i: q_1 = S, q_2 = \psi, q_3 = \varphi, q_4 = \varphi_A = -\varphi, q_5 = \theta, q_6 = \gamma$. С каждым звеном свяжем подвижную систему координат $X_i Y_i Z_i$ с началом в полюсе кинематической пары, соединяющей его с предыдущим звеном (рис. 1). Положения гидроцилиндров $\ddot{A}_i$ определяются угловыми координатами φ_i , зависящими от обобщенных координат q_i и координат точек крепления гидроцилиндров. Глобальная система координат $OXYZ$ связана с базовой машиной, которая является стойкой для манипулятора (нулевое звено).

Матрица направляющих косинусов при переходе от i -й системы к k -й системе $i < k$ обозначается $A_{i,k}$ и определяется выражением

$$A_{i,k} = \prod_{l=i}^{k-1} A_{k,l+1}. \quad (1)$$

Частные матрицы здесь имеют вид:

$$A_{0,1} = E,$$

$$A_{1,2} = \begin{vmatrix} \cos \psi & 0 & -\sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \psi & 0 & \cos \psi \end{vmatrix}, \quad A_{2,3} = \begin{vmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$A_{2,3} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{vmatrix}, \quad A_{5,06} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_6 & \sin \varphi_6 & 0 \\ -\sin \varphi_6 & \cos \varphi_6 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Матрицы $A_{3,4}, A_{5,6}, A_{2,\bar{A}3}, A_{3,\bar{A}4}$ определяются выражением для $\bar{A}_{2,3}$ заменой угла φ на $(-\varphi)$, γ , φ_3 , φ_4 соответственно.

Уравнения кинетостатики можно составлять как для отдельных звеньев, так и для какой-либо подсистемы, состоящей из нескольких звеньев. Для составления этих уравнений компоненты векторов и моментов сил удобнее определять в локальных системах отсчета. Вектор F задается тремя проекциями силы $F^{(k)} = [F_x^{(k)}, F_y^{(k)}, F_z^{(k)}]$ на оси прямоугольной системы координат $BX_k Y_k Z_k$ (рис.2).

Момент силы F , приложенной в точке A , относительно точки B определяется известным выражением.

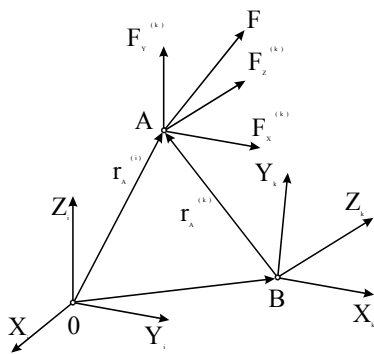


Рис. 2. Прямоугольная система координат $BX_KY_KZ_K$

Совершенно очевидно, что при переходе от k -й локальной системы к l -й вектор силы сохранит свою величину и направление, а вектор момента изменится и определяется формулой

$$M_{0(F)B} = r_A^{(l)} F = (r_A^{(k)} + r_B^{(l)}) F = M_{B(F)} + r_B^{(l)} F.$$

Спроецировав F и $M_{0(F)}$ на оси l -й локальной системы координат, получим проекции векторов силы и момента:

$$F^{(l)} = A_{l,k} F^{(k)}, \quad M_0^{(l)} F = A_{l,k} M_B^{(k)} F + \tilde{r}_B^{(l)} F^{(l)}, \quad (2)$$

где введена кососимметричная матрица, составленная из проекции вектора $r_B^{(l)}$

$$\tilde{r}_B^{(l)} = \begin{vmatrix} 0 & -Z_B^{(l)} & Y_B^{(l)} \\ Z_B^{(l)} & 0 & -X_B^{(l)} \\ -Y_B^{(l)} & X_B^{(l)} & 0 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Реакции связей, возникающие в кинематических парах, будем сводить к главному вектору и главному моменту этих сил относительно полюсов O_e этих пар и обозначать их $R_{i-1,i}$ и $M_{0i} R_{i-1,i}$, что означает силы и моменты, действующие со стороны звена $i-1$ на звено i . Наряду с реакциями связей будем рассматривать обобщенные движущие силы Q_{Ai} — силы и моменты, приложенные к звеньям со стороны передаточных механизмов двигателя D_i . В дальнейшем удобно ввести в рассмотрение главный вектор $V_{i-1,i}$ и главный момент $M_{0i} V_{i-1,i}$ сил взаимодействия между звеньями [3].

$$V_{i-1,i} = \begin{vmatrix} R_{i-1,ix} + Q_{Ai} \\ R_{i-1,iy} \\ R_{i-1,iz} \end{vmatrix}; \quad M_{0i} V_{i-1,i} = \begin{vmatrix} M_{0ix} R_{i-1,i} \\ M_{0iy} R_{i-1,i} \\ M_{0iz} R_{i-1,i} + Q_{Ai} \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Здесь ось X направлена вдоль поступательной пары, а ось Z — вдоль оси вращательной пары. Компоненты $R_{i-1,ix}$ и $M_{0iz} R_{i-1,i}$ существуют только при учете сил трения. В идеальных парах они равны нулю, а величины $V_{i-1,ix}$ и $M_{0iz} V_{i-1,i}$ в зависимости от типа пары будут являться обобщенными движущими силами.

Перейдем к силовому анализу манипулятора. Рассмотрим отдельно звено 6. На него действует сила

тяжести G_6 и сила взаимодействия массива с ударником P , которая приложена в точке M и направлена вдоль оси ударника. Длины звеньев будем обозначать l_i , а координаты центра тяжести звеньев вдоль оси звена — d_i .

Найдем проекции активных внешних сил и их моментов на оси шестого звена

$$P^6 = \begin{vmatrix} 0 \\ P_c \\ 0 \end{vmatrix}, \quad G_6^6 = A_{0,6}^{-1} G_6^0 = A_{0,6}^T G_6^0, \quad \text{где } G_6^0 = \begin{vmatrix} 0 \\ -G_6 \\ 0 \end{vmatrix};$$

$$M_{A G_6}^6 = \tilde{r}_{C6}^6 G_6^6, \quad M_A^6 P = r_M^6 P^6,$$

$$\text{где } r_{C6}^6 = \begin{vmatrix} b_6 \\ -d_6 \\ 0 \end{vmatrix}, \quad \tilde{r}_{C6}^6 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -b_6 \\ 0 & 0 & -d_6 \\ b_6 & d_6 & 0 \end{vmatrix}, \quad \tilde{r}_M^6 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -b_6 \\ 0 & 0 & -l_6 \\ b_6 & l_6 & 0 \end{vmatrix}.$$

После перемножения матриц получаем

$$G_6^6 = -G_6 \begin{vmatrix} \cos \theta \sin \gamma \\ \cos \theta \cos \gamma \\ \sin \theta \end{vmatrix}, \quad M_{A P}^6 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ P b_6 \end{vmatrix},$$

$$M_{A G_6}^6 = G_6 \begin{vmatrix} d_6 \sin \theta \\ l_6 \sin \theta \\ -d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma \cos \theta \end{vmatrix}.$$

Уравнения кинестатики для звена 6 имеют вид:

$$V_{56}^6 + G_6^6 + P^6 = 0,$$

$$M_{A V_{56}}^6 + M_{A G_6}^6 + M_{A P}^6 = 0.$$

Отсюда находим

$$V_{56}^6 = \begin{vmatrix} G_6 \cos \theta \sin \gamma \\ G_6 \cos \theta \cos \gamma - P \\ G_6 \sin \theta \end{vmatrix}, \quad M_{A V_{56}}^6 = \begin{vmatrix} -G_6 d_6 \sin \theta \\ -G_6 b_6 \sin \theta \\ Q_{A6} \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где $Q_{A6} = G_6 d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma \cos \theta - P b_6$ — движущий момент для звена 6.

Этот момент создается усилием F_6 на штоке гидроцилиндра $\dot{A}_6$, следовательно,

$$F_6 = Q_{A6} / S A \sin \varphi_6, \quad (6)$$

а $M_{A V_{56}}^6 = -G_6 \sin \theta d_6, b_6, 0^T$.

Рассмотрим теперь подсистему, состоящую из звена 5 и двигателя $\dot{A}_6$. Определим силы и моменты, с которыми звено 6 действует на звено 5. Они равны и противоположны по направлению V_{56}^6 и $M_{A V_{56}}^6$. Приведем их к системе отсчета $NX_5Y_5Z_5$ (рис.1).

$$V_{65}^5 = -A_{5,6} V_{56}^6 = - \begin{vmatrix} P \sin \gamma \\ G_6 \cos \theta - P \cos \gamma \\ G_6 \sin \theta \end{vmatrix},$$

$$M_{N V_{65}}^5 = -A_{5,6} M_{A V_{56}}^6 + \tilde{r}_A^5 V_{65}^{15},$$

$$\text{где } \check{r}_A^5 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -NS \\ 0 & 0 & -SA \\ NS & SA & 0 \end{vmatrix}. \quad (7)$$

После перемножения матриц и приведения подобных членов получаем

$$M_{N V_{65}}^5 = \begin{vmatrix} G_6 NS + d_6 \cos \gamma - b_6 \sin \gamma & \sin \theta \\ G_6 SA + d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma & \sin \theta \\ -G_6 SA \cos \theta - P NS \sin \gamma - SA \cos \gamma \end{vmatrix}. \quad (8)$$

Активными внешними силами являются вес звена 5, вес двигателя $\check{A}_6$ и движущая сила F_6 . Найдем их проекции на местную систему координат:

$$G_5^5 = A_{0,5}^T G_5^0, G_{\check{A}_6}^5 = A_{0,5}^T G_{\check{A}_6}^0, F_6^5 = A_{5,\check{A}_6} F_6^{\check{A}_6},$$

$$\text{где } F_6^{\check{A}_6} = \begin{vmatrix} -F_6 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}.$$

В явном виде проекции активных сил имеют вид

$$G_6^5 = G_5 \begin{vmatrix} 0 \\ \cos \theta \\ \sin \theta \end{vmatrix}, G_{\check{A}_6}^5 = -G_{\check{A}_6} \begin{vmatrix} 0 \\ \cos \theta \\ \sin \theta \end{vmatrix}, F_6^5 = F_6 \begin{vmatrix} \cos \varphi_6 \\ -\sin \varphi_6 \\ 0 \end{vmatrix}.$$

Определим проекции момента активных сил

$$M_{N G_5}^5 = \check{r}_{c5}^5 G_5^5, M_{N F_6}^5 = \check{r}_S^5 F_6^5, M_{N G_{\check{A}_6}}^5 = \check{r}_{\check{N}\check{A}_6}^5 G_{\check{A}_6}^5,$$

$$r_{c5}^5 = \begin{vmatrix} d_5 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}, r_S^5 = \begin{vmatrix} 0 \\ -NS \\ 0 \end{vmatrix},$$

$$r_{c\check{A}_6}^5 = r_S^5 + A_{5,06} r_{c\check{A}_6}^{\check{A}_6} = \begin{vmatrix} 0,5SK \cos \varphi_6 \\ -NS - 0,5SK \sin \varphi_6 \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X_\gamma \\ -Y_\gamma \\ 0 \end{vmatrix}.$$

Составляя кососимметричные матрицы (3) и умножая их на проекции векторов, получаем

$$M_{N G_5}^5 = G_5 d_5 \begin{vmatrix} 0 \\ \sin \theta \\ -\cos \theta \end{vmatrix}, M_{N G_{\check{A}_6}}^5 = G_{\check{A}_6} \begin{vmatrix} Y_\gamma \sin \theta \\ X_\gamma \sin \theta \\ -X_\gamma \sin \theta \end{vmatrix},$$

$$M_{N F_6}^5 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -F_6 NS \sin \varphi_6 \end{vmatrix}.$$

Уравнения кинестатики для звена 5 имеют вид

$$V_{45}^5 + V_{65}^5 + G_5^5 + G_{\check{A}_6}^5 + F_6^5 = 0,$$

$$M_{N V_{45}}^5 + M_{N V_{65}}^5 + M_{N G_5}^5 + M_{N G_{\check{A}_6}}^5 + M_{N F_6}^5 = 0.$$

Из этих уравнений имеем

$$V_{45}^5 = \begin{vmatrix} P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 \\ G_6 + G_5 + G_{\check{A}_6} \cos \theta - P \cos \gamma - F_6 \sin \varphi_6 \\ G_6 + G_5 + G_{\check{A}_6} \sin \theta \end{vmatrix}; \quad (9)$$

$$M_{N V_{45}}^5 = \begin{vmatrix} -[G_6 NS + d_6 \cos \gamma - b_6 \sin \gamma + G_{\check{A}_6} Y_\gamma] \sin \theta \\ -[G_6 SA + d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma + G_5 d_5 + G_{\check{A}_6} X_\gamma] \sin \theta \\ G_6 SA + G_5 d_5 + G_{\check{A}_6} X_\gamma \cos \theta + P \times \\ \times NS \sin \gamma - SA \cos \gamma + F_6 NS \cos \varphi_6 \end{vmatrix}, \quad (10)$$

где первый столбец в (11) представляет собой движущий момент для звена 5.

Рассматривая далее звено 4 аналогично звену 6, получаем

$$V_{34}^4 = \begin{vmatrix} P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 \\ G_6 + G_5 + G_{\check{A}_6} - P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \cos \theta \\ P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \sin \theta \end{vmatrix}; \quad (11)$$

$$M_{\check{A} V_{34}}^4 = \begin{vmatrix} M_{\check{A}O}^4 R_{34} \\ M_{\check{A}Y}^4 R_{34} \\ Q_{\check{A}4} \end{vmatrix},$$

где

$$M_{\check{A}X}^4 P_{34} = - \left[G_6 \begin{pmatrix} NS + d_6 \cos \gamma - \\ -b_6 \sin \gamma \end{pmatrix} + G_{\check{A}_6} Y_\gamma \right] \sin \theta, \quad (12)$$

$$M_{\check{A}O}^4 R_{34} = \left\{ P [NS \sin \gamma - SA + l_4 \cos \gamma] + \right. \\ \left. + F_6 NS \cos \varphi_6 - l_4 \sin \varphi_6 \right\} \times \\ \times \sin \theta - 0,5 G_6 d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma \sin 2\theta,$$

где движущий момент звена 4

$$Q_{\check{A}4} = G_6 [SA + l_4 + d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma \sin^2 \theta] + \\ + G_5 d_5 + l_4 + G_{\check{A}_6} X_\gamma + l_4 + G_4 d_4 + \\ + \left\{ P [NS \sin \gamma - SA + l_4 \cos \gamma] + \right. \\ \left. + F_6 NS \cos \varphi_6 - l_4 \sin \varphi_6 \right\} \cos \theta. \quad (13)$$

Заменяя этот момент моментом, создаваемым усилием F_4 на штоке гидроцилиндра $\check{A}_4$, имеем

$$F_4 = Q_{\check{A}4} / h_4, \\ M_{\check{A} V_{34}}^4 = [M_{\check{A}X}^4 R_{34}; M_{\check{A}Y}^4 R_{34}, O]^T, \quad (14)$$

где h_4 — плечо силы F_4 относительно точки D .

Рассматривая далее подсистему, состоящую из звена 3 и двигателя $\check{A}_4$, аналогично предыдущей подсистеме звена 5, $\check{A}_6$, получаем

$$V_{23}^3 = \begin{vmatrix} P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 \cos \varphi + \\ + \left[\sum_{i=3}^6 G_i - P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \cos \theta \right] \sin \varphi + F_4 \cos \varphi_4 \\ - P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 \sin \varphi + \\ + \left[\sum_{i=3}^6 G_i - P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \cos \theta \right] \cos \varphi + F_4 \sin \varphi_4 \\ P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \sin \theta \end{vmatrix}, \quad (15)$$

$$M_{03}^3 V_{23} = \begin{vmatrix} M_{AO}^4 R_{34} \cos \varphi + M_{AY}^4 R_{34} \sin \varphi \\ -M_{AO}^4 R_{34} \sin \varphi + M_{AY}^4 R_{34} \cos \varphi \\ -P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \quad l_3 \sin \theta \\ Q_{A3} \end{vmatrix}, \quad (16)$$

где $\sum_{i=3}^3 G_i$ — сумма весов рассмотренных звеньев,

включая веса двигателей, установленных на них;

$$Q_{A3} = \left[\sum_{i=4}^6 G_i - P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \cos \theta \right] l_3 \cos \varphi -$$

$$- P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 \quad l_3 \sin \varphi + G_3 d_3 \cos \alpha +$$

$$+ G_{A4} \left(\frac{Y_{\varphi A} \sin \varphi +}{+ X_{\varphi A} \cos \varphi} \right) + F_4 \quad LB \cos \varphi_4 + O_3 L \sin \varphi_4, \quad (17)$$

$$X_{\varphi A} = O_3 L + 0,5BT \cos \varphi_4, \quad Y_{\varphi A} = LB - 0,5BT \sin \varphi_4.$$

Заменяя далее Q_{A3} моментом, создаваемым усилием F_3 на штоке гидроцилиндра $\ddot{A}_3$ и рассматривая подсистему, состоящую из колонны 2 и двигателя $\ddot{A}_3$, находим

$$V_{12}^2 = \begin{vmatrix} R_{12X}^2 \\ \sum_{i=3}^6 G_i - P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \cos \theta + \\ + F_4 \sin \varphi + \varphi_4 + F_3 \cos \varphi_3 \\ R_{12Z}^2 \end{vmatrix}, \quad (18)$$

$$M_{02}^2 V_{12} = \begin{vmatrix} P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \quad h + l_3 \sin \varphi - \\ -G_6 \quad NS + d_6 \cos \gamma - b_6 \sin \gamma - G_{A6} Y_{\gamma} \\ Q_{A2} + M_{00} \\ G_{A3} X_{\varphi} + F_3 \quad O_2 F \sin \varphi_3 + FE \cos \varphi_3 - \\ - [P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 + F_4 \cos \varphi + \varphi_4] \end{vmatrix} \sin \theta, \quad (19)$$

где

$$R_{12X}^2 = P \sin \gamma + F_6 \cos \varphi_6 + F_4 \cos \varphi + \varphi_4 - F_3 \sin \varphi_3, \quad (20)$$

$$R_{12Z}^2 = P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \sin \theta, \quad X_{\varphi} = FE - 0,5EC \sin \varphi_3,$$

h — высота колонны.

Здесь дополнительно учтен момент трения на опорной поверхности колонны, который равен

$$M_{00} = \frac{2}{3} f_{00} R_{2Y}^2 R_H \left(\frac{R_H}{R_H + R_B} + \frac{R_B}{R_H} \right), \quad (21)$$

где R_H, R_B — наружный и внутренний радиусы опорной поверхности (пятя).

Тогда движущий момент для звена 2 равен

$$Q_{A2} = \left\{ P \left[NS \sin \gamma - SA + l_4 + l_3 \cos \varphi \cos \gamma \right] + \right. \\ \left. + F_6 \left[NS \cos \varphi_6 - l_4 + l_3 \cos \varphi \sin \varphi \right] \right\} \sin \theta -$$

$$- 0,5G_6 \quad d_6 \sin \gamma + b_6 \cos \gamma \sin 2\theta - M_{00}. \quad (22)$$

Рассматривая, наконец, звено 1 (каретка) с двигателем $\ddot{A}_2$ и обозначая их общий вес через G_1 , находим

$$V_{01}^1 = \begin{vmatrix} Q_{A1} + F_{00} \\ G_M - P \cos \gamma + F_6 \sin \varphi_6 \cos \theta + \\ + F_4 \sin \varphi + \varphi_4 + F_3 \cos \varphi_3 \\ R_{12X}^2 \sin \psi + R_{12Z}^2 \cos \psi \end{vmatrix}, \quad (23)$$

$$M_{01}^1 V_{01} = \begin{vmatrix} M_{02X}^2 \quad R_{12} \quad \cos \psi - M_{02Z}^2 \quad R_{12} \quad \sin \psi \\ Q_{A2} + M_{00} \\ M_{02X}^2 \quad R_{12} \quad \sin \psi - M_{02Z}^2 \quad R_{12} \quad \cos \psi - G_1 d_1 \end{vmatrix}, \quad (24)$$

где G_M — общий вес манипулятора;

$M_{02X}^2 \quad R_{12}, M_{02Z}^2 \quad R_{12}$ — первый и третий элементы матрицы-столбца (19).

Здесь дополнительно учтена сила трения в поступательной паре каретка-базовая машина, которая равна

$$F_{00} = \pm f_{00} R_{01Y}^1. \quad (25)$$

Тогда движущая сила на штоке гидроцилиндра $\ddot{A}_1$ будет равна

$$Q_{01} = R_{12X}^2 \cos \psi - R_{12Y}^2 \sin \psi - F_{00}. \quad (26)$$

Полученные результаты позволяют провести прочностные расчеты звеньев, кинематических пар, сварных соединений, а также рассчитать передаточные механизмы двигателей и обоснованно выбрать их характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Умбеталин Т.С., Бакиров М.Ж. Кинематический анализ положений многоцелевого манипулятора // Труды университета. Караганда: КарГТУ, 2001. № 1. С 41–43.
2. Бакиров Ж.Б., Умбеталин Т.С. Формирование нагрузки на инструменте при ударном разрушении // Труды университета. Караганда: КарГТУ, 2000. №2. С. 23–25.
3. Механика машин / Под ред. А.А. Смирнова. М.: Высшая школа, 1998. 486 с.

УДК 622.232-52

Ю.М. СМЕРНОВ
Н.А. ЗАХАРОЧКИН

К определению параметров гидравлических ударных устройств

Имеющиеся к настоящему времени методы аналитических исследований режимов движения гидравлических ударных устройств отличаются значительной сложностью дифференциальных уравнений и их решений, множеством коэффициентов, учитывающих конструктивные и технологические особенности

устройств, а также неоднозначностью решений. Упрощение того или иного метода приводит к существенно искажению реальных физических процессов, происходящих в ударном устройстве, и, как следствие, к значительным погрешностям в результатах исследования.

Приведенный метод позволяет значительно упростить процесс исследования при сохранении физической картины протекающих в ударном устройстве процессов.

Как известно [1,2], рабочий цикл гидроударного низкочастотного устройства представляется в виде двух фаз: фазы обратного хода, когда боек запасает потенциальную энергию, и фазы рабочего хода, когда боек, разгоняясь, накапливает кинетическую энергию для передачи ее объекту воздействия.

Дифференциальное уравнение движения бойка в фазе обратного хода имеет вид

$$M\ddot{X} = D_A - D_A - F_C - R_C, \quad (1)$$

где M — масса бойка и приведенная к ней масса подвижных элементов;

P_B и P_A — соответственно результирующие силы, действующие на боек со стороны камер обратного и рабочего хода;

F_C — постоянная сила сопротивления;

R_C — сила сопротивления, линейно зависящая от скорости.

Согласно исследованиям [2] имеем:

$$\begin{aligned} D_A &= D_0 + \tilde{N}_f [V_0 t - X - X_0], \\ D_A &= -CX, \quad F_C = k_C R_m, \quad R_C = \mu \dot{X}, \end{aligned}$$

где P_0 — сила давления жидкости в камере обратного хода в момент подключения трансмиссии к камере;

C_H и C — соответственно коэффициенты жесткости трансмиссии и камеры рабочего хода;

V_0 — приведенная скорость жидкости в камере обратного хода;

X_0 и X — соответственно начальная и текущая координаты;

R_m — максимальная реакция отдачи;

k_C и μ — соответственно коэффициенты постоянного и вязкого сопротивления.

Приведем исходное выражение (1) к виду:

$$\ddot{X} + k^2 X + 2n\dot{X} = P_0^* + \frac{C_H V_0 t}{m_\delta (1 + \mu_\epsilon)}, \quad (2)$$

где $k^2 = \frac{C + C_H}{m_\delta (1 + \mu_\epsilon)}$; $2n = \frac{\mu}{m_\delta (1 + \mu_\epsilon)}$; $C = \frac{R_m (\epsilon - 1)}{\epsilon e_p}$;

$$P_0^* = \frac{P_0 + C_H X_0 - k_C R_m}{m_\delta (1 + \mu_\epsilon)}; \quad X_0 = \frac{e_p}{\epsilon - 1};$$

μ_ϵ — коэффициент приведенной массы жидкости;

m_δ — масса бойка;

ϵ — степень деформации рабочего тела в камере рабочего хода;

e_p — максимальная величина рабочего хода бойка.

Решение уравнения (2) предполагает три режима движения: $k > n$ — малое сопротивление; $k < n$ — большое сопротивление; $k = n$ — критическое сопротивление. Наиболее рациональным из них является случай $k > n$. В силу этого получим решение диффе-

ренциального уравнения (2):

$$X = e^{-nt} (C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) + \frac{8A_a (1 + \mu_\epsilon)}{k_\mu^2 a_1^2 R_m} \times \quad (3)$$

$$\times \left(k_p + \frac{C_0}{\epsilon} - k_c - C_0 W_0 \right) + \frac{C_0 W_0}{1 + C_0} v t;$$

$$\begin{aligned} \dot{X} &= -ne^{-nt} (C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) + e^{-nt} (C_1 k_1 \sin k_1 t + \\ &+ C_2 k_1 \cos k_1 t) + \frac{C_0 W_0}{1 + C_0} v, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{где } k_1^2 = k^2 - n^2; \quad a_1 = \frac{2R_m (\epsilon - 1)}{e_p \epsilon \mu} \sqrt{(1 + C_0)(1 + \mu_\epsilon)};$$

$$k_p = \frac{P_0}{R_m}; \quad C_0 = \frac{C_H}{C}; \quad W_0 = \frac{V_0}{v}; \quad k_\mu = \frac{R_c}{R_m} \text{ — без-}$$

размерные коэффициенты;

v — предударная скорость бойка.

Используя начальные условия фазы [$t = 0$;

$X = 0$; $\dot{X} = \alpha v$], где α — коэффициент восстановления скорости после соударения, и определив постоянные интегрирования, найдем текущие значения кинематических показателей фазы обратного хода:

$$\begin{aligned} X &= \frac{0,5e_p \epsilon}{(\epsilon - 1)(1 + C_0)} \left\{ (\alpha k_\mu [a_1]^2 - G_1) \times \right. \\ &\times (1 - e^{-nt} \cos k_1 t) + G_1 e^{-nt} \sin k_1 t \left. \right\} + \\ &+ \frac{C_0 W_0}{1 + C_0} v t, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \frac{\alpha(1 + C_0) - C_0 W_0}{(1 + C_0) \sqrt{[a_1]^2 - 1}} e^{-nt} v \left\{ (\cos k_1 t - \sin k_1 t) + \right. \\ &+ G_2 \sin k_1 t \left. \right\} + \\ &+ \frac{C_0 W_0}{1 + C_0} v, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{где } G_1 = \alpha k_\mu [a_1]^2 - 2 \left(k_p + \frac{C_0}{\epsilon} - k_c - C_0 W_0 \right);$$

$$G_2 = \frac{4([a_1]^2 - 1)(1 + C_0)}{k_\mu [a_1]^2 [\alpha(1 + C_0) - C_0 W_0]} \left(k_p + \frac{C_0}{\epsilon} - k_c - C_0 W_0 \right).$$

Полученные трансцендентные уравнения могут быть решены только совместно с уравнениями, определяющими кинематические показатели фазы рабочего хода.

Дифференциальные уравнения движения бойка в этой фазе имеют вид:

$$m_\delta \ddot{X} = R - R_c - F_c, \quad (7)$$

где R — движущая сила со стороны рабочего хода:

$$R = R_m - \frac{R_m (\epsilon - 1)}{e_p \epsilon} X.$$

После преобразований приведем выражение к виду

$$\ddot{X} + k_2^2 X + 2n_1 \dot{X} = \frac{R_m}{m_\delta} (1 - k_c), \quad (8)$$

$$\text{где } k_2^2 = \frac{R_m (\epsilon - 1)}{e_p m_\delta \epsilon}; \quad 2n_1 = \frac{\mu}{m_\delta}.$$

Выбирая режим малого сопротивления ($k_2 > n_1$),

получим решение дифференциального уравнения (8):

$$X = e^{-n_1 t} (C_3 \cos k_3 t + C_4 \sin k_3 t) + \frac{R_m(1-k_c)}{m_\delta k_2^2}, \quad (9)$$

$$\dot{X} = e^{-n_1 t} (-n_1)(C_3 \cos k_3 t + C_4 \sin k_3 t) + e^{-n_1 t} \times (-C_3 k_3 \sin k_3 t + C_4 k_3 \cos k_3 t), \quad (10)$$

где $k_3^2 = k_2^2 - n_1^2$.

После определения постоянных интегрирования с помощью начальных условий фазы $[t=0; X=0; \dot{X}=0]$ найдем уравнения, определяющие текущие кинематические показатели в фазе рабочего хода:

$$X = \frac{R_m(1-k_c)}{m_\delta k_2^2} \left[1 - e^{-n_1 t} \left(\frac{n_1}{k_3} \sin k_3 t + \cos k_3 t \right) \right]; \quad (11)$$

$$\dot{X} = \frac{R_m(1-k_c)}{m_\delta k_2^2} e^{-n_1 t} \left(\frac{n_1^2 - k_3^2}{k_3} \right) \sin k_3 t. \quad (12)$$

Для установления связи между кинематическими показателями обеих фаз зададимся конечными условиями каждой из них.

Для выражений (5) и (6): $[t=t_0; X=e_p; \dot{X}=0]$.

Тогда получим:

$$e_p = \frac{0,5e_p \varepsilon}{(\varepsilon-1)(1+C_0)} \left\{ (\alpha k_\mu [a_1]^2 - G_1)(1 - e^{-n_0 t_0}) \times \right. \\ \left. \times \cos k_1 t_0 + G_1 e^{-n_0 t_0} \sin k_1 t_0 \right\} + \frac{C_0 W_0}{1+C_0} v_{t_0}; \quad (13)$$

$$0 = \frac{\alpha(1+C_0) - C_0 W_0}{(1+C_0)\sqrt{[a_1]^2 - 1}} e^{-n_0 t_0} \left\{ (\cos k_1 t_0 - \sin k_1 t_0) + \right. \\ \left. + G_2 \sin k_1 t_0 \right\} + \frac{C_0 W_0}{1+C_0}. \quad (14)$$

Для выражений (11) и (12) конечными условиями являются

$$[t=t_p; X=e_p; \dot{X}=v].$$

Используя их, получим:

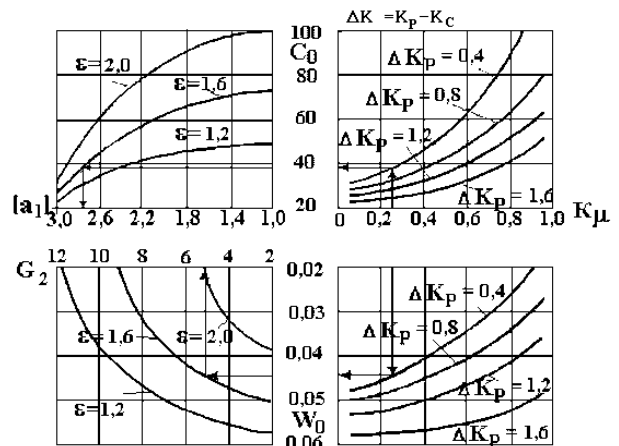
$$e_p = \frac{R_m(1-k_c)}{m_\delta k_2^2} \left[1 - e^{-n_1 t_p} \left(\frac{n_1}{k_3} \sin k_3 t_p + \cos k_3 t_p \right) \right]; \quad (15)$$

$$v = \frac{R_m(1-k_c)}{m_\delta k_2^2} e^{-n_1 t_p} \left(\frac{n_1^2 - k_3^2}{k_3} \right) \sin k_3 t_p. \quad (16)$$

Полученная система уравнений определяет внутренние параметры и выходные показатели гидравлического ударного устройства. Очевидно, что они определяются набором исходных данных, а также величинами безразмерных коэффициентов, введенных при исследовании.

В качестве исходных данных при исследовании гидроударных устройств принимаются: энергия единичного удара A_δ , предупредная скорость бойка v , максимальная реакция отдачи R_m . Эти величины оп-

ределяются технико-эксплуатационными условиями применения и изменены быть не могут. Для установления внутренних параметров на основании зависимостей (13...16) разработана номограмма (рис.).



Номограмма для выбора параметров гидроударной системы

Совокупность графических зависимостей номограммы показывает, что параметры гидроударного устройства находятся в тесной взаимосвязи, и отклонение одного из них от расчетной величины приводит к изменению всех других. Полученные зависимости дают возможность перебора параметров при установлении каждого конкретного режима движения. Границы перебора, естественно, зависят от технико-эксплуатационных показателей использования гидроударного устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков Л.С., Котылев Ю.Е., Кравченко В.А. Гидравлические машины ударного действия. М.: Машиностроение, 2000. 461 с.
2. Фролов А.В., Ешуткин Д.Н., Смирнов Ю.М. Режимы движения гидравлических машин ударного действия // ФТПРПИ, 1989. № 6. С. 23–31.

УДК 621.744

А.З. ИСАГУЛОВ
А.А. СМОЛЬКИН
Д.А. ИСАГУЛОВ

Воздушно-импульсное прессование песчано-глинистых форм

На Карагандинском литейном заводе детали «секция котлов» и отопительные радиаторы МС-90У изготавливают в песчано-глинистых смесях прессованием. Поверхность отливок имеет большой пригар.

Целью работы является получение отливок с чистой и тонкорельефной поверхностью и хорошей структурой. Была сделана попытка получить отливки радиаторов в песчано-глинистых формах воздушно-импульсным прессованием (ВИП-процесс).

Сущность ВИП-процесса заключается в том, что уплотнение производится обычной прессовой колодкой, но движущейся со скоростью $6 \div 8$ м/с (при контакте со смесью), т.е. колодка практически ударяет по свободной поверхности смеси. В результате за один удар происходит относительно равномерное уплотнение смеси по всей высоте формы. При ударе повышается давление воздуха, находящегося в порах смеси, образуются фильтрационные потоки в направлении вент в оснастке, что способствует снижению внешнего и внутреннего трения и повышению равномерности плотности смеси.

Существует несколько методов импульсного прессования:

- прессовая колодка движется вниз, а смесь с оснасткой неподвижна;
- смесь с оснасткой движется навстречу неподвижной прессовой колодке;
- смесь движется навстречу оснастке.

На механизм уплотнения процесса влияют: величина и форма ударного импульса; характер упругих колебаний оснастки и смеси; движение фильтрационных потоков внутрипорового воздуха; реологические свойства формовочных смесей. Наилучшим образом процесс происходит тогда, когда частота колебаний оснастки приближается к частоте собственных колебаний смеси. Это достигается изменением упругости (жесткости) элементов прессующего узла. Прессовая плита в этом случае служит своего рода генератором вынужденных колебаний. Экспериментально установлено, что жесткость модельной плиты должна составлять $70 \cdot 10^8$ Н/м, а опочной оснастки — не менее $30 \cdot 10^8$ Н/м.

При импульсном уплотнении по сравнению со статическим прессованием значительно ослабевают электронно-молекулярные связи, снижается напряжение в зонах контакта песчинок.

Исследования проводились на трех типах формовочных смесей. Смесь 1 имела следующий состав: отработанная смесь — 98%, кварцевый песок ИК02 — 1,38%, бентонит — 0,45%, каменный уголь (пыль) — 0,15%, крахмалит — 0,02%. Прочность на сжатие во влажном состоянии $17,5 \cdot 10^4$ Па, влажность — 4%, газопроницаемость — 110 ед. Смесь 2 состоит из: отработанной смеси — 29%, кварцевого песка ИК02 — 67,7%, огнеупорной глины — 3,3%. Прочность на сжатие во влажном состоянии — $5 \cdot 10^4$ Па, влажность

— 4%, газопроницаемость — 100 ед. Смесь 3 — жидкостеклянная смесь, состоит из 75% кварцевого песка ИК016, 10,5% маршалита, 6% огнеупорной глины, 7% жидкого стекла, 0,5% NaOH, 0,5% крепителя СКТ-II, 0,5% воды. Прочность сырого образца на сжатие $\sigma_{сж} = 4,1 \cdot 10^4$ Па, прочность на растяжение $\sigma_b = 196 \cdot 10^4$ Па, влажность — 4,5%, газопроницаемость — 70 ед.

Применялись производственная модельная плита радиатора, снабженная вентами $\varnothing 0,012$, $\varnothing 0,016$ м для выхода внутрипорового воздуха, и опоки с размерами $0,756 \times 0,676 \times 0,15$ м. Масса смеси — 120 кг со средней начальной плотностью $\delta_0 = 0,00098$ кг/м³. Отношение массы подвижных частей к массе смеси составляло $K = 3$.

Напряжения, возникающие в смеси при уплотнении ВИП-процессом в карманах формы, на стенках опоки, по контрладу формы и на моделях фиксировались датчиками напряжения. Замер шероховатости поверхности отливок производился на универсальном пертометре типа S4Bdz-4 с петрографом типа DWR-LP (ФРГ, фирма «Пертен»).

С целью выбора технологических параметров ВИП-процесса были проведены реологические исследования смесей. Реологические параметры формовочных смесей: интенсивность касательных напряжений T , интенсивность скоростей деформации $\dot{\Gamma}$ и среднее нормальное напряжение σ_{cp} определяли расчетным путем:

$$T = \sqrt{\frac{1}{6} [\sigma_1 - \sigma_2]^2 + [\sigma_2 - \sigma_3]^2 + [\sigma_3 - \sigma_1]^2}; \quad (1)$$

$$\dot{\Gamma} = \sqrt{\frac{2}{3} [\varepsilon_1 - \varepsilon_2]^2 + [\varepsilon_2 - \varepsilon_3]^2 + [\varepsilon_3 - \varepsilon_1]^2}; \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{нб}} = \frac{1}{3} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3. \quad (3)$$

Значения компонентов напряжений в направлении главных осей $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и линейные деформации смеси $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$, а также скорости деформации $\dot{\varepsilon}_1, \dot{\varepsilon}_2, \dot{\varepsilon}_3$ получали из осциллограмм.

Реологические исследования формовочных смесей проводились на приборе трехосного сжатия.

На рис. 1 показана зависимость, выражающая связь между интенсивностью касательных напряжений T и интенсивностью скоростей деформации $\dot{\Gamma}$. Эта зависимость показывает, что с ростом скоростей деформации интенсивность касательных напряжений снижается. Это объясняется тем, что в смеси с увеличением скорости деформации сдвига (скорости нагружения) происходят структурные тиксотропные изменения, приводящие к снижению динамической вязкости. Из этого графика видно, что с увеличением σ_{cp} существенно повышается сопротивление смеси формоизменению при любой скорости деформации. Жидкостеклянная смесь 3 труднее уплотняется, чем песчано-глинистая. При одних и тех же значениях среднего нормального

напряжения σ_{cp} интенсивность касательных напряжений выше у смеси 3, чем у смеси 2.

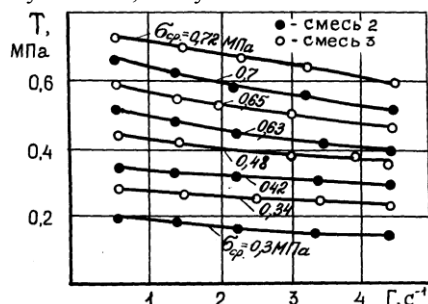


Рис. 1. Зависимость интенсивности касательных напряжений от скорости деформации

Для более качественного уплотнения формовочной смеси целесообразно применять большие скорости деформации.

На рис. 2 представлен характер влияния скорости нагружения и массы ударного узла на плотность формы при постоянной для различных смесей (смесь 1 и смесь 2) энергии удара $E_0 = 60$ Дж/кг. Из рис. 2 видно, что при значительно большей массе ударного узла $M_{уд} = 22 \div 24$ кг, но малой скорости нагружения наблюдается неравномерное уплотнение смеси в различных точках формы. В карманах формы (точки 1 и 2) отношение высоты модели (h) к зазору между стенкой опоки и моделью (b) равно соответственно 1 и 2. Верхние слои уплотняются значительно лучше, чем

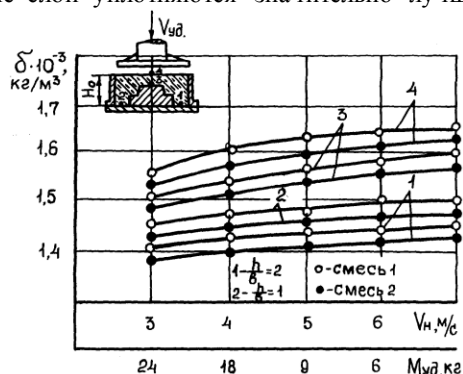


Рис. 2. Влияние скорости нагружения и массы прессовой колодки на плотность

нижние, плотность которых очень низка, особенно в узких зазорах модельной оснастки. С увеличением скорости, но неизменной для каждой скорости энергии удара, плотность в исследуемых точках возрастает до технологически необходимой, происходит выравнивание плотности по всему объему формы. При скорости нагружения $V_n = 7$ м/с увеличение энергии удара за счет изменения массы ударника повышает плотность смеси в форме, не ведет к переуплотнению верхних слоев. Значительное увеличение массы ударного узла при больших скоростях нагружения требует усложнения конструктивных параметров ударной установки и ведет к неоправданному увеличению энергозатрат. Наилучшим образом процесс уплотнения происходит тогда, когда частота колебания оснастки близка к частоте собственных колебаний смеси.

На графике (рис. 3) представлено изменение качественных показателей формы по высоте опоки в зави-

симости от скорости нагружения, но при постоянной энергии удара, равной 60 Дж/кг. Из рис. 3 видно, что с увеличением скорости возрастает равномерность уплотнения по высоте (смесь 2). Так, при скорости нагружения $V_n = 3$ м/с плотность и твердость формы по ладу значительно ниже, чем по контрладу, т.е. характер их распределения близок к прессованию. При $V_n = 7$ м/с плотность и твердость по высоте формы практически одинаковы. Некоторое снижение показателей формы в ее середине объясняется частичным гашением сжимающих волн, отраженных от контрлада. Измерения плотности и твердости, произведенные в различных точках формы, дали следующие результаты: (скорость нагружения $V_n = 7$ м/с) плотность смеси по ладу формы $\delta = 0,00166$ кг/м³, а твердость 90 ед. по контрладу формы $\delta = 0,00168$ кг/м³, $T = 91 \div 92$ ед. (приведенные результаты усреднены). Следует отметить, что кромки формы получаются очень четкими и ровными.

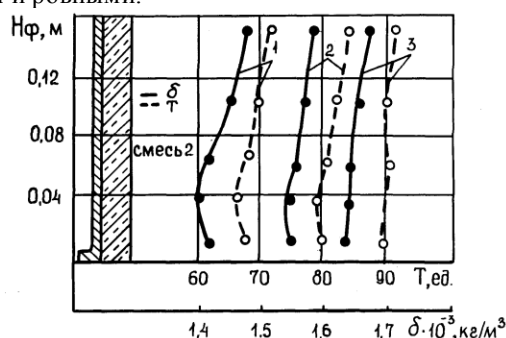


Рис. 3. Распределение показателей формы по высоте опоки

Анализируя эти зависимости можно отметить, что при $V_n = 3$ м/с наблюдается значительная неравномерность уплотнения смеси, особенно на высоте, примерно $1/3$ от лада формы. Наличие значительного разуплотнения на этом участке объясняется тем, что влияние реакции лада на этом расстоянии прекращается, а перемещение частиц смеси (деформация) заканчивается ранее, вызывая так называемое «заклинивание» смеси. Увеличение ударного воздействия приводит к повышению скорости перемещения частиц, значение «пиковой» деформации возрастает. Частицы смеси начинают проскакивать зону напряженного контакта, плотность смеси по высоте формы выравнивается.

В процессе экспериментальных исследований установлено, что для получения оптимальной плотности форм $\delta = 0,00167 \div 0,00168$ кг/м³ радиаторов необходима скорость нагружения, равная $6,5 \div 7$ м/с. При $V_n > 7$ м/с наблюдались трещины в расслоениях. Это объясняется повышенными значениями амплитуды колебаний, образованием значительных знакопеременных напряжений, приводящих к разрыву сплошности среды. Уплотнять формы до больших плотностей не рекомендуется из-за резкого ухудшения газопроводности формы. Оптимальной газопроводностью формы для песчано-глинистых смесей является $3000 \div 3200$ см⁵/г·мин.

Установлено, что плотность формы с отводом внутривоздуха из смеси на $0,00003 \div 0,00004$ кг/м³ больше, чем без вент в модельной оснастке. Экс-

перименты показали, что внутрипоровый воздух не следует удалять беспорядочно, т.е. количество вент и отверстий в оснастке должно быть ограничено, а их расположение целенаправленно. Венты должны располагаться на модельной плите, вокруг модели, в узких карманах между стенками моделей и опоки и в узких карманах модели. Такое расположение вент диктуется направленностью фильтрационного, воздушного потока сверху вниз и, по возможности, вблизи стенок моделей. При своем движении внутрипоровый воздух создает в смеси и по поверхности модели своеобразную смазку («воздушная подушка»), которая и снижает трение.

В работе исследовалась шероховатость поверхности чугунных отливок секций радиатора. Количественная оценка чистоты поверхности отливок производилась по профилограммам. Шероховатость поверхности измерялась в микрометрах (мкм). 1 мкм – 0,001 мм. Как видно из рис. 4, с увеличением плотности и твердости формы шероховатость поверхности отливок снижается по степенному закону. При $\delta = 0,0016 \text{ кг/м}^3$ шероховатость отливок, полученных в песчано-глинистой смеси равна $Rz_{отл} 120$, а из жидкостекольной смеси — $Rz_{отл} 100$. Экспериментально получена зависимость шероховатости поверхности жидкостекольной формы (смесь 3) от шероховатости поверхности отливки, которая имеет линейный характер.

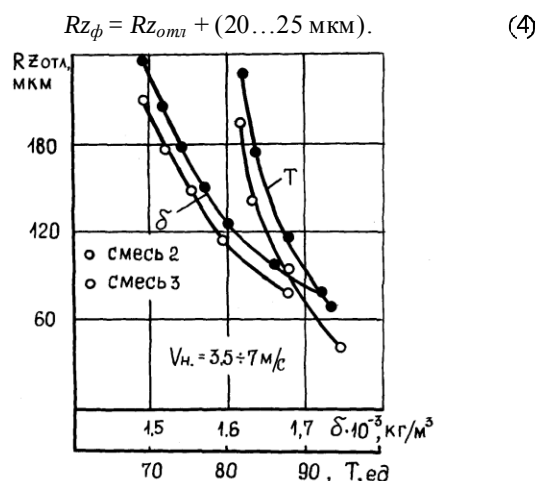


Рис. 4. Зависимость шероховатости формы от ее плотности и твердости

С целью исследования влияния удара на колебания фундамента были проведены эксперименты. Песчано-глинистая смесь (смесь 2) уплотнялась встряхи-

ванием со скоростью $V_{ст} = 1,12 \text{ м/с}$ и импульсным прессованием со скоростью колодки $V_n = 6,1 \text{ м/с}$.

Из представленной осциллограммы вибрации фундамента (рис. 5) видно, что амплитуда вибрации для встряхивания равна 0,62 мм, а для ВИП-процесса — 0,23 мм. При импульсном прессовании вся ударная нагрузка воспринимается непосредственно формовочной смесью, т.е. вся энергия поглощается смесью, в отличие от встряхивания, при котором происходит удар металла по текстолитовой прокладке.

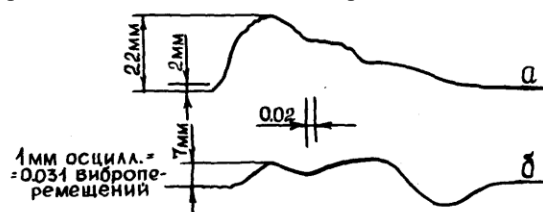


Рис. 5 Осциллограмма вибраций фундамента (1мм осциллограммы = 0,031 виброперемещений)

Исследовалось влияние ударной нагрузки при уплотнении смеси на модельно-опочную оснастку. Энергия, приходящаяся на 1 кг смеси, равна 60 Дж/кг. Установлено, что напряжение в смеси над моделью равно $(48 \div 50) \cdot 10^4 \text{ Па}$, а по контрладу формы $(62 \div 68) \cdot 10^4 \text{ Па}$. В силу низких удельных давлений прессования при ударном прессовании $(60 \div 70) \cdot 10^4 \text{ Па}$ и высоких скоростях деформаций $(3,5 \div 4 \text{ м}^{-1})$ боковое давление на стенки опоки менее $(35 \div 38) \cdot 10^4 \text{ Па}$. Следовательно, износ оснастки значительно меньший, чем при статическом прессовании и встряхивании.

Проведенные измерения уровня шума с помощью импульсного шумомера показал, что он при ВИП-процессе ниже, чем при встряхивании, и составляет порядка 70 Дб.

ВИП-процесс прошел широкое испытание в лабораторных и производственных условиях. На Карагандинском литейном заводе изготовлен и внедрен формовочный автомат воздушно-импульсного прессования. Экономический эффект от внедрения составил 3,5 млн. тенге в год. Внедрение этого процесса повысило чистоту поверхности отливок вилок, которая равна $Rz 74\text{--}80 \text{ мкм}$, производительность, а также улучшило санитарно-гигиенические условия труда в литейно-радиаторном цехе.

Преимущества процесса — минимальное время уплотнения, небольшой расход энергии, низкий уровень шума и универсальность.

УДК 621.791

И.А. БАРТЕНЕВ

Технологические особенности производства электросварных труб

В современном трубном производстве соотношение объемов выпуска бесшовных (прокатных) и сварных труб составляет примерно 1:2. Применяемые для этого методы сварки разнообразны: печная; газопрессовая; электродуговая под флюсом или в защитном газе; высокочастотная с контактным или индукционным подводом тока.

В таблице 1 приведены основные характеристики способов производства сварных труб.

В 1990-х годах в связи с нарушением экономических отношений стран СНГ и Казахстана в Карагандинской области было организовано трубное производство. Трубосварочные станы высокочастотной сварки пущены на предприятиях «КарВол», «Картру-

ба», РГТО и аргонодуговой сварки — на заводе НОММ. На этих предприятиях изготавливают стальные трубы диаметром от 20 до 129 мм с толщиной стенки от 2,5 до 6 мм.

Технология производства труб высокочастотной индукционной сваркой, применяемая на большинстве заводов, включает следующие основные операции:

- порезка рулонной стали на полосы (штрипсы);
- стыковая сварка концов рулонов штрипса в «бесконечный» штрипс;
- формовка штрипса в трубную заготовку;
- нагрев кромок заготовки в индукторе с обжатием их роликами, т.е. сварка;
- снятие грата резцами с движущейся трубы;
- охлаждение трубы и калибровка ее;
- порезка трубы на мерные изделия;
- контроль качества.

Сварка осуществляется путем нагрева кромок заготовки трубы в петлевом индукторе от высокочастотного генератора ($f = 440$ кГц) и последующего обжатия кромок шовосжимающими роликами (рис. 1). За счет поверхностного эффекта нагревается заготовка, а под действием эффекта близости дополнительно еще и кромки заготовки трубы. Выдавленный горячий грат снимается со шва резцами.

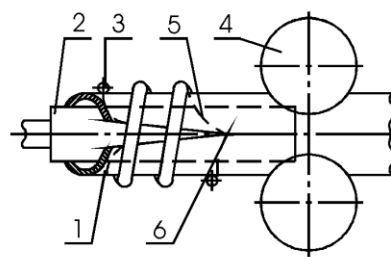


Рис. 1. Схема высокочастотной сварки с индукционным подводом тока: 1 — трубная заготовка; 2 — ферритовый стержень; 3 — индуктор; 4 — сжимающие валки; 5 — путь тока; 6 — точка схождения кромок

К преимуществам этой технологии следует отнести очень высокую скорость сварки — до 80 ... 100 м/мин, а в среднем — 30 ... 50 м/мин. Недостатками являются: большая потребляемая электрическая мощность, громоздкость оборудования, занимающего производственные площади в несколько сот квадратных метров, необходимость использования только рулонной штрипсовой стали, трудность управления качеством при таких больших скоростях сварки, частые остановки трубного стана, отсутствие защиты сварного шва.

На заводе нестандартного оборудования и малой механизации (НОММ) УД АО «Испат-Кармет» спроектированы, изготовлены и задействованы в производ-

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА СВАРНЫХ ТРУБ

Способ изготовления труб	Исходный продукт	Способ формовки заготовки	Способ сварки заготовки	Размер изготавливаемых труб, мм	
				диаметр	толщина стенки
Печная сварка на непрерывном стане	Штрипс в рулонах	Сворачивание в вертикальных формовочных валках	Сварка давлением в горизонтальных сварочных валках	10–114	2,36–4,7
Дуговая электросварка труб с прямым швом под слоем флюса	Лист мерной длины	Формовка на гибочных вальцах непрерывных станов или на гидравлических прессах	Дуговая сварка плавлением электродом под слоем флюса	426–1420	6–14
Дуговая электросварка труб со спиральным швом под слоем флюса	Горячекатанная лента в рулонах	Формовка в формовочном стане	Дуговая сварка под слоем флюса плавящимся электродом внутреннего и наружного шва	426–2500	4–25
Дуговая электросварка труб со спиральным швом, защита дуги инертным газом	Холоднокатанная лента	Формовка заготовки в стане	Сварка дугой неплавящимся электродом с защитой дуги аргоном	13–152	0,4–4,0
Высокочастотная сварка	Холоднокатанная или горячекатанная лента	То же	Нагрев кромок токами высокой частоты с контактным или индукционным подводом и сварка давлением	36–529	1,0–10,0
Плазменная сварка труб	То же	Формовка в трубоформовочном стане	Нагрев кромок заготовки плазменной горелкой и сварка с давлением сварочными валками	20–102	2–10
Дуговая электросварка труб с прямым швом; защита дуги инертным газом	То же	Формовка в непрерывном трубоформовочном стане	Сварка дугой при неплавящемся электроде с защитой дуги аргоном или гелием	6–426	0,4–5,0

стве три трубосварочных стана для выпуска труб диаметром 42,3, 60 и 89 мм с толщиной стенки 4 мм, а по отдельным заказам — 6 мм. Технологический процесс включает следующие операции:

- порезка стальных листов на полосы дисковыми ножницами;
- формовка трубной заготовки на формовочном стане;
- сварка трубы из заготовки на сварочном стане;
- правка и калибровка роликами сварочного стана;
- торцовка труб в специальном приспособлении;
- контроль качества.

Сварка выполняется расплавлением кромок движущейся трубной заготовки неподвижной аргонодуговой горелкой и обжатием кромок шовосжимными роликами (рис. 2). При этом инертный газ аргон надежно защищает сварочную ванну и сварной шов от окисления. Сварка ведется на токах 250 ... 300 А со скоростью 30 ... 60 м/ч.

Оригинальность и достоинства этого трубосварочного комплекса заключаются в том, что:

- 1) в качестве исходного материала используются стандартные листы, а не рулонный штрипс, поставляемый с металлургического комбината по специальным заказам;
- 2) автономное, но компактное размещение агрегата продольной резки листов, формовочного стана и трубосварочного стана;
- 3) небольшие размеры формовочного и сварочно-калибровочного станов при универсальности и переналаживаемости на все диаметры формовочного;

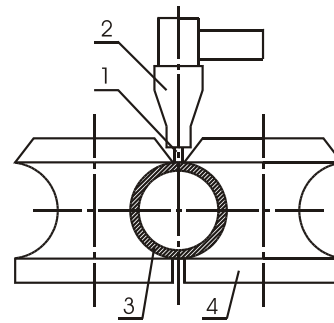


Рис. 2 – Схема аргоно-дуговой сварки труб:

1 — электрод; 2 — горелка; 3 — заготовка; 4 — валки

- 4) относительно небольшой расход электроэнергии трубосварочного стана, например, для трубы диаметром 60 мм и толщине стенки 4 мм расходуется 0,3 кВт·ч электроэнергии на 1 м шва против 40 ... 50 кВт·ч/м при высокочастотной сварке;
- 5) автоматическая сварка непрерывно идущих заготовок неплавящимся электродом в среде аргона, что позволяет сваривать трубы из высоколегированных сталей и цветных металлов;
- 6) 100%-й контроль труб под гидравлическим давлением 3,2 МПа или 6,4 МПа в зависимости от назначения труб;
- 7) возможность одновременного производства труб трех диаметров.

К недостаткам следует отнести сравнительно невысокую скорость сварки и отсутствие автоматического контроля качества сварки.

Дальнейшее развитие производства электросварных труб определяется их преимуществами перед бесшовными:

- более тонкая стенка и меньшая разностенность (в несколько раз);
- меньшее отношение толщины стенки трубы к ее диаметру (1 ... 2%) по сравнению с 4 ... 5% у бесшовных труб;
- большая непрерывность, механизация и автоматизация трубосварочного процесса, более доступная технология.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Друян В.М., Балакин В.Ф. Производство сварных труб. М.: Металлургия, 1981. 184 с.
2. Сварка особо тонкостенных труб / Под ред. Д.А. Дудко. М.: Машиностроение, 1977. 128 с.

ӘОЖ 622.273.3.5

Б.Т. БЕРКӘЛІ
Б.Ж. ХАМИМОЛДА
Р.Қ. ҚАМАРОВ

Тазалау блогының оңтайлы ұзындығын анықтау әдістемесі

Тазалау блогының оңтайлы ұзындығын анықтаушы белгілі әдістемелері интенсивті тау-кен жұмыстарының белгісіз көрсеткіштер мөлшеріне толығымен нәтижелі әсер ете алмайды. Ұсынылмақ әдістеме тазалау кенжарының тікелей жылжу жылдамдығының блок көрсеткіштеріне әсер етуін ескереді.

Жалпылай алғанда экономика-математикалық үлгі жұмсалған қаражат бойынша келесі түрде көрсетеді:

$$Z = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7, \text{ тг/т}, \quad (1)$$

мұндағы Z — блоктың ұзындығының өзгеруімен еске алынатын шығын қосындылары, тг/т;

C_1 — дайындық-тілме жұмыстарына жұмсалатын қаражат, тг/т;

C_2 — блоктағы кенді жеткізуге жұмсалатын қаражат (сырма құралғыларымен және тиіп-жеткізуші машиналармен жеткізуде), тг/т;

C_3 — блок бойынша тасыма горизонттағы материалдарға және кенді тасуға кететін шығын, тг/т;

C_4 — амортизациялауға және жабдықтарды (алдын ала) жөндеуге, инженерлі-техникалық және қосалқы жұмыскерлердің еңбек-ақысына кететін шығын, тг/т;

C_5 — тау-кен үңгілерін сақтауға жұмсалатын қаражат, тг/т;

C_6 — блок арасы кентірегіндегі металл шығындарының залалы, тг/т ;

C_7 — кен сұйылуы жыныстарын түсіруге, тиеуге, жеткізуге және жер бетіне тасып-шығаруға жұмсалатын өнімділігі емес қаражат, тг.

Шектеу ретінде көбінесе блок өлшемдері ұлғаюына қатысты тазалау кенжарын желдету мен кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігі нашарланатын шарттар ескеріліп, төмендегі формулалар қолданылады. Желдету факторы бойынша блоктың рұқсат етілген ұзындығы кенжарда істейтін адамдар санына, шаң мен газдың кеніш ауасына бөлінуіне, еңбектің ұйымдас-тырылуына байланысты және келесі формуламен анықталады

$$L_{\max} = X_{\max} l_y, \text{ м}, \quad (2)$$

мұндағы l_y — бұрғылаушының кенде жетілген еңбек өнімділігінің орындалуын қамтамасыз етуші блоктағы бөліктің ұзындығы, м;

$X_{\max}$ — жекеленген перфораторда жұмыс істейтін блоктағы бұрғылаушылардың барынша көп саны, адам

$$X_{\max} = \frac{V_{\max} S(n - n_0)}{\hat{a}_\delta}, \quad (3)$$

мұндағы $X_{\max}$ — жекеленген перфораторда жұмыс істейтін блоктағы бұрғылаушылардың барынша көп саны, адам;

$V_{\max}$ — тазалау кенжардағы желдеткіш ағынның рұқсат етілген барша жылдамдығы, м/с;

S — кенжардың қимасы, m^2 ;

n — кеніш ауасындағы шаңның рұқсат етілген жиналуы, mg/m^3 ;

n_0^1 — тазалау горизонтынан кенжарға жіберілетін ауада шаңның шоғырлануы, mg/m^3 ;

v_p — бір перфоратормен бұрғылауда бөлінетін шаңның мөлшері, mg/c .

Қауіпсіздендіру талабы бойынша блоктың барша ұзындығы кен жынысының физика-механикалық қасиетіне және тазалау кеңістігінің орнықтылық жалаңаштануына байланысты.

Мысал ретінде полиметалды кен орнын қазуда блоктың оңтайлы өлшемдерін анықтау жолдары қарастырылған. Күрт құламалы желіс типті кен денесінің 2-ден 10 ... 15 м-ге дейінгі қалыңдығы кенді қоймалау жүйесімен, ара қабаттық штрекпен және құрамды игерумен қазып алынады. Кенді опыру төтелі (скважиналы) және ұсақ төтелі. Кенді түсіруде және тиеуде тиеу машиналары, сырмақ және дірілдеткіш құралғылары қолданылады. Тазалау блогы параметрлерінің жүйелер көрсеткіштеріне сандық сынаудың нәтижелі әсер етуі үшін математикалық статистикалық әдістермен блоктық кен орнының фактілі материалдар қазымы анықталды. Кестеде тазалау жұмыстарының интенсивті технологиялық үдірістері мен тазалау блогы өлшемдеріне қатысты кенді сапалы шығару көрсеткіштеріне корреляционды тәуелділігін аппроксимиялаушы эмпириялық формулалар келтірілген. Кендерді сырмалы тартқыштар арқылы жеткізу үдірісін хронометраждық бақылау мәліметтерін математикалық өңдеу нәтижесінде, көліктеу ұзындығымен байланысты осы үдірістің өнімділігі мен өздік құны арасындағы

зандылығы анықталды. Қарастырылатын кен қазу жүйелері үшін қабылданған әдістемеге сәйкес блоктың ұзындығы өзгерген кезде келесі шығындар статьялары өседі немесе төмендейді:

– өрмеленің өткізуі мен жабдықтырына (жабдықтауына)

$$C_1' = \frac{\sum_{i=1}^n C_i^a}{mL\gamma R_u}, \partial \tilde{a} / \partial ; \quad (4)$$

– блок аралық діңгектердегі тілме жұмыстарына

$$C_1'' = \frac{C_i}{mLH\gamma R_u}, \partial \tilde{a} / \partial ; \quad (5)$$

– кен түсіргіш үңгінің өткізуі мен жабдықтырына (сырма құралғыларымен және тиеп-жеткізуші машиналармен жеткізуде)

$$C_1''' = \frac{C\delta}{mLH\gamma R_u}, \partial \tilde{a} / \partial ; \quad (6)$$

– сырма құралғысымен немесе жеткізу машинасымен кенді жеткізуге

$$C_2 = \frac{a+L}{\tilde{a}+RL}, \partial \tilde{a} / \partial ; \quad (7)$$

– блок бойынша тасыма горизонттағы материалдардың және кеннің тасымалдануына

$$C_3 = \frac{(\tau_o + \tau_e V)L}{2}, \partial \tilde{a} / \partial ; \quad (8)$$

– кенжар тобы жұмысшыларының арнаулы тамақтарына, қосалқы жұмысшылар мен ИТЖ жалақыларына, алдын ала жөндеуге және жабдыктардың амортизациялануына және т.б. (тазалау жұмыстарының интенсивтілігіне байланысты)

БЛОКТЫҢ ЖАЗЫҚТЫҚ АУДАНЫНА ТӘУЕЛДІЛІКТІ КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ИНТЕНСИВТІЛІГІ
(АҚША ТАУ КЕН ОРНЫН ИГЕРУ)

Көрсеткіштер	Тәуелділіктің түрлері		Корреляциондық өзара байланыс		Байланыстың беріктігі (сенімділігі)	
	Кенді қоймалап алу жүйесімен және ұсақ шпурлармен опыру	қазып алу жүйелерінің қосақталған түрімен	ұсақ шпурлармен опыру жүйелерінің варианты	қосақталған опыру жүйелерімен	ұсақ шпурлармен опыру жүйелерінің варианты	қосақталған опыру жүйелерімен
Кен жұмыстарының интенсивтілігі, м/айына	$\frac{172,6}{mL} + 1,54$	$\frac{794}{mL} + 0,12$	0,69	0,88	7,7	9,56
Тазалау қазбасының интенсивтілігі, м/айына	$\frac{216}{mL} + 2,61$	$\frac{1022}{mL} + 0,45$	0,87	0,72	20	10,0
Опырудың (копарудың) интенсивтілігі, м/айына	$5,2 + 0,014mL - 0,000013(mL)^2$	$\frac{3670}{mL} - 4,26$	0,79	0,94	10,6	20,7
Кенді сырмалы тартқышпен жеткізудің және түсірудің интенсивтілігі, м/айына	$\frac{1395}{mL} + 2,9$			0,58		4,8
Кенді құнарсыздандыру, %	$\frac{33,8}{i_e} - 1,65$	$\frac{20}{i_e} + 3,58$	0,96	0,92	46,6	25,9

$$C_4 = \frac{\sum_{i=1}^n n_i A_i \ddot{O}_i + \eta \sum_{i=1}^n n_i \ddot{O}_i + Z_{\ddot{O} \ddot{O}} + n_u t}{m L \gamma n_i R_u}, \ddot{O} \ddot{O} \ddot{O}; \quad (9)$$

– блок арасы кентірегіндегі шығындар залалы

$$\dot{O}_i = \frac{(\ell_i - Y) C_{\ddot{O}}}{m L R_u}, \ddot{O} \ddot{O} \ddot{O}; \quad (10)$$

– құнарысыздандудың залалы

$$\dot{O}_\delta = P R, \ddot{O} \ddot{O} \ddot{O}. \quad (11)$$

Кен сұйылуының тазалау жұмыстарының интенсивтілігіне тәуелділігі немесе шығарылуы кестеге сәйкес анықталады.

Блоктың оңтайлы ұзындығының экономика-математикалық үлгісі келесі түрде көрсетіледі:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \ddot{a} + \frac{C_i + C_\delta}{\ddot{a}}}{m L \gamma R_u} + \frac{a + L}{\ddot{a} + R L} + \frac{(\tau_\delta + \tau_\epsilon \gamma) L}{2} + \frac{\sum_{i=1}^n n_i A_i \ddot{O}_i + \eta \sum_{i=1}^n n_i \ddot{O}_i + Z_{\ddot{O} \ddot{O}} + n_u t}{m L \gamma n_i R_u} + \frac{(\ell_i - Y) C_{\ddot{O}}}{m L R_u} + \quad (12)$$

$$+ P R \rightarrow \min, \ddot{O} \ddot{O} \ddot{O},$$

кенді сырып жеткізуде

$$R = \frac{m L^2}{Z + \ddot{a} L}, \ddot{O} \ddot{O} \ddot{O}, \quad (13)$$

басқа жеткізу тәсілдерінде

$$R = K m L, \ddot{O}, \quad (14)$$

$$L < L_i, L < L_{\ddot{a}},$$

мұндағы C_δ — 1 м өрмелені өту және құрылыс шығыны, тг/м;

C_u — блок арасы кентіректеріндегі кесу жұмыстарының шығыны, тг;

C_p — кен түсіргіш үңгілдердің өткізу және жабдықтау шығындары (кенді сырып жеткізуде), тг;

m — кеннің қалыңдығы, м;

L — блоктың ұзындығы, м;

γ — кеннің тығыздығы (сілемдегі), т/м³;

R_u — блоктың кен қорын қазып шығару коэффициенті;

H — блоктың биіктігі, м;

i — кен жұмыстарының интенсивтілігі, м/айына;

t_p — 1 м ұзындықты блоктың кенін тасымалдауға кететін шығын, тг/(тм);

t_n — 1 м ұзындықты блоктың материалдарын тасымалдауға кететін шығын, тг/(м³м);

n_i, A_i — блоктағы «i»-тік типті жабдықтар саны мен амортизациялау шамасы;

$\ddot{C}$ — жабдықтардың жекеленген (бірлік) бағасы, тг;

h — жабдықтарды қолдануға және жөндеуге жұмсалатын қаражат, тг;

$Z_{ит.жс}$ — қосалқы жұмысшылар мен ИТЖ-дың жылдық жалақылары (блокқа бөлінген), тг;

n_u — арнаулы тамаққа рұқсаты бар блоктағы

жұмысшылардың саны;

t — бір жұмысшының арнаулы тамағына бөлінетін жылдық қаражат (шығын), тг;

n_m — бір жылда істелінетін жұмыстың айлық саны;

P — 1% мөлшердегі бос жыныспен араласқандағы 1т өндірістік кенді шығаруға, өңдеуге және тасымалдауға жұмсалатын қосымша қаражат, тг/т;

R — құнарысызданду, тг;

ℓ_i — блок арасы кентірегіннің ені, м;

Y — өрлеменің қимасы, м²;

C_u — блок арасы кентірегіндегі кен шығындарының залалы, тг/т;

a, ϵ, R, t, Z, K — нақтылы тау-геологиялық жағдайға қатысты кен қазу жүйесінен, кенді жеткізу мен шығару тәсілдерімен және тағы басқа байланысы бар тұрақты коэффициенттер;

$L_{\ddot{O}}, L_m$ — желдету мен қауіпсіздендіру жағдайына сәйкес блоктың рұқсат етілген барша ұзындығы, м.

1-формулаға қарасты көрсеткіштердің эмпириялық коэффициенті қолданылатын кен қазу жүйесіне, кенді жеткізу мен шығару тәсілдері механизацияларына және т.б. байланысты. Олардың шамалары статикалық мәліметтерді математикалық баптаудың (өңдеудің) арқасында анықталады. Былайша айтқанда, нақтылы кен жағдайларына байланысты кенді сырып жеткізуде коэффициенттердің мәндері мынаған тең: $a = 3,2$; $\epsilon = 146$; $R = 0,8$; $t = 10$; $Z = 1853$. «K» коэффициентінің шамасы тиіп-жеткізуші жабдықтардың түрлеріне және оның өнімділігіне байланысты анықталады. Анықтап қарау жағдайларында кенді қоймалап қазып алу жүйесіне қатысты

$$K = \frac{3,3}{\ddot{I}} \text{ і әі әññ } K = \frac{3,5}{\ddot{I} \epsilon n},$$

кенді скважиналап (төтелеп) опыру жүйесіне қатысты

$$K = \frac{2,07}{\ddot{I}} \text{ і әі әññ } K = \frac{1,03}{\ddot{I} \epsilon n},$$

мұндағы $\ddot{I}$ — кенді жеткізу мен шығару тәсілдері механизацияларының өнімділігі, т/сменасына;

$\ddot{I}_3$ — кенжар жұмысшысының өнімділігі, т/сменасына;

n — сменадағы жұмысшылардың саны.

Көрсетілген жағдайларда кен жұмыстарының осы заманға лайықты механизациялау деңгейі кезінде еңбек өнімділігінің фактілі көрсеткіштері ($\ddot{I}_3 = 4,5$ м³/адам-сменасына). Дірілдегіш түсіргішті және кенді жеткізушілерді қолданған кезде кенжар жұмысшыларының еңбек өнімділігі 6 ... 8 м³/адам-сағатын құрайды.

Оңтайлы ұзындықты анықтаушы экономика-математикалық үлгіні іске асыру ЭВМ ЕС 1022 қолдану арқылы жүзеге асырылды. Программа 12-формулаға кіретін барлық қосындыларды шығаруды қарастырды, яғни айтқанда әрбір фактордың ескерілетін шығын қосындыларымен және ескерілген параметр көрсеткіштеріне әсер ету дәрежесін бағалауды рұқсат етті. Суретте кен қазу жүйесінің жеткізу

мен шығару әдісінің және жұмсалған қаражаттың тілме мен кен дайындық жұмыстарына, ал кен қалыңдығының блоктың оңтайлы ұзындығына әсер етуі бейнеленіп, зерттеу жұмыстарының нәтижелері номограмма арқылы көрсетілген.

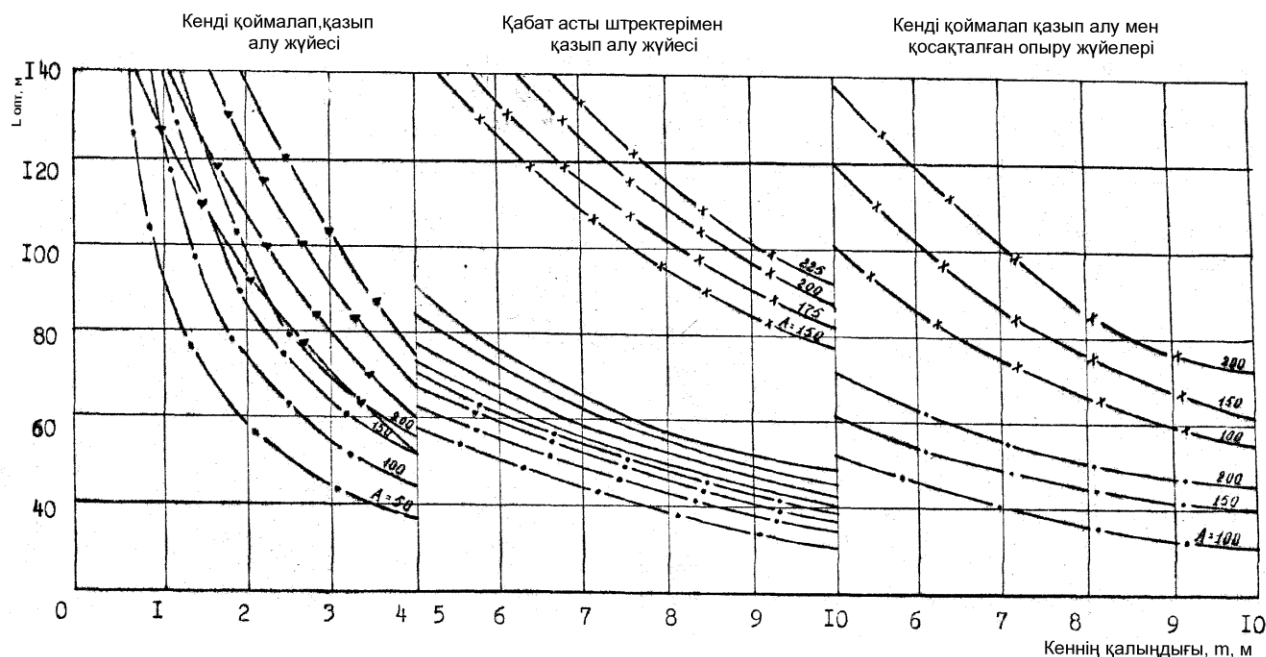
Зерттеу жұмыстарының нәтижелері мынаны көрсетті:

– тазалау жұмыстарының жылжу жылдамдығы блоктың оңтайлы ұзындығына әжептәуір әсер етеді (суретті кара);

– блоктың ұзындығы өскен жағдайда кенді қазу интенсивтілігі азаяды. Зерттелген кен қазу жүйесінің варианттары үшін блоктың өнімділігі іс жүзінде өзгермей бір деңгейде қалады.

Блоктың ұзындығын шектеуші фактор болып тазалау кеңістігінің ашылу тұрақтылығы саналады. Сынақ жұмыстары кезінде блоктың ұзындығы 100 ... 120 м шамасында болды. Кендердің жергілікті құлауын есепке алмағанда ұзақ уақыт арасында тазалау кеңістігінің ашылуы тұрақты қалпында қалды. Осы кен орнын өндіру тәжірибесінен, блоктың ұзындығын өсіргенде тазалау кеңістігінің бүйір жыныстары әсерінен қатты қысымға ұшырағаны белгілі. Бұл жағдайда жұмысшылардың тазалау кеңістігінде жү-

мыс істеуі өте қауіпті, әсіресе кенді қоймалап қазып алу жүйесі кезінде. Сондықтан кен жұмыстарын қауіпсіздендіру үшін блоктың барша ұзындығын 100 ... 120 м шамасында алуды біздер ұсынамыз. Сонымен қатар бұл жағдайда блоктың ұзындығының қысқартылуына себепкер кейбір тау-геологиялық факторларды (тұрақтылығы төмен жыныс учаскторін, тектоникалық кернеулерді және т.б.) ескеру қажет. Кен қазу жүйесі варианттарымен (кенді қоймалап алу жүйесімен және қазып алу жүйелерінің қосақталған түрімен) тікелей тазалау кеңістігінде тұрып жұмыс істейтін адам үшін блоктың барша ұзындығы желдету факторы бойынша жоғарыда келтірілген формулалармен анықталады. Былайша айтқана, кен орны тау-геологиялық (кеннің қалыңдығы) және кен техникалық (кен қазу жүйесі, механикаландыру тәсілдері, өтуге жұмсалған қаражаттар) жағдайларының өзгеруі параметрлер мөлшеріне елеулі әсер етеді. Бұл жағдайлардың басқа жағдайлармен салыстырғандағы ерекшеліктері, блоктың оңтайлы параметрлерін әрбір жеке кен орны учаскелері үшін анықтауды талап етеді. Қазу диапозондарының ширек өзгерген жағдайларында кен орнын игеру үшін бұл өте қажет.



Кендерді әртүрлі әдістермен жеткізу мен түсіру және кен қазу жүйелері үшін тазалау блогының оңтайлы ұзындығының кен қалыңдығына байланысты тәуелділігі (A — тау-кен дайындық пен тілме жұмыстарына жұмсалатын қаражат): — · — кенді сырып жеткізу; — — кенді люктік (ысырмалай) тиеу кезде; — — кенді тиеу машиналарымен тиеу кезде; — × — кенді діріл әдісімен тиеу кезде

УДК 622.831
Г.И. САМАРЦЕВ

Параметры процесса сдвижения подработанного массива при изменяющемся поле напряжений

Аналитическое изучение напряженно-деформированного состояния (НДС) анизотропного породного контура незакрепленной протяженной горной выработки заключается в решении задачи, исследующей невесомую бесконечную плоскость с отверстием, поперечное сечение которого, соответствуя изучаемой выработке, испытывает действие всех напряжений. Под

влиянием дополнительных напряжений, обусловленных проведением выработки вокруг выработанного пространства, образуются зоны пластических или квазипластических деформаций. Граница этой и упругой зон определяется решением дифференциально-интегральных уравнений взаимосвязи между напряжениями и деформациями. Решение этих уравнений любым из

численных методов имеет ряд трудностей, связанных с эффективностью и правильностью реализации алгоритмов и учета ошибок определения конкретных размеров и форм зон критических деформаций [1].

Для проверки таких решений используются аналитические решения более простых задач частного характера, например, определение НДС приконтурного участка массива горной выработки кругового сечения, что крайне важно при оценке его устойчивости. При этом с увеличением глубины расположения выработанного пространства в условиях предельного напряженного состояния вокруг выработки формируется неоднородная зона неупругих деформаций, которая учитывается с помощью приближенных выражений прочностных свойств горного массива какими-либо функциями [2,3]. Поэтому любая информация о количественной или о качественной стороне этих процессов может внести корректировку в принимаемые инженерные решения.

Изучение характера геомеханических процессов, вызванных разработкой месторождения полезного ископаемого, ограничено большим количеством причин. Эта задача инструментальными маркшейдерскими измерениями в комплексе с геофизическими методами на земной поверхности и в горных выработках имеет частичное решение. Характер деформирования массива, вмещающего полезное ископаемое, а следовательно и выработанного пространства, изучается в целом только на моделях из эквивалентного или оптически активного материалов. Так, если первым видом моделирования достигается в большей степени соответствие натуры и модели через величину коэффициента подобия, то получаемое однородное напряженно-деформированное состояние при соотношении между величинами главных напряжений σ_1 , σ_2 и σ_3 вида

$$\sigma_1 > \sigma_3 \neq \sigma_2 \quad (1)$$

возможно только при моделировании на оптически активных материалах поляризационно-оптическим методом, выполняемого на материалах конкретного разрабатываемого месторождения [4].

Полученная в результате моделирования картина изохром максимальных касательных напряжений $\tau_{\max}$ позволяет не только качественно, но и через коэффициент концентрации напряжения K_τ

$$K_\tau = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\max}^0}, \quad (2)$$

где $\tau_{\max}^0$ — максимальное касательное напряжение, возникающее вокруг выработок до начала ведения горных работ или с некоторого этапа, количественно оценить реальную картину реализации геомеханического процесса в упругой постановке задачи.

По графикам коэффициента K_τ поэтапно по мере отработки полезного ископаемого фиксируется картина изменяющегося НДС и определяется его характер.

При выполнении условия

$$\sigma_2 \neq \sigma_3 > \sigma_1 \quad (3)$$

влияние коэффициентов концентрации напряжений в вертикальной плоскости обусловлено влиянием максимального из действующих напряжений.

При соотношении вида

$$\sigma_2 > \sigma_1 \neq \sigma_3 \quad (4)$$

влияние K_τ как относительного критерия процесса разрушения уменьшается.

Если

$$\sigma_2 > \sigma_1 = \sigma_3, \quad (5)$$

то как частный случай

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 0. \quad (6)$$

При имеющем место на месторождениях соотношении вида

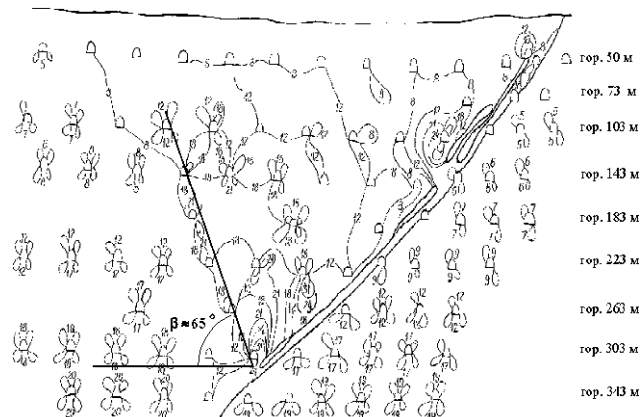
$$\sigma_3 > \sigma_1 \neq \sigma_2 \quad (7)$$

или

$$\sigma_3 > \sigma_1 = \sigma_2 \quad (8)$$

величина $\tau_{\max}$ принимает отрицательное минимальное значение, но на величину относительного критерия $K_{\tau \max}$ выражения (7) и (8) не оказывают влияние.

По результатам моделирования граница ожидаемых сдвижений и деформаций подработанного квазиоднородного массива пород, которому присущи и упругие свойства, определяется по изменяющейся картине изохром (рис.). На рисунке видно, что после отработки участка рудного тела сдвижение вышерасположенной породной толщи происходит с известным и прогнозируемым смещением в сторону выработанного пространства. Но если это ожидаемо, то определение размеров зоны сдвижений и деформаций в массиве горных пород является одной из постоянно изучаемых задач геомеханики.



Картина изохром, возникающих при отработке модели их оптически активного материала (5–31 — порядковые номера цветов)

Если эту область оконтуривать прямыми линиями, соединяющими границу выработанного пространства с границей зоны простого или опасного влияния подземных разработок на земной поверхности, то для определения границ зоны (мульды) сдвижения требуется организация и проведение длительных и систематических инструментальных наблюдений, тогда как по изменяющейся картине изохром выделяется область влияния подземных разработок. Эта область оконтуривается криволинейной поверхностью, которую по аналогии с рекомендациями инструкций по наблюдениям можно заменить прямой линией. Угол, под которым проведена эта линия, $\beta \sim 65^\circ$, что близко по величине с углом разрывов, полученным по ре-

зультатам инструментальных наблюдений [6].

Под этим углом, вычисляемым по формуле,

$$\beta \approx 45^\circ + \frac{\rho}{2}, \quad (9)$$

располагается одна из двух взаимно пересекающихся площадок сдвига (скольжения), которая возникает при выполнении соотношения между главными напряжениями вида [1]

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3. \quad (10)$$

Но в нашем случае угол β отсчитывается от горизонтальной линии, параллельно которой действует два других главных напряжения σ_2 и σ_3 при соотношении между ними вида (3) или ему подобных.

По величине угла β , определяемого по формуле

(9), устанавливается подобие напряженных полей природы и модели, отвечающее соотношению вида (10), что позволяет оценивать не только качественно геомеханические процессы, но и количественно, естественно ограничиваясь рамками упругой постановки задачи для квазиконтинуальной среды. Кроме того полученные данные позволяют получать количественные характеристики поведения подработанного и надработанного массива. Эта информация необходима для решения определенного круга горнотехнических задач и, в частности, выбора рационального местоположения (заложения) горной выработки, обеспечивающей ее долгосрочное безремонтное содержание в течение предусмотренного технологией срока существования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фисенко Г.Л. Предельное состояние горных пород вокруг выработок. М.: Недра, 1976. 272 с.
2. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Пластичность горных пород. М.: Недра, 1979. 301 с.
3. Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявлений горного давления. М.: Недра, 1982. 92 с.
4. Самарцев Г.И., Юнаков Ю.Л. Напряжение вокруг выработок в процессе отработки сближенных рудных тел и о прогнозе их устойчивости // Сдвигение горных пород и земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых. Караганда: КарПТИ, 1984. С. 122–126.
5. Юнаков Ю.Л., Самарцев Г.И. Процесс сдвигения горных пород при отработке залежей ограниченного простирания // Сдвигение горных пород и земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых. Караганда: КарПТИ, 1984. С. 96–100.

УДК 622.238.8

Т.Е. ЕРМЕКОВ
Т.У. САРСЕМБАЕВ
М.К. ИБАТОВ

Разрушение угля выемочным манипулятором — многофакторный случайный динамический процесс

Работа выемочных машин осуществляется в условиях стохастически меняющихся внешних динамических воздействий, обусловленных изменением в пространстве свойств разрушаемых пластов и во времени режущей способности элементов, с учетом динамики за счет внешних воздействий.

Управление выемочным манипулятором осуществляется изменением параметров режима работы, для чего необходимо знать закономерности, связывающие эти меняющиеся параметры с внешними динамическими факторами [1,2]. Процесс разрушения является сочетанием отделения угля от массива и удаления его из зоны резания. Одни и те же параметры резцовых коронок по-разному влияют на эти процессы. Поэтому задача выбора параметров резцовых коронок выемочных манипуляторов является по постановке оптимизационной. Параметры режима работы выемочной машины определенным образом должны быть согласованы с режимами других операций по отбойке угля. В этой связи могут рассматриваться оптимальные режимы постоянной и переменной производительности, при которых должны обеспечиваться наилучшее использование веса и мощности выемочного манипулятора, заданная сортность, наименьшее пылеобразование.

Таким образом, расчет параметров и выбор режима работы резцовых коронок выемочных манипуляторов не может быть осуществлен путем однозначного решения. Необходимо рассмотреть полную систему взаимо-

связей и избрать алгоритм решения с учетом динамики, обеспечивающей получение оптимальных показателей. С этой целью была предложена схема (рис.) описания процесса разрушения, согласно которой вся совокупность факторов (параметров) разделена

– на входные — совокупность показателей ($[X] = X_1, X_2, \dots, X_m$), характеризующих угольный пласт как объект разрушения. Значение параметров этой группы, обычно находящихся в определенном диапазоне ($X_{i \min} < X_i < X_{i \max}$), в случае необходимости могут быть представлены статистическими характеристиками;

– выходные ($V = V_1, V_2, \dots, V_m$), характеризующие результаты процесса разрушения (производительность, сортность, энергоемкость, удельный расход инструмента, уровень пылеобразования и т.д.). При расчете параметров процесса разрушения показатели этой группы ($V_{i \min} < V_i < V_{i \max}$) выступают в качестве целевых функций или технологических и экономических ограничений;

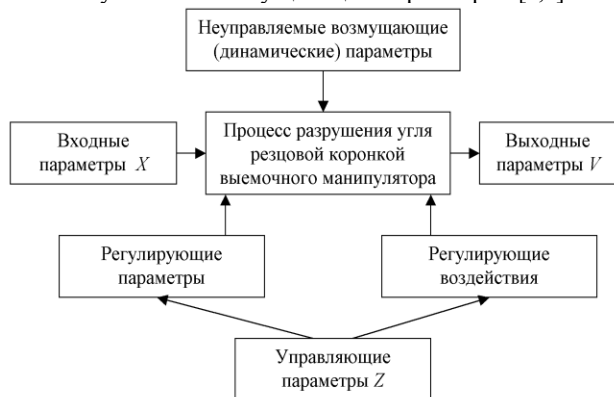
– управляющие — совокупность показателей ($Z = Z_1, Z_2, \dots, Z_m$), характеризующих технические возможности выемочной машины. Управляющие параметры ($Z_{i \min} < Z_i < Z_{i \max}$) в свою очередь могут быть разделены:

– на регулирующие параметры (мощность привода, показатели прочности, характеристики устойчивости), рассчитываемые при конструировании и не из-

меняемые в процессе работы. При выборе режима работы действующих манипуляторов они выступают как технические ограничения ($Z_i \leq Z_{i\text{зад}}$ или $Z_i \geq Z_{i\text{зад}}$);

– регулирующие воздействия (скорости подачи и резания, число резцов в линии резания, ширина захвата и т.д.), которые могут меняться в процессе работы или при подготовке к ней. Задача оптимального поиска заключается в нахождении законов изменения регулирующих воздействий, обеспечивающих получение лучших выгодных параметров;

– неуправляемые (случайные) динамические возмущающие параметры. Процесс разрушения всегда сопровождается возмущающими воздействиями, имеющими случайный динамический характер. Даже при оценке входных параметров вероятностными характеристиками и законами не исключено возникновение возмущения, лежащего за пределами принятого статистического распределения и приводящего к аварийной ситуации. В связи с этим возникают важные задачи по разработке вероятностных моделей, совокупно учитывающих действие детерминированных и случайных возмущающих параметров [1,2].



Предложенную схему можно использовать при решении некоторых групп задач.

1. Зависимости параметров выходной группы от входных параметров $V = \varphi_1 X$ при $Z = \text{const}$. Для выемочных манипуляторов данного типа (т.е. с известными управляющими параметрами $Z_{i\text{зад}}$) определяются значения параметров выходной группы $[V_i]$ при различных значениях входных параметров $[X_i]$. Наиболее важной из задач этой группы является определение возможной производительности выемочного манипулятора в конкретных условиях эксплуатации.

2. Зависимости параметров выходной группы от управляющих параметров $V = \varphi_2 Z$ при

$X = \text{const}$. Такие задачи возникают при оценке возможной производительности (сортности, энергоемкости и т.д.) вариантов проектируемых выемочных манипуляторов в конкретных условиях по разрушаемости.

3. Зависимости управляющих параметров от входных $Z = \varphi_3 X$ при $V = \text{const}$, что позволяет при проектировании отыскать наиболее вероятное значение управляющих параметров для различных сочетаний входных параметров, например, значений крутящих моментов и потребляемой мощности на углях различной сопротивляемости резанию.

4. Зависимости параметров выходной группы от совместного действия входных и управляющих параметров $V = \varphi_n X \cdot Z$. Зависимость этой группы позволяет в общем случае найти оптимальное решение: для любого X_i из области $X_{i\text{min}} - X_{i\text{max}}$ найти Z_i из области $Z_{i\text{min}} - Z_{i\text{max}}$ при которых $V_i = V_{i\text{до}}$.

Таким образом, предложенная многофакторная схема позволяет отдельно и в совокупности анализировать все связи, присущие процессу разрушения, рассчитывать нагрузки, производить выбор оптимальных параметров режима работы выемочных и проходческих манипуляторов и комбайнов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагинов А.С., Квон С.С., Ермеков Т.Е. Флангово-фронтальная выемка пластовых месторождений. Алма-Ата: Наука, 1983. 280 с.
2. Ермеков Т.Е., Сарсембаев Т.У., Несипбаев Ж.С. Динамика горных и транспортных машин. Караганда, 2001. 145 с.

УДК 622.28.04–75

Г.С. ЖЕТЕСОВА

Деформации элементов конструкций секций механизированных крепей

Исследования показывают, что в сварных швах, соединяющих детали конструкций секций механизированных крепей, и вблизи швов имеются высокие растягивающие остаточные напряжения. Остаточные напряжения, как и напряжения от внешних нагрузок, распространяются в пределах значительного объема материала. Концентрация напряжений, возникающая в нагруженных элементах конструкций секций механизированных крепей, оказывает существенное влияние на развитие разрушения сварных конструкций, особенно при наличии ударных нагрузок.

Сварка вызывает искажение размеров и формы элементов сварных конструкций секций механизиро-

ванных крепей, их укорочение, изгиб, потерю устойчивости, закручивание. Эти искажения выражаются в перемещениях, которые зависят от формы сварной конструкции, расположения сварных швов, их геометрических параметров, а также толщины металла. Кроме того, изменение свойств материала в сварном шве и околошовной зоне, а также повреждения деформационного происхождения и дефекты оказывают значительное влияние на прочность сварных конструкций.

В силу неоднородности металла зоны сварного шва и концентрации определенно ориентированных сварных напряжений в этой зоне деформируемость и несущая способность сварных соединений конструк-

ций секций механизированных крепей при усталостных и ударных нагрузках зависят от внешней силы. В результате сварки и остывания в основном металле зоны шва возникают коренные изменения структуры и механических характеристик основного металла этой зоны. Околошовные зоны являются слабыми участками в сварных соединениях, зонами термического влияния и сплавления, которые в результате сварки изменяют свои механические свойства. Недостаточная прочность сварного соединения снижает несущую способность всей конструкции и не позволяет полностью использовать рабочие сечения ее элементов.

Вследствие недостаточного сопротивления крепи в периоды весьма интенсивных осадок наступает разлом и значительное смещение кровли, которые сопровождаются деформацией, приводящей к разрыву козырька (рис. 1), и обрушением пород кровли в призабойное пространство. Жесткость системы «кровля-крепь-почва» снижается из-за несовершенства конструкций элементов механизированных крепей. Ввиду того, что механизированные крепи работают в условиях знакопеременных нагрузок [1], то они подвергаются значительным изгибающим и скручивающим моментам и ударным нагрузкам, вследствие чего элементы конструкций разрушаются. На рис. 1. приведен наиболее распространенный вид деформации козырьков механизированных крепей. Обычно она возникает в местах сваривания элементов, так как прочность соединения меньше, чем прочность основного металла деталей [2, 3].

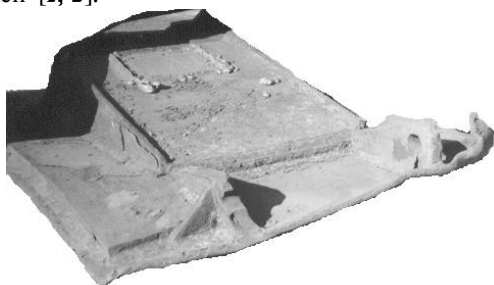


Рис. 1 Деформации козырька крепи 2ОКП70К

В периоды усиленных давлений, сползания угля, высыпания породы происходят наибольшие деформации и поломки крепей. В эти периоды обрушившиеся породы достаточно плотно облегают перекрытия крепи. Крупные глыбы создают большие сосредоточенные нагрузки, что приводит к сдавливанию и разрушению перекрытия [4, 5].

На рис. 2 приведены деформации перекрытий крепи 2ОКП70К. Практически невозможно получить сварное соединение, равнопрочное с основным металлом, без трещин и без снижения пластичности в околошовной зоне. Известно, что в сварной конструкции не должно быть большого числа сварных соединений, они должны быть прямолинейными и непрерывными по всей длине [3]. В противном случае возникают разрушения конструкций в результате концентрации напряжений, усталостной деформации, хрупкого разрушения и т.д.

По мере передвижки секций крепи крупноблочные структурные элементы кровли сползают с поддерживающей части перекрытия на оградительную.

Их проседание вызывает динамическое нагружение элементов ограждения и некоторые виды деформации последних (рис. 3). Ограждение крепи представляет собой сложную пространственную сварную конструкцию. Приведенные на рис. 3 виды деформаций наиболее часто встречаются в практике.

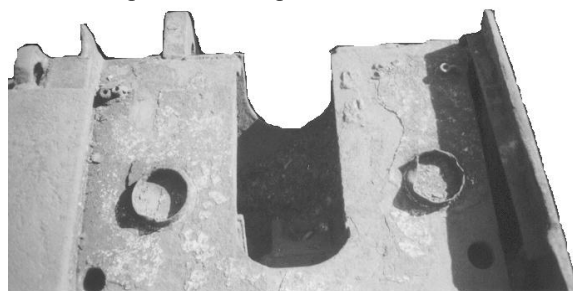


Рис. 2. Деформации забойной части перекрытия

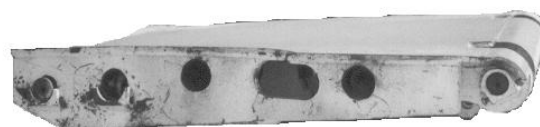


Рис. 3. Деформация ограждения крепи

Материал конструкции ограждений — легированные стали. Они обладают ограниченной свариваемостью. Поэтому конструкции из легированных сталей сваривают многослойной сваркой, в которых воздействие термического цикла влечет за собой существенные изменения свойств металла [6].

Ввиду неравномерности нагружения секций крепи, обусловленной различными причинами (нерегламентированными критическими нагрузками, неравномерной работой клапанов, разными условиями контактирования с породами и т.д.), коробчатая конструкция перекрытия испытывает скручивающие усилия. Как следствие, возникают значительные деформации проушин траверс механизированных крепей, их изгиб, а нередко и отрыв (рис. 4). Однако необходимо

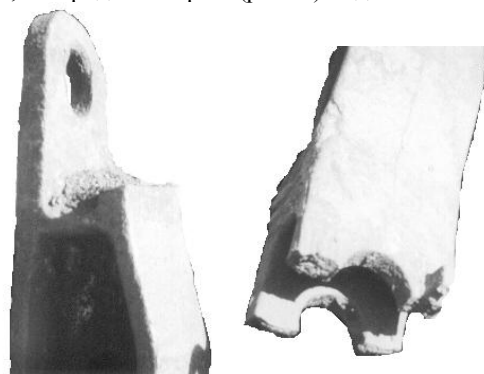


Рис. 4. Деформации проушины траверсы крепи 2ОКП70К

отметить, что не все элементы крепей изнашиваются одинаково. В большинстве случаев деформациям подвергаются боковые листы перекрытий, проушины перекрытий, оснований и траверс, а также верхние и нижние листы перекрытия, которые отрываются по сварочным швам.

Любая современная механизированная крепь рассчитана на четырехгодичный безремонтный срок службы. Затем, после ее 75% восстановления срок службы увеличивается до 7 лет, что влечет за собой увеличение ее первоначальной себестоимости в 1,75 раза. При применении литых элементов в конструкциях механизированных крепей стоимость металла увеличивается

на 50–60% по сравнению со сварными конструкциями. При этом увеличивается срок безремонтной службы крепи до 8–10 лет и, как следствие, уменьшаются затраты на ее производство. Расчленив излишне крупные отливки на несколько частей или сложную деталь на менее сложные и мелкие составные части, можно более экономично отлить эти части, а затем сварить их в общий узел. Такие конструкции позволяют в одном узле комбинировать заготовки из металла разных марок. Примером могут служить литые основания модифицированной крепи М87, уже в течение 40 лет не подвергавшихся конструктивному изменению ввиду удачно выбранной литой конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проявление горного давления в очистных выработках при применении механизированных крепей / С.Т. Кузнецов, А.А. Орлов, Ф.П. Глушихин и др. М.: Недра, 1966. 318 с.
2. Альтер И.М., Нургужин М.Р., Кузнецов Л.М. Металлоконструкции механизированных крепей. Алматы: Гылым, 1991. 128 с.
3. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. и др. Проектирование заготовок в машиностроении. Киев: Высш. шк., 1991. 247 с.
4. Бурчаков А.С., Гринько Н.К., Черняк И.Л. Процессы подземных горных работ. М.: Недра, 1982. 424 с.
5. Жетесов С.С. Совершенствование процессов угледобычи на мощных пологих пластах. Алма-Ата: Наука, 1980. 240 с.
6. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-метод. пособие в 3-х книгах. М.: Машиностроение, 1977.

УДК 622.831.22:622.063.54

В.С. ХАРЬКОВСКИЙ
В.Ф. ДЕМИН
Т.В. ДЕМИНА

Исследования по предупреждению проявлений горного давления при отработке мощных угольных пластов

Структура аварий, вызываемых опасными проявлениями природных факторов на шахтах Карагандинского угольного бассейна при сложившихся технологиях ведения очистных работ, следующая: 80% аварий — из-за обвалов и обрушений, из-за выделения метана — 8%, из-за эндогенных и экзогенных пожаров — 7%, из-за внезапных выбросов угля — 3,8%, высыпаний породы в призабойное пространство — 1%, поступления воды в забой — 0,2% [1].

Учет во взаимосвязи все усложняющихся условий разработки требует комплексного подхода к снижению неблагоприятного влияния этих факторов. При этом преимущество отводится основным влияющим осложняющим разработку факторам, чтобы с минимальным ущербом преодолеть их влияние на уровень эффективности функционирования технологической схемы с обеспечением приемлемых показателей по добыче.

К основным осложняющим факторам, влияющим на выполнение рабочих процессов непосредственно в лаве, относятся: сложная геометрия пласта, не позволяющая вписать в ее конфигурацию механизированного комплекса; неустойчивая кровля и слабые породы почвы; трудноуправляемая кровля, требующая проведения специальных мероприятий; необходимость перехода горных выработок и преодоления тектонических нарушений; повышенная газоносность пласта, требующая выполнения мероприятий по борьбе со скоплением газа; отработка водонасыщенных участков выемочных столбов; самовозгораемость углей; склонность угольного пласта к газодинамическим явлениям; отработка участков с повышенным

горным давлением и с интенсивным пучением почвы горных выработок.

Обвалы и обрушения — наиболее частый вид аварий с тяжелыми последствиями. Характер обрушения кровли, подработанной при очистной выемке, зависит в основном от характеристики вмещающих пород (физико-механические свойства, слоистость, трещиноватость и др.) и угольного пласта (глубина разработки, мощность и угол падения, крепость угольного массива, нарушенность, обводненность), горно-технических условий (система разработки, длина очистного забоя, способы выемки и управления кровлей, применяемая крепь, ширина призабойного пространства, скорость подвигания забоя). Такая многофакторная система трудно поддается инструментальному или аппаратному прогнозированию по аварийным состояниям, что требует построения многомерной модели анализируемого явления на основе статистического материала.

Для исследования состояния забоя и кровли пластов в процессе выемки угля были приняты лавы по мощным пластам К12 (мощность от 6,9 до 8,5 м), К10 (мощность от 3,6 до 4,8 м) и К2 (мощность от 4,6 до 5,2 м). Применительно шахты им. Костенко УД АО «Испат-Кармет», являющейся ведущим предприятием Карагандинского угольного бассейна на момент исследований, мощный пласт К12 отрабатывался в два слоя одновременно (с постоянным опережением лавы верхнего слоя на расстояние не менее 40 м.), лавами 46 К12 — 1,2–3. Длина лавы по падению 180–202 м. Длина столба — 2100 м. Вентиляционные промежуточные штреки 46 К12 — 1,2–3 пройдены вприсеч-

ку с оставлением угольного целика от 0,5 до 4 м. Лавы были оборудованы механизированными комплексами КМ-130 с комбайнами КП-3М. Вынимаемая мощность пласта в лаве 46 К12 — 1-3 составила в среднем 3,2 м; в лаве 46 К12 — 2-3 средняя вынимаемая мощность составила 3,3 м.

Технологическим паспортом выемки угля предусматривалось оставление защитной пачки в кровле пласта мощностью 0,2 м, межслоевой пачки мощностью 0,4 м и защитной пачки в почве пласта мощностью 0,1 м. Управление кровлей в обеих лавах производилось путем полного обрушения вслед за передвижением секций механизированной крепи.

В кровле лавы верхнего слоя, поверх защитной пачки угля мощностью 0,2 м, залегает пачка аргиллита мощностью 0,2 м и затем пачка угля мощностью 0,4 м, являющейся ложной кровлей.

В непосредственной кровле пласта К12 залегают слабо трещиноватые аргиллиты, плотные, имеющие прочность на сжатие 18–28 МПа. Мощность аргиллитов в кровле пласта изменяется от 0 до 12–15 м.

Основной кровлей пласта являются песчаники мощностью до 35–40 м. Над непосредственной кровлей залегают крепкие песчаники с пределом прочности на одноосное сжатие до 70 МПа, что крайне отрицательно сказывается на управлении кровлей и приводит к частым остановкам работы лавы верхнего слоя из-за образования вывалов в кровле пласта.

В почве пласта залегают слабоуглистые обводненные аргиллиты с прочностью на сжатие в пределах 2–5 МПа, что и обуславливает необходимость оставления защитной угольной пачки в почве пласта; мощность защитной пачки угля составила 0,1 м.

В лавах 46 К12 для выемки угля применялась односторонняя схема зарубки. За весь период отработки лавы произошло свыше 250 вывалов кровли пласта с образованием куполов размерами от 2 до 90 метров — по падению пласта, от 0,8 до 20 м — по простиранию и высотой от 0,2 до 8 м.

Образование куполов сопровождалось вывалами угля из груди очистного забоя «раскоски», величина которой составляла от 0,5 до 3 м. Замеры объектов исследований производились двумя независимыми способами: геометрическим замером образуемых полостей и фиксированием массы обрушенной породы.

Распределение вывалов кровли пласта по длине лавы происходило неравномерно, но в большей части приурочено к середине лавы на расстоянии от 5 до 40 м от вентиляционного и конвейерного штреков при средней длине куполов по падению 25 м. Наибольшее количество образовавшихся вывалов кровли приходится на участки, где аргиллиты непосредственной кровли имеют уменьшенную мощность или отсутствуют совсем, т.е. имеет место геологическое нарушение типа размыва непосредственной кровли пласта.

В среднем частота вывалов составила 6 вывалов в месяц, с общим объемом вывалившихся пород 62500 м³.

За анализируемый период произошло 12 завалов с суммарным временем простоя около 12 часов и потерей добычи порядка 120000 тонн.

Пласт К10 на западном крыле поля шахты им. Костенко имеет сложное строение, его мощность изменяется от 4,8 м у западной технической границы до 3,6

м в центральной части поля вследствие расщепления пласта на 2 части.

В непосредственной кровле пласта К10 залегают аргиллиты мощностью от 0,9 до 4 м, имеющие прочность на сжатие 22,2 МПа. Основная кровля — песчаники мощностью от 24 до 28 м и прочностью на сжатие 53,6 МПа.

Почва пласта сложена аргиллитами мощностью от 3 до 5 м, прочность на сжатие которых составляет 15 МПа.

В районе расщепления пласта на 2 слоя, в почве верхнего слоя появляется углистый аргиллит, который по мере увеличения разделяющей породной толщи замещается аргиллитом и алевролитом.

Лавы 45 К10-з. Длина столба 1440 м, длина лавы 190 ... 205 м. Лава была оборудована механизированным комплексом типа 2-УКП-5. Вынимаемая мощность составляла 3,7 ... 4,4 м в западной и центральной частях столба и 4,0 ... 3,7 м в восточной части столба. Технологическим паспортом предусматривалось оставление защитной пачки угля в кровле пласта мощностью 0,2 м.

Управление кровлей производилось путем полного обрушения вслед за передвижной секцией крепи. Для выемки угля применялась уступная схема работы комбайна.

Для создания более благоприятных условий поддержания конвейерного промежуточного штрека 45 К10-з вслед за продвижением очистного забоя производилось предварительное микроторпедирование основной кровли над поддерживаемым штреком.

За весь период отработки лавы было зафиксировано 56 вывалов кровли пласта с образованием куполов размерами от 5 до 70 м по падению пласта, от 2 до 10 м по простиранию и от 0,4 до 8 м высотой. Величина «раскоски» была в пределах от 0,5 до 4 м.

За период наблюдений произошло 15 завалов лавы. Суммарное время простоя из-за завалов и куполения составило около 500 часов, а потеря добычи — около 55500 тонн.

По своему местоположению купола и завалы приурочены в большей степени к верхней половине лавы. Купола и завалы находятся на расстоянии от 50 до 130 м от конвейерного промежуточного штрека.

Средняя частота вывалов за весь срок отработки лавы составила 2,2 случая в месяц, с общим объемом вывалившейся породы порядка 16500 м³.

Лавы 43 К2-з. Длина лавы составляла 165 м, длина столба 2700 м. Лава была оборудована механизированным комплексом 2 УКП-5 с комбайном 1 КПЭ. Вынимаемая мощность находилась в пределах 3,5 ... 3,7 м. Мощность пласта К2 была равна 4,8 ... 5,2 м. В непосредственной кровле мощностью 1,0 ... 1,5 м залегают аргиллиты, имеющие прочность на сжатие в пределах 22 МПа. Основная кровля — песчаники, мощностью 4 ... 6 м и крепостью до 60 МПа. Над пластом К2 на расстоянии 7 ... 12 м находится пласт К3 «Средний», имеющий на восточном крыле шахтного поля мощность 2,4 ... 3,2 м. Оба сближенных пласта обрабатывались одновременно с постоянным опережением отработки пласта К3 на величину в 35 ... 50 м.

В почве пласта К2 залегали песчаники мощностью 10 м, с пределом прочности на сжатие до 60 МПа.

Выемка угля производилась с применением

уступной схемы зарубки. Управление кровлей производилось путем полного обрушения.

За весь период отработки лавы 43 К2-з произошло 86 вывалов кровли и 22 завала лавы, с общим объемом образовавшихся куполов в кровле 12650 м³. Суммарный простой лавы составил примерно 400 часов, а потеря добычи 32000 тонн.

Частота вывалов составила 2 случая в месяц. Купола имели размеры по падению 6 ... 80 м, по простиранию 2 ... 25 м. Высота куполов была 0,4 ... 3,0 м. Глубина раскоски находилась в пределах 0,8 ... 2,0 м.

Следует отметить, что пласт К2 обладает повышенной геологической нарушенностью по сравнению с пластами К12 и К10. Именно к геологическим нарушениям (мелкоамплитудным) относится образование подавляющего большинства вывалов кровли и завалов лавы. Свое отрицательное воздействие оказывали и зоны повышенного горного давления, в особенности их краевые зоны. Местоположение образовавшихся вывалов кровли распределено по всей длине лавы. Сводные данные о завалах приведены в таблице.

Представленная модель оценена среднеквадратичным отклонением и коэффициентом Фишера и характеризуется как удовлетворительная, о чем свидетельствует обработка на ЭВМ.

Результаты наблюдения показывают, что основными причинами, способствующими образованию вывалов кровли лавы, являются наличие геологических нарушений различного характера, наличие зон повышенного горного давления, взаимное влияние очистных забоев. Так, при расстоянии между очистными забоями верхнего и нижнего слоев для пласта К12 менее 30 ... 35 м в лаве верхнего слоя наблюдается повышенный отжим угля из забоя, что влечет за собой обрушение кровли. Негативно влияет также отсутствие непосредственно кровли. Общепринятым и оправданным направлением решения задачи недопущения аварии является создание и внедрение выемочных комплексов и агрегатов с параметрами и свойствами, обеспечивающими возможность общей и локальной борьбы с обрушениями пород кровли.

При освоении выемочной техники нового техни-

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВАЛОВ ЛАВЫ 46 К10-3

Расстояние от вентил. штрека, м	Длина завала по падению пл. м	Высота купола, м	Величина раскоски, м	Объем купола, м ³	Простои, час	Потеря добычи, тонн
97	20	3,5	2,0	850	28	2800
70	55	1,5	1,5	100	12	1200
105	25	2,0	1,5	250	18	1800
20	60	0,7	1,0	300	18	1800
50	46	2,5	1,5	580	24	2400
75	25	1,0	0,8	200	12	1200
40	62	6,0	4,0	1200	46	4600
30	41	3,0	2,5	250	18	1800
120	10	5,0	2,5	180	14	1400
20	25	2,5	2,0	300	18	1800
25	40	2,5	1,5	500	26	2600
60	15	1,5	1,0	110	10	1000
60	30	4,0	3,0	600	29	2900
30	10	3,0	3,0	150	10	1000
120	30	0,7	1,5	96	6	600

Обработка массива производилась по методике М.А. Ермакова и А.А. Махова [2].

Были проанализированы следующие факторы: расстояние от вентиляционного штрека; длина завала по падению; высота купола; величина раскоски; объем купола; простои; потери добычи.

Общая зависимость представлена функцией:

$$y = \pm f(y1) \cdot f(y2) \cdot f(y3) \cdot f(y4) \cdot f(y5) \cdot f(y6) \cdot f(y7),$$

где y — вероятность данного завала.

Функциональность зависимости завала от расстояния от вентиляционного штрека, высоты купола, величины раскоски представлена гиперболической функцией, а объем купола простоя и потери добычи — параболой.

ческого уровня необходимо:

- увеличить коэффициент затяжки кровли в комплексах до 0,93–0,95;
- обеспечить для неустойчивых кровель минимальное расстояние от забоя до консоли перекрытия крепи, равное 100 мм;
- повысить надежность всей системы машин и механизмов в очистном забое и в линии доставки угля для уменьшения простоев и увеличения скорости подвигания лавы, что окажет благоприятное влияние на состояние кровли в призабойном пространстве, а следовательно, на условия поддержания и управления ею.

Необходимо изыскать возможности увеличения скорости крепления и скорости подачи комбайнов.

Необходимо снизить затраты времени на передвижение секций за счет устранения потерь на непроизводительные операции. При ручном управлении до 30% длительности цикла работы крепи затрачивается на перемещение рабочего от секции к секции.

Следует перейти на широкое применение крепей щитового типа для всего диапазона отрабатываемых мощностей пластов, обеспечивающих (при величине рабочего сопротивления более 250 кН м^2) эффективное предотвращение вывалов кровли, способность постоянно поддерживать минимальное расстояние между концами верхняка и забоем за счет лемнискатной формы связи ограждающего перекрытия и основания, защиту призабойного пространства от вывалов породы благодаря наличию широкого верхняка, полностью перекрывающего кровлю, и ограждающему перекрытию, препятствующему проникновению по-

роды со стороны выработанного пространства.

Создание и внедрение высокопроизводительных очистных комплексов требует одновременного решения приоритетных задач безопасности, связанных с опасными проявлениями природных факторов. Для предотвращения аварий, вызванных проявлением обвалов и обрушений пород кровли, главной линией защиты являются конструкции комплексов с оптимально выбранными параметрами и организация управления в сочетании с обязательным решением вопросов крепления сопряжений лав со штреками.

Таким образом, инженерная интерпретация результатов статистических наблюдений позволяет получить практические результаты, имеющие прикладное значение при эксплуатации механизированных очистных комплексов, отрабатывающих мощные угольные пласты Карагандинского бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комиссаров С.Н., Субботин А.И. Повышение эффективности отработки пологих пластов // Уголь. 1988. №12. С. 15–18.
2. Ермаков М.А., Махов А.А. Статистико-детерминированный метод построения многомерных моделей с использованием ЭВМ. Караганда, 1988. 70 с.

УДК 622.271

**Ф.К. НИЗАМЕТДИНОВ
В.И. РОМАНОВ
А.Г. ГОЛОВАНОВ**

Исследование характера деформирования горного массива при разработке приконтурных лент

Взрывная отбойка горных пород на карьерах показывает, что управление взрывом в приконтурной зоне для достижения качественного дробления пород и минимального деформирования законтурного массива возможно лишь при рациональном расположении скважинных зарядов.

При отработке приконтурных лент картину разрушения горного массива взрыванием удлиненных зарядов можно, примерно, представить следующим образом.

При взрывании зарядов, расположенных вблизи обнаженной плоскости, образуется поле напряжений, которое приводит к разрушению и отрыву слоя породы от основного массива с перемещением в сторону обнаженной поверхности. В первоначальный период вокруг заряда образуется зона пластических деформаций, величина которой зависит от диаметра заряда, глубины его заложения, свойств породы, ВВ. За зоной пластических деформаций от зарядов распространяются волны напряжений, при сжатии которых происходит интерференция. При дальнейшем распространении волны сжатия достигают обнаженной поверхности, отражаются от нее и распространяются в сторону зарядов в виде растяжения.

В работах [1, 2] показано, что между напряжениями, возникающими вокруг зарядов при взрыве, и деформациями горного массива существует однозначная связь. Следовательно, для изучения характера деформирования горного массива необходимо знать их напряженное состояние.

Верхние уступы Николаевского карьера находятся в настоящее время в предельном положении, и значительное количество их ставится на проектный контур.

В этих условиях для устойчивости стационарных уступов большое значение приобретает совершенствование и выбор рациональных параметров буровзрывных работ в приконтурной зоне, обеспечивающие качественное дробление и минимальное разрушение горного массива за проектным контуром карьера.

Практика взрывной отбойки скальных пород на многих карьерах показывает, что достижение высокой эффективности разрушения горных пород с обеспечением устойчивости откосов долгостоящих уступов возможно лишь при правильном расположении скважинных зарядов в массиве.

Рассмотрим плоско-напряженное состояние изотропного массива уступа от действия двух скважинных зарядов диаметром 250 мм, с расстоянием между ними 5–8 м, и расположенных от плоскости откоса уступа в 3–9 м.

Искомое поле напряжений получаем суперпозицией напряженных состояний: плоскости, ослабленной группой нагруженных круговых отверстий, имитирующих скважины; плоскости, нагруженной набором сосредоточенных сил N и T , имитирующих поверхность откоса уступа. Напряженное состояние массива получаем, используя решения [3, 4].

$$\begin{aligned}\sigma_r &= -\frac{\chi+3}{2\bar{I}} \cdot \frac{T \cdot \cos \varphi + N \cdot \sin \varphi}{\chi+1} \cdot \frac{1}{r}, \\ \sigma_\theta &= \frac{\chi-1}{2\bar{I}} \cdot \frac{T \cdot \cos \varphi + N \cdot \sin \varphi}{\chi+1} \cdot \frac{1}{r}, \\ \sigma_{\theta\theta} &= \frac{\chi-1}{2\bar{I}} \cdot \frac{T \cdot \sin \varphi - N \cdot \cos \varphi}{\chi+1} \cdot \frac{1}{r}, \\ \chi &= 3-4\mu,\end{aligned}\quad (1)$$

где μ — коэффициент Пуассона;

φ r — текущие полярные координаты.

Напряженное состояние массива с учетом обнаженной поверхности в декартовой системе координат определяется по следующим выражениям:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma_r \cdot \cos^2 \varphi + \sigma_\theta \cdot \sin^2 \varphi - 2\sigma_{r\theta} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi; \\ \sigma_y &= \sigma_r \cdot \sin^2 \varphi + \sigma_\theta \cdot \cos^2 \varphi + 2\sigma_{r\theta} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi; \\ \tau_{xy} &= \sigma_r - \sigma_\theta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi + \sigma_{r\theta} \cdot \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi.\end{aligned}\quad (2)$$

По вышеприведенным выражениям, используя формулы теории упругости [5], подсчитываем значения главных нормальных напряжений (изолиний) и параметры изостат, характеризующие угол наклона главных площадок для рассматриваемых точек по формулам:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_x - \sigma_y}{4} + \tau_{xy}^2}; \\ \sigma_2 &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\frac{\sigma_x - \sigma_y}{4} + \tau_{xy}^2}; \\ \operatorname{tg} 2\varphi &= \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}.\end{aligned}\quad (3)$$

При взрыве зарядов горный массив подвергается действию сжимающих и растягивающих напряжений. Основным разрушающим фактором являются растягивающие напряжения, определяемые по формуле

$$\sigma_p = \sigma_1 - \mu\sigma_2, \quad (4)$$

где σ_1 и σ_2 — главные нормальные напряжения;
 μ — коэффициент Пуассона.

На рис. 1 показано распределение приведенных растягивающих напряжений в изолиниях и взрывных трещин в изостатах в массиве уступа по сечению, перпендикулярному осям двух цилиндрических зарядов с расстоянием между зарядами $a = 7$ м и л.н.с. 7 м. Для определения напряжений необходимо было выполнить большое количество математических операций, поэтому все расчеты выполнены на ПЭВМ. Значения $\sigma_p^{\bar{i}\delta}$ дают возможность оценить напряженное состояние массива и определить границы зоны возможного разрушения, используя условие разрушения массива

$$\sigma_p^{\bar{i}\delta} \geq \sigma_{i.\delta}^{\bar{i}\delta}, \quad (5)$$

где $\sigma_p^{\bar{i}\delta}$ — приведенное растягивающее напряжение от действия взрыва;

$\sigma_{i.\delta}^{\bar{i}\delta}$ — приведенная прочность горных пород на растяжение.

Приведенная прочность пород на растяжение определяется отношением прочности пород на растяжение $\sigma_{i.\delta}$, полученной лабораторным способом, к величине давления ВВ на стенки скважин P . Например, при $\sigma_{i.\delta} = 16$ МПа для туфов и $D = \frac{1}{8} \rho_{AA} \omega^2 \approx 10^4$ Па, где ρ — плотность заряжения, г/см³; ω — скорость детонации, м/с; $\sigma_{i.\delta}^{\bar{i}\delta} = 0,0016$.

При выявлении естественной трещиноватости горного массива необходимо в приведенную прочность ввести соответствующий коэффициент трещиноватости k_{mp} .

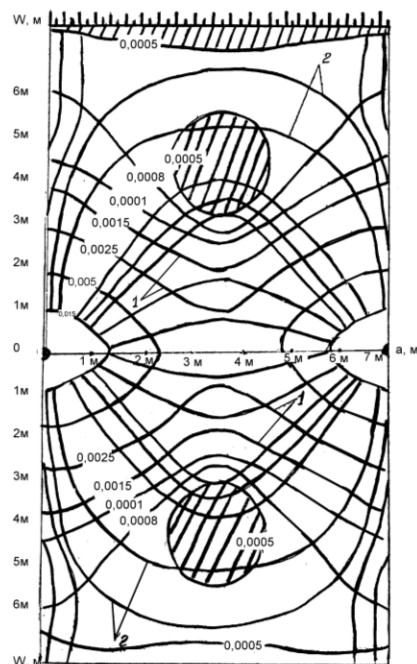


Рис. 1. Распределение приведенных растягивающих напряжений в изолиниях и взрывных трещин в изостатах при одновременном взрывании двух отбойных зарядов ($a = 7$ м): (1) — в изолиниях; (2) — взрывных трещин в изостатах

Как видно из рис. 1, наибольшие растягивающие напряжения возникают вблизи зарядов, образуя волну пластических деформаций. Приближаясь к поверхности откоса, напряжения уменьшаются, образуя плоскую волну пониженных напряжений. Так как сопротивляемость пород сжатию больше, чем растяжению, то под действием растягивающих напряжений происходит нарушение сплошности массива с образованием сети трещин. Взрывные трещины, изображенные на рис. 1 в изостатах, неравномерно распределены в области между линией зарядов и линией откоса.

Процесс разрушения горного массива при взрывных работах характеризуется переменными параметрами поля напряжений. В направлениях, перпендикулярных линии скважин при пересечении лучей, проведенных из центров зарядов под прямыми углами друг другу, образуются изотропные области — области пониженных напряжений (см. рис. 1, заштрихованный участок).

Согласно вышеприведенным расчетам на рис. 2 построена зависимость изменения зоны пониженных

напряжений от л.н.с. и расстояния между скважинами. При построении графика по оси ординат рассматривалось отношение площади изотропной зоны (S) к площади разрушения (S_d), а по оси абсцисс — л.н.с.

Из графика видно, что независимо от расстояния между скважинами с изменением л.н.с. от 3 до 5 м дробление пород происходит равномерно. С увеличением л.н.с. до 7 м происходит резкое снижение интенсивности дробления. Особенно это наблюдается при расстоянии между скважинами 6–8 м. При увеличении л.н.с. до 8 м с расстоянием между скважинами 5–6 м площадь пониженных напряжений резко возрастает. С увеличением расстояний между скважинами 7–8 м происходит снижение интенсивности роста зоны пониженных напряжений, тем самым обеспечивается более качественное дробление массива.

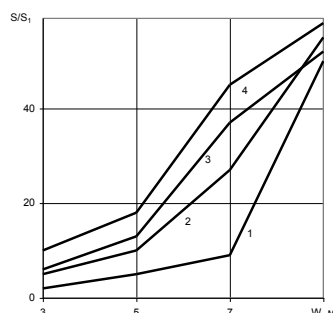


Рис. 2. Изменение зоны пониженных напряжений в отбиваемом массиве от л.н.с. при расстоянии между скважинами: 1–5; 2–6; 3–7; 4–8 м

При взрыве скважинных зарядов интерференция волн напряжений в горном массиве приводит к образованию неоднородного поля напряжений, что отрицательно сказывается на равномерности дробления пород, то есть на качество взрыва. Неравномерность дробления массива обусловлено появлением областей пониженных напряжений вблизи откоса уступа и неравномерного распределения трещин, образуемых при взрыве.

Наилучшее дробление массива наблюдается при ориентировке приведенных растягивающих напряжений в сторону поверхности обнажения и перпендикулярно к взрывным трещинам. В этом случае препятствий для деформаций нет, в массиве интенсивно начинают образовываться новые и раскрываться естественные трещины.

На участках, где изостаты направлены перпендикулярно поверхности откоса, а напряжения растяжения параллельны, наблюдается снижение интенсивности дробления горных пород (образование зон пониженных напряжений), поскольку здесь деформации в массиве могут происходить только за счет упругих свойств пород (см. рис. 1, заштрихованный участок). Увеличение или уменьшение зон пониженных напряжений непосредственно связано с расстоянием между зарядами и крепостью пород. В связи с тем, что зоны пониженных напряжений согласно условиям разрушения дают некачественное дробление массива, то для пород Николаевского карьера, представленных липаритовыми порфиритами, алевролитами известняковыми, алевролитами кремнистыми, туфами со сред-

ней прочностью на растяжение соответственно 5,8; 7,8; 12,1; 16,0 МПа, размер зоны пониженных напряжений в процентах (I) от прочности пород (σ_p) подчинен зависимости, приведенной на рис. 3.

Процент зоны пониженных напряжений определен по формуле

$$\dot{I} = \frac{S_I}{S_o} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где S_I — площадь пониженных напряжений (заштрихованный участок на рис. 1.);

S_o — общая площадь отбиваемого массива.

График показывает, что с изменением прочности горных пород и расстояний между скважинами от 5 до 8 м зона пониженных напряжений изменяется по гиперболической зависимости. При малой прочности пород зона пониженных напряжений стремится к нулю, независимо от расстояния между скважинами, что говорит о качественном дроблении горных пород. С увеличением прочности пород и расстояний между скважинами происходит увеличение зоны пониженных напряжений, что приводит к снижению разрушения горного массива.

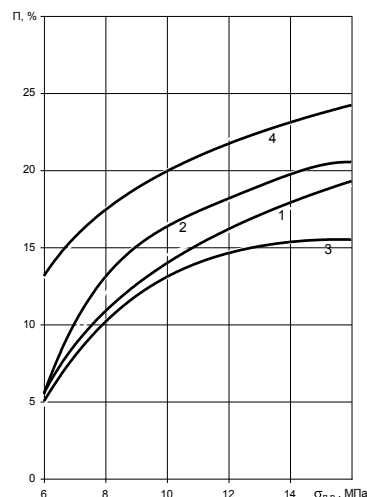


Рис. 3. Изменение зоны пониженных напряжений (I) от прочности пород на растяжение при взрыве скважинных зарядов с расстоянием между ними: 1–5; 2–6; 3–7; 4–8 м

Из графика видно, что при расстоянии между скважинами $a = 7$ м происходит незначительный рост зоны пониженных напряжений, что приводит к более качественному дроблению пород.

Рассматривая напряженное состояние массива за линией скважин до 6 м при расстоянии между скважинами 5–8 м, по картинам подобным рис. 1, проследим изменение напряжений в глубь массива (рис. 4).

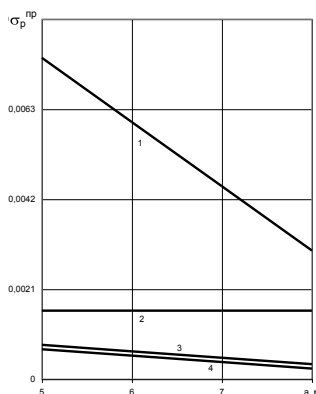


Рис. 4. Изменение приведенных растягивающих напряжений от расстояния междускважинами за линией их в глубь массива: 1—0; 2—2; 3—4; 4—6 м

График показывает, что растягивающее напряжение уменьшается с увеличением расстояния между скважинами по прямолинейной зависимости. Напряжения, распространяющиеся на линии скважин (1), характеризуют зону интенсивного дробления. Горизонтальная прямая (2) показывает зону постоянного напряжения при разных расстояниях между скважинами, характеризуя линию отрыва массива. Дальнейшее распространение напряжений в глубь массива приводит к образованию заколов и трещин. При $l = 4-6$ м прямые (3, 4) практически однозначны, то есть в равной мере деформируют массив за линией отрыва. Из графика видно, что расстояние между отбойными скважинами 7 м обеспечивает более качественное дробление пород и меньшее деформирование массива за линией отрыва. Последнее очень важно при взрывных работах вблизи проектного контура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольский Г.Н. Волны напряжений в твердых телах. М.: Изд-во иностр. л-ры, 1955. 192 с.
2. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. М.: Недра, 1974. 224 с.
3. Савин Г.М. Распределение напряжений около отверстий. Киев: Наукова думка, 1968. 887 с.
4. Мусхелешвили Н.П. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Недра, 1966. 707 с.
5. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Наука, 1979. 560 с.

УДК 622.272

В.Н. ДОЛГОНОСОВ
О.В. СТАРОСТИНА

Теоретические основы реологических характеристик подрудных глин

Решение задач устойчивости карьерных откосов при укреплении их полимерными материалами (смолами) и определение времени устойчивого состояния стабильных песчано-глинистых откосов связано с необходимостью изучения и учета их реологических свойств, которыми указанные материалы обладают в весьма значительной степени, и игнорирование которыми может повлечь за собой весьма серьезные ошибки в расчетах.

Песчано-глинистые горные породы, так же как и полимерные материалы, обладают пластическими свойствами, т.е. способностью претерпевать необратимые деформации без нарушения сплошности материала и резкого снижения прочностных характеристик. Деформации материала могут нарастать во времени при неизменных напряжениях (текущие материалы), они зависят не только от величины напряжений, но и от скорости их изменения, температурного поля, предыстории нагружений и разгрузок (наследственность материала).

Для упругопластичных материалов характерна релаксация напряжений, т.е. их уменьшение при постоянных деформациях.

Упругопластичное поведение материала, безусловно, означает зависимость компонентов тензоров напряжений и деформаций от времени.

Большой интерес для описания поведения указанных материалов представляет модель линейной упруговязкой среды, для которой при линейном (одномерном) напряженном состоянии связь между напряжениями и деформациями и скоростями их изменения имеет вид:

$$\sigma + a \cdot \dot{\sigma} = E \cdot \varepsilon + B \cdot \dot{\varepsilon}; \quad (1)$$

для удобства введем обозначение:

$$B = a \cdot H, \quad (2)$$

тогда

$$\sigma + a \cdot \dot{\sigma} = E \cdot \varepsilon + a \cdot H \cdot \dot{\varepsilon}, \quad (3)$$

где a, E, B, H — const.

Обобщение линейного закона на случай объемного напряженного состояния в точке рассматриваемой упругопластичной среды имеет вид:

$$\begin{cases} \sigma_x - \sigma_{\text{ср}} + a \left(\dot{\sigma}_x - \dot{\sigma}_{\text{ср}} \right) = 2G \varepsilon_x - \varepsilon_{\text{ср}} + \frac{2}{3} aH \left(\dot{\varepsilon}_x - \dot{\varepsilon}_{\text{ср}} \right); \\ \sigma_y - \sigma_{\text{ср}} + a \left(\dot{\sigma}_y - \dot{\sigma}_{\text{ср}} \right) = 2G \varepsilon_y - \varepsilon_{\text{ср}} + \frac{2}{3} aH \left(\dot{\varepsilon}_y - \dot{\varepsilon}_{\text{ср}} \right); \\ \sigma_z - \sigma_{\text{ср}} + a \left(\dot{\sigma}_z - \dot{\sigma}_{\text{ср}} \right) = 2G \varepsilon_z - \varepsilon_{\text{ср}} + \frac{2}{3} aH \left(\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_{\text{ср}} \right); \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \tau_{xy} + a \dot{\tau}_{xy} = 2G \frac{1}{2} \gamma_{xy} + \frac{2}{3} aH \dot{\gamma}_{xy}; \\ \tau_{yz} + a \dot{\tau}_{yz} = 2G \frac{1}{2} \gamma_{yz} + \frac{2}{3} aH \dot{\gamma}_{yz}; \\ \tau_{zx} + a \dot{\tau}_{zx} = 2G \frac{1}{2} \gamma_{zx} + \frac{2}{3} aH \dot{\gamma}_{zx}. \end{cases}$$

Закон изменения формы упругорелаксирующего ползучего тела в обобщенном виде:

$$D_H + a \cdot \dot{D}_H = 2G \cdot D_{\text{ср}} + \frac{2}{3} a \cdot H \cdot \dot{D}_{\text{ср}}, \quad (5)$$

где D_H , $\dot{D}_H$ — девиаторы напряжений и их скоростей изменения,

$D_{\dot{a}\dot{a}\dot{a}}$, $\dot{D}_{\dot{a}\dot{a}\dot{a}}$ — девиаторы деформаций и их скоростей изменения.

Равенство (3) можно представить в следующем виде:

$$\sigma = E \left(1 + \frac{aH}{E} \frac{\dot{\varepsilon}}{\varepsilon} - \frac{a}{E} \frac{\dot{\sigma}}{\sigma} \right) \varepsilon \quad (6)$$

или

$$\sigma = E(t, \varepsilon, \dot{\sigma}) \varepsilon, \quad (7)$$

где $E(t, \varepsilon, \dot{\sigma})$ — функция времени, зависящая от скоростей изменения напряжений и деформаций.

В такой же форме можно выразить и уравнение (5), которое примет вид:

$$D_H = 2G(t, \varepsilon, \dot{\sigma}) D_{\dot{a}\dot{a}\dot{a}}. \quad (8)$$

Приведенные линейные зависимости применимы в достаточно ограниченном диапазоне деформаций. Действительные же зависимости между напряжениями, деформациями и их скоростями изменения носят сложный нелинейный характер. Физические модули a , G , H не являются постоянными, а являются функциями напряжений, деформаций и скоростей их изменения и, следовательно, функциями времени, т.е. $a = a(t)$, $G = G(t)$, $H = H(t)$.

Установление вида зависимостей и строгое математическое описание напряженно-деформированного состояния упруговязкой среды является весьма сложной задачей даже в линейной постановке. Поэтому для упрощения решения задачи широко применяют полупирические зависимости.

Явление ползучести определяется многими параметрами: температурой, напряжениями, деформациями, их скоростями изменения, временем, постоянными материала.

В общем виде между этими параметрами существует зависимость:

$$\hat{O}(t, T, \varepsilon, \dot{\varepsilon}, \sigma, \dot{\sigma}) = 0. \quad (9)$$

Если предположить, что $T = \text{const}$, то

$$\hat{O}_T = \left(t, \varepsilon, \dot{\varepsilon}, \sigma, \dot{\sigma} \right) = 0. \quad (10)$$

Для определения зависимости ползучести от напряжений проведена серия опытов с образцами подрудных глин Тургайского бокситорудного месторождения на стабилометре УСВ-2 [3].

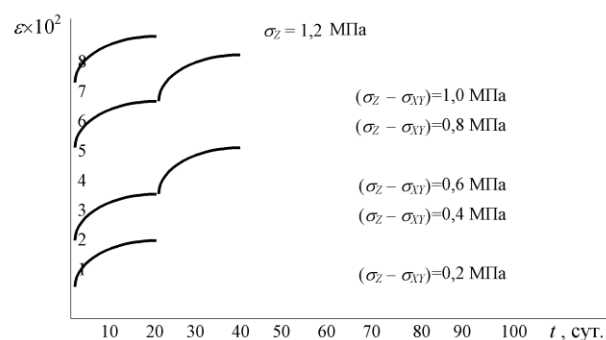


Рис. 1. Зависимость деформаций образца подрудных глин от времени при различных нагрузках

Обработка результатов испытаний проведена по методу «трех кривых» [3]. Как следует из построенных графиков, кривые ползучести (в затухающей стадии) оказываются геометрически подобными.

Это обстоятельство позволяет скорость деформации ползучести выразить следующим образом:

$$\dot{\varepsilon}_t = B t \sigma^m, \quad (11)$$

где $B(t)$ — положительная убывающая функция времени, отсчитываемая от начала процесса ползучести, асимптотически стремящаяся к предельному значению $B(\infty)$,
 m — показатель степени, определяемый опытным путем.

Из проведенных испытаний образцов глин Тургайского бокситорудного месторождения получены некоторые значения $B(\infty)$ и коэффициента m .

Резкое увеличение коэффициента m при возрастании нагрузок свидетельствует о переходе ползучести в незатухающую стадию и разрушении образца.

$\sigma_z - \sigma_{xy}$, МПа	$B(\infty)$, мм/сут,	m
Опыт 1		
0,70	0,066	1,90
1,00	0,100	4,77
1,10	0,200	15,80
Опыт 2		
0,70	0,081	3,30
0,85	0,108	3,81
0,90	0,150	16,30
Опыт 3		
0,40	0,039	0,92
0,70	0,065	1,95
1,00	0,200	9,93

Интегрируя по времени уравнение (11) от 0 до t , получим:

$$\varepsilon_n = \int_0^t \sigma^m B t dt, \quad (12)$$

в случае $\sigma = \text{const}$:

$$\varepsilon_n = \sigma^m \int_0^t B t dt. \quad (13)$$

Введем обозначение:

$$\Omega(t) = \int_0^t B t dt. \quad (14)$$

Функция Ωt есть положительная, монотонно возрастающая функция времени.

Совершенно очевидно, что при больших значениях t для установившейся ползучести функция Ωt является линейной функцией времени, а для затухающей ползучести $\Omega t = \Omega \infty = \text{const}$.

Предположим, что скорость деформации ползучести при плавных изменениях напряжения описывается уравнением (11) и напряжение не превышает предела упругости, тогда полная скорость деформации:

$$\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}_I + \dot{\varepsilon}_Y, \quad (15)$$

где $\dot{\varepsilon}_Y$ — упругая составляющая скорости деформации;

т.к. $\varepsilon_Y = \frac{\sigma}{E}$, то $\dot{\varepsilon}_Y = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt}$;

$$\dot{\varepsilon} = B t \sigma^m + \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt}. \quad (16)$$

Большие упрощения в расчеты могут внести линеаризация описания процесса ползучести и введение понятия о начальном скачке деформаций.

Рассмотрим две кривые установившейся ползучести (рис. 2).

Заменяем истинную кривую ползучести ломаной, полученной при продолжении до оси ε деформаций наклонной асимптоты соответствующей кривой. Обо-

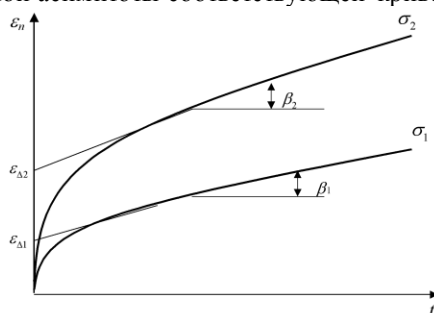


Рис. 2. Схема линеаризации кривых ползучести

значим $\Delta \varepsilon$ отрезок, который она отсекает на вертикальной оси ε . Деформации в любой момент времени

установившейся ползучести можно определить:

$$\varepsilon_I = \varepsilon_{\Delta} + t \cdot \text{tg } \beta.$$

Величина «начального скачка» для каждого значения напряжения является величиной определенной, так же как и величина $\text{tg } \beta$, т.е.

$$\varepsilon_{\Delta} = \varphi \sigma; \quad \text{tg } \beta = \psi \sigma.$$

Тогда полная деформация:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \varphi \sigma + t \psi \sigma. \quad (17)$$

Построение и решение уравнений реологического состояния в случае сложного (объемного) напряженного состояния является сложной задачей в силу нелинейности всех вариантов гипотез ползучести, поэтому линеаризация описания процесса ползучести может внести большие упрощения в расчеты при сохранении математической строгости метода решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.: Высшая школа, 1968.
2. Ержанов Ж.С. Теория ползучести горных пород и ее приложения. Алма-Ата: Наука, 1964.
3. Механика горного массива и свойства горных пород: Сборник научных трудов. Караганда, 1990.

Раздел 4

Строительство

УДК 622.831
А.А. ТАКИШОВ

Уточненный подход к определению линий скольжения горных пород в массиве

Способ построения сетки линий скольжения в массиве горных пород на основе аналитических исследований рассмотрен в работах [1,2]. Результаты этих работ основаны на представлении веса столба пород в виде сил. Однако более строгое решение задачи требует рассмотрения через компоненты напряжений.

Рассмотрим массив горных пород. Выделим элементарный столбик $abcd$ (рис. 1,а). Под действием собственного веса γH столбика породы на площадке сдвига, наклоненной по отношению к горизонту на угол θ , возникают напряжения (рис. 1,б)

$$\sigma_\theta = \cos^2 \theta + \lambda_x \sin^2 \theta \gamma H ; \quad (1)$$

$$\tau_\theta = 0,5 \, 1 - \lambda_x \gamma H \sin 2\theta , \quad (2)$$

где σ_θ и τ_θ — нормальная и касательная составляющие напряжений на площадке сдвига;
 θ — угол наклона площадки сдвига;
 λ_x — коэффициент бокового распора;
 γ — объемный вес породы;

H — высота столбика горной породы от земной поверхности.

Касательная составляющая τ_θ на основании элементарного столбика $abcd$ стремится сдвинуть пло-

щадку dc . В свою очередь материал горной породы сопротивляется этому воздействию, максимальная реакция которого равна τ_u (рис. 1,а). Предельное равновесие наступает тогда, когда

$$\tau_\theta = \tau_u , \quad (3)$$

где τ_u — предельная величина касательного напряжения материала горной породы.

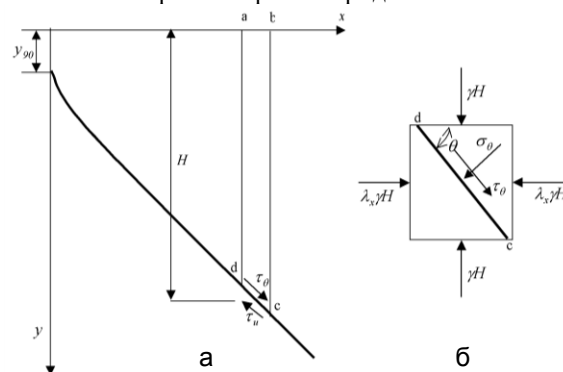


Рис. 3

Подставляя выражение (2) в (3), имеем:

$$0,5 \, 1 - \lambda_x \gamma H \sin 2\theta = \tau_u . \quad (4)$$

Отсюда глубина, на которой произойдет сдвиг под углом θ , будет определяться по выражению

$$y = H = \frac{\tau_u}{0,5 \cdot 1 - \lambda_x \cdot \gamma \sin 2\theta}. \quad (5)$$

Площадки сдвига — основания элементарных столбиков горных пород, характеризуемые углом θ и соответствующие определенной глубине H от земной поверхности, составляют линию сдвижения горных пород в массиве.

Известно

$$dy = f'(x)dx, \quad (6)$$

где для производной имеем выражение

$$f'(x) = \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \theta. \quad (7)$$

Тогда из (6) с учетом (7) получим

$$x = \int \operatorname{ctg} \theta dy, \quad (8)$$

а дифференциал (5) по θ равняется

$$dy = -\frac{4\tau_u}{1 - \lambda_x \cdot \gamma \sin^2 2\theta} d\theta. \quad (9)$$

Интегрируя (8) с учетом (9), находим

$$x = \frac{\tau_u}{1 - \lambda_x \cdot \gamma} \left(\frac{1}{2 \sin^2 \theta} + \ln |\operatorname{tg} \theta| \right). \quad (10)$$

Окончательно уравнение линий скольжения горных пород в массиве с учетом (5) и высоты вертикального отрыва y_{90} принимает вид:

$$x = 0,5 \cdot y - y_{90} \left(\frac{1}{2 \sin^2 \theta} + \ln |\operatorname{tg} \theta| \right) \sin 2\theta, \quad (11)$$

где x и y — абсцисса и ордината точек кривой линий скольжения.

Выражение (11) универсально. При его использовании надо учитывать геологию и физико-механические свойства пород конкретного месторождения.

Положим, что свойства пород описываются пас-

портом прочности Г. Н. Кузнецова [3], тогда

$$\theta_i = 90^\circ - \operatorname{arctg} \tau_{ni} / \gamma \cdot y - \sigma_{ni}, \quad (12)$$

где $\tau_{ni} = \sqrt{P \cdot \sigma_{ni} + \sigma_p}$ — касательная составляющая напряжений в i -й точке;

$\sigma_{ni} = \gamma y - \sqrt{P \cdot \sigma_p + \gamma y}$ — нормальная составляющая напряжения в i -й точке;

$P = 2 - 2\sqrt{n+1} + n \cdot \sigma_p$; $n = \sigma_{\text{нж}} / \sigma_p$;

$\sigma_{\text{нж}}$ и σ_p — прочность породы на одноосное сжатие и растяжение.

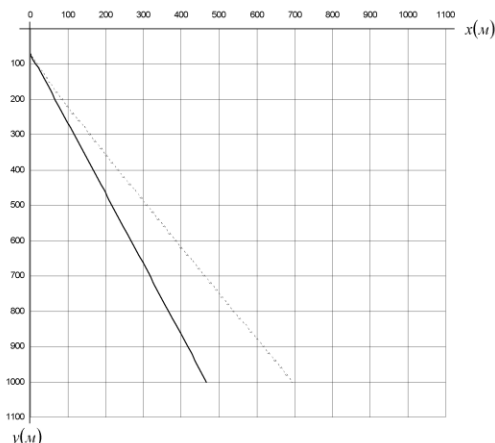


Рис. 2. Кривые линии скольжения: сплошная линия — расчет по (11); пунктирная линия — по данным работы [2]

Линия скольжения горных пород по (11), построенная на основе зависимости (12), показана на рис. 2 (сплошная линия). Здесь также приведена линия скольжения по данным работы [2] (пунктирная линия). Как видно из рисунка, линия скольжения, основанная на более строгом решении, имеет более плавные изменения углов сдвига с глубиной, что и естественно. Причем, если на малых глубинах от земной поверхности это проявляется не очень заметно, то с увеличением глубины расхождение увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машанов А.Ж., Нурлыбаев М.А., Сабденбеков У.С., Андабасов Р.А. Аналитический способ построения в массиве горных пород сетки линии скольжения // Вестник АН Каз ССР. 1977. № 4. С. 36–40.
2. Сабденбеков Ш.У., Сабденбеков У. Научные основы решения задач горной геомеханики // Материалы междунар. науч.-техн. конф., посвященной 150-летию освоения Жезказганского месторождения «Проблемы освоения, разработки и переработки полезных ископаемых на месторождениях Жезказганского региона». Жезказган, 1997. С. 199–200.
3. Ржевский В.В., Новиков Г.Я. Основы физики горных пород. М.: Недра, 1973.

УДК 666.97

Д.О. БАЙДЖАНОВ

Эффективная технология производства железобетонных изделий методом экструзии

Формование железобетонных предварительно напряженных многопустотных плит ведется в следующей последовательности (рис. 1). Сначала производится чистка формовочного стенда (5) с помощью машины для чистки (2). Машина оборудована специальными щетками, позволяющими очищать остатки бетона с поверхности формовочного стенда. После чистки формовочного стенда производится протяжка

арматурных канатов с помощью машины для чистки (эта машина, кроме чистки, выполняет протяжку арматурных канатов).

Поставка арматурных канатов производится в бухтах. Ввозимые в производственный корпус арматурные канаты переносятся мостовым краном (11) в арматурное отделение в специальных кондукторах кассетного типа (3). Затем они передаются с помощью

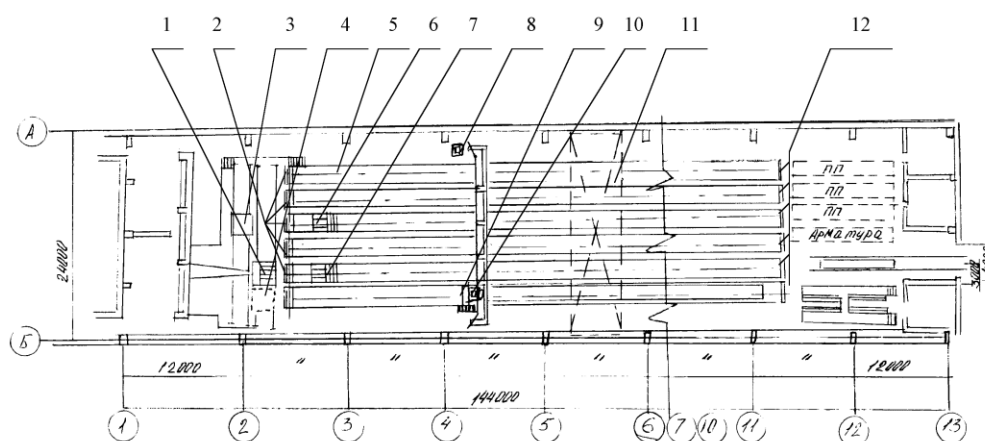


Рис. 1. Технологическая схема

толкателя по рельсовым путям к формовочному стенду, на котором в данный момент ведутся арматурные работы. Заготовленные арматурные каркасы складываются в производственном корпусе в вертикальном положении со стороны пассивных упоров (12) формовочных стендов.

Арматурные канаты пропускаются через подвижную траверсу упора активного конца (2) формовочного станда, закрепляются на машине для чистки (7) в количестве до 5-и штук и протягивают его к пассивному упору формовочного станда. При обратном ходе машины для чистки разматывает пряди на стенде при помощи гребенки, расположенной в задней части машины.

Закрепление арматурных канатов на стандах пассивного и активных концов формовочных стендов производится с помощью зажимов НИИЖБ для захвата арматуры при ее натяжении. Зажим легко надевается и снимается с арматуры и одновременно служит фиксатором арматуры в натянутом состоянии.

После выполнения работ по чистке и протягиванию арматурных канатов на формовочном стенде машина для чистки с помощью мостового крана (11) переносится на следующий формовочный стенд.

Натяжение арматурных канатов производится механическим способом с помощью домкрата для натяжений арматуры (4). Натяжение арматуры производится в два этапа. Величина предварительного натяжения рабочей арматуры нижней и верхней зоны равна $\sigma_{sp}=1100$ МПа. Арматура натягивается до заданной величины с перетяжкой на 10% и выдерживается в течение 3...5 мин., затем натяжение арматуры снижают до проектной величины. Контроль усилия натяжения должен выполняться по показателям оттарированных манометров гидравлических домкратов, а также величине удлинения арматуры.

Установка машины для натяжения арматуры (4) в рабочее положение производится с помощью передвижного привода, который передвигается по рельсам, проложенным в приямке до упоров активных концов формовочных стандов. Натяжение производится следующим образом:

- после установки машины для натяжения арматуры в рабочее положение производится подача тележки с гидроцилиндрами по направляющим в раме машины к неподвижной части упора активного конца с помощью гидроцилиндра передвижения тележки;

- после касания передней частью гидроцилиндров неподвижной части упора активного конца производится подача штоков гидроцилиндров;

- после фиксации штоков гидроцилиндров на подвижной траверсе производится натяжение арматурных канатов с помощью подтягивания подвижной траверсы к машине для натяжения с помощью гидроцилиндров;

- достигнув необходимого напряжения подвижная траверса фиксируется с помощью фиксаторов;

- в случае, когда тяговое усилие гидроцилиндров машины оказывается недостаточным для группового натяжения напрягаемой арматуры, натяжение производится поэтапно, путем натяжения части напрягаемой арматуры;

- после натяжения арматурных канатов включается подогрев нижней части станда, а затем на формовочный стенд с помощью мостового крана устанавливается формовочная машина (9).

Формование большепролетных многопустотных железобетонных плит производится на разогретом стенде. Стенд формовочный служит формой для укладки железобетонных многопустотных плит перекрытия и представляет собой гладкий металлический лист толщиной 20 мм, шириной 1700 мм и длиной 104000 мм. По всей длине формовочного станда к краям приварены металлические накладки шириной 50 мм и толщиной 5 мм, служащие непосредственной опорой для машин, работающих на стенде. Металлический лист формовочного станда свободно лежит на опорных швеллерах и защемлен только у упора пассивного конца. Металлический лист формовочного станда состоит из сваренных между собой металлических листов, места сварки должны быть тщательно зачищены и отшлифованы.

Стенд формовочный оборудуется регистрами, подающим и отводящим трубопроводами и теплоизоляцией, обеспечивающей заданный режим тепловой обработки отформованной железобетонной многопустотной плиты. Оба торца станда оборудованы приспособлениями для крепления — это упор активного конца и упор пассивного конца. Бетонная смесь в бункер формовочной машины подается в разогретом виде непрерывной адресной подачей (бетонораздатчик мостовой 8 и бункер раздаточный 10).

Машина формовочная является основным узлом всей технологии производства железобетонных мно-

гопустотных плит безопалубочного формования методом экструзии. Формовочная машина (рис. 2) для изготовления железобетонных многопустотных плит состоит из поддона (стенда), бункера, питательной камеры со шнеками на конце с пустотообразователями, высокочастотными вибраторами и камеры заключительных операций.

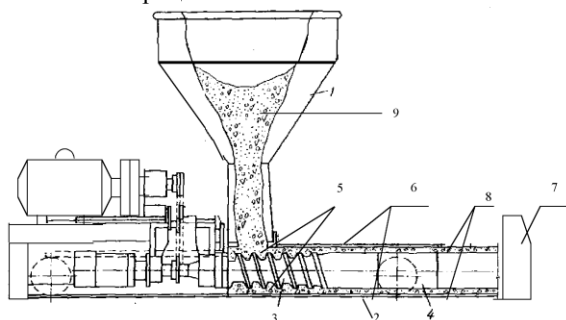


Рис. 2. Схема формовочной машины для формования экструзионным способом: 1 — бункер, 2 — поддон, 3 — шнек, 4 — пустотообразователь (наконечник), 5 — питательная камера, 6 — камера заключительных операций, 7 — опора, 8 — многопустотная плита, 9 — бетонная смесь

В процессе формования железобетонных многопустотных плит необходимо уплотнить бетонную смесь и придать ей заданную конфигурацию изделия. Важно при этом, чтобы смесь во всех участках изделия была полностью уплотнена, а само изделие имело заданные размеры и максимальную степень заводской готовности и не требовало дополнительных отделочных работ.

Рассмотрим технологию экструзионного способа формования железобетонных многопустотных плит из жестких смесей (рис. 2).

В бункер (1) формовочной машины, установленной на поддон (2), подается жесткая бетонная смесь (9). Затем бетонная смесь попадает под собственной массой в питательную камеру (5), где вращающийся шнек (3), имеющий внутри высокочастотные вибраторы и пустотообразователь (наконечник) (4) на конце, уплотняя бетонную смесь, перемещает ее с определенным усилием в камеру заключительных операций. Замкнутое пространство образуется неподвижной плитой формовочного стенда снизу, формирующей плитой сверху, формирующими боковыми плитам и с обеих сторон машины (6), где образуется требуемое поперечное сечение многопустотной плиты. Окончательное уплотнение

получает формирующаяся многопустотная плита тогда, когда происходит упор на неподвижную опору (7), установленную на поддоне (стенде) (3), и формовочная машина перемещается под действием реактивных сил, т.к. степень уплотнения жесткой бетонной смеси очень высокая. Процесс завершается выходом готовой многопустотной плиты с высоким качеством, т.е. повышенной плотностью и прочностью. Бетонная смесь уплотняется равномерно по всей плите и получается с гладкой поверхностью.

После формования полученная плита пустотного настила накрывается покрывалом из полиэфирной ткани, используемым для шахтных вентиляционных труб (ГОСТ 26369-84) и продолжается тепловая обработка изделия с помощью нагревательных элементов, в качестве которых могут быть использованы регистры или стандартные нагревательные приборы систем водяного отопления. Подача тепловой энергии на изделие производится только в период подогрева, изотермический прогрев осуществляется за счет создания термосного режима, что соответствует современным направлениям в производстве сборного железобетона. Средний удельный расход энергии на тепловую обработку изделия на стенде составляет 402700 ккал/м³, что соответствует лучшим показателям, известным в практике. Если учитывать затраты на приготовление теплой бетонной смеси, то суммарный удельный расход энергии составит 554690 ккал/м³. После тепловой обработки покрывало снимается и производится отпуск напряжения в арматуре машиной для натяжения арматуры (рис. 1) (2), после чего арматурные канаты обрезаются механизированными ручными ножницами для резки арматурной стали СМЖ-214А.

После резки арматурных канатов на формовочный стенд с помощью мостового крана устанавливается машина для резки бетона (9) (рис. 1) и производится разрезка отформованной железобетонной пустотной плиты на изделия нужной длины.

Разрезанные железобетонные многопустотные плиты мостовым краном с помощью автозахвата грузоподъемностью 10 т снимаются с формовочного стенда и переносятся к месту выдерживания изделий, откуда вывозятся на склад готовой продукции с помощью тележек для вывоза продукции.

Все подъемно-транспортные операции в пролетах выполняются мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью 12,5 т, в арматурном отделении передвижным консольным краном 3,2 т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байджанов Д.О. Эффективная технология железобетона. Караганда, 2001 г. 165 с.

УДК 624.157+624.131.29

Б.Ж. УНАЙБАЕВ
М.А. МАМРАЕВ
Б.А. КОНАКБАЕВ

Технология устройства фундамента в вытрамбованном котловане

Практика возведения зданий и сооружений и анализ инженерно-геологических условий на строительных площадках в Республике Казахстан показали, что строительство ведется преимущественно в грунтах,

содержащих легко-, средне- или труднорастворимые соли. При этом, с началом эксплуатации возведенных объектов практически повсеместно наблюдается подтопление застроенных территорий агрессивными во-

дами, которое сопровождается развитием неравномерных аварийных осадок зданий и сооружений вследствие выщелачивания грунтов основания и коррозии бетона фундаментов (гг. Астана, Атырау, Новый Узен и др.).

Актуальность данной проблемы обуславливается тем, что при проектировании и устройстве оснований и фундаментов на засоленных грунтах происходит неизбежное повышение стоимости возведения нулевого цикла на 15...20% и увеличение трудоемкости на 20...25%, обусловленное принятием дополнительных мер по обеспечению надежной и долговечной работы основания и конструкций нулевого цикла в агрессивной водно-солевой грунтовой среде [1, 2, 3, 4].

Традиционно используемый тип фундамента в засоленных грунтах — это буронабивные или забивные сваи с защитным покрытием. Ими прорезают верхние, химически активные и подверженные выщелачиванию минерализованные пласты грунта, устраняя тем самым дополнительные просадочные и суффозионные деформации основания при нагружении, увлажнении и длительном фильтрационном воздействии.

Однако практика устройства фундаментов в маловлажных засоленных грунтах показала, что забивные сваи при погружении в глинистые грунты твердой и тугопластичной консистенции часто не доходят до проектной отметки. Недобивка свай до проектной отметки при этом составляет от 0,5 до 3–4 м, а потому для устройства ростверка приходится срезать их оголовки. Следовательно, применение забивных свай неэффективно ввиду неоправданно большого отхода железобетона. Кроме того, при погружении готовых свай применяется ударный способ с высокой динамичностью силового воздействия. В результате защитное покрытие и бетонный массив тела свай приобретает множество микротрещин. В дальнейшем бетон и арматура конструкции подвергаются агрессивному воздействию водно-солевой грунтовой среды, что приводит к уменьшению долговечности фундамента. Осуществить реставрацию свай после забивки практически невозможно (рис. 1, 2).



Рис. 1. Свайное поле, 3 м-рн, п.г.т. Кульсары: 1 — недобитые до проектной отметки оголовки свай; 2 — «горы» срезанных оголовков свай

Следовательно, полимерное покрытие поверхности или пропитка бетона в забивных сваях не являются достаточно надежной защитой и должны рассматриваться в комплексе всех требований к бетону в сильно-агрессивной среде. Система «бетон – покрытие – окружающая среда» представляют собой единую структуру, свойства которой проявляются комбинированно.

Использование буронабивных свай по сравнению с забивными позволяет получить значительную экономию металла и бетона, однако, как показывают экспериментальные исследования, буронабивные сваи обладают пониженной несущей способностью, а самое главное, низкой коррозионной стойкостью. Профессором М.Ю. Абелевым предложено для защиты от коррозии устройств буронабивных свай в засоленных грунтах использовать кислотоупорные бетоны или создавать защитный слой бетона вокруг арматуры увеличенной толщины, достаточной для того, чтобы за нормативный срок эксплуатации конструкции в бетоне не произошли процессы солевой коррозии. При концентрации ионов в подземных водах 2,5 г/л для обеспечения долговечности железобетонных свай достаточно изготовить их из бетона повышенной плотности на портландцементе умеренной экзотермии ($C_3S < 50\%$, $C_3A < 8\%$), а при содержании сульфатов до 10 г/л — из бетона на барийсодержащем портландцементе [2]. Однако вследствие ограниченного выпуска барийсодержащего портландцемента такие бетоны не получили широкого применения при устройстве буронабивных свай.

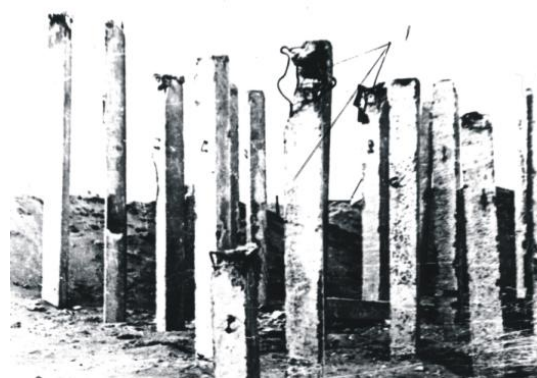


Рис. 2. Свайное поле, м-рн Степной, г.Караганда: 1 — «лес» недобитых до проектной отметки свай с очаговым повреждением конструкций

В засоленных агрессивных грунтовых средах представляется перспективным способ устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах (ФВК) с уширенным основанием и устройство буронабивных свай с уплотненным забоем [1]. Условием, ограничивающим применение указанных технологий в засоленных грунтах [3], является сложность обеспечения их защиты от коррозии. Использование сульфатостойких и других специальных бетонов в условиях сильной агрессивной среды с концентрацией грунтовых вод от 50 до 150 г/л, что характерно для грунтовых условий Западного Казахстана, ограничено нормативами [4]. Кроме того необходимую плотность бетона при формировании конструкции сваи и ее качество по всему стволу сложно осуществить при длине буронабивной сваи длиной более 5...10 метров.

Решение указанных недостатков известных технологий было предложено в КарГТУ [5, 6]. Для этой цели после вытрамбовывания котлована и втрамбовывания жесткого материала (кислотостойкий щебень или смесь щебня с нефтябитуминозными породами) в уширение, образовавшаяся полость заполняется до

верха кирами и производится повторное вытрамбовывание котлована с формированием плотной водонепроницаемой и коррозионностойкой оболочкой на внутренней поверхности котлована. Сущность этой технологии состоит в том, что котлован вытрамбовывается с одновременным уширением и доуплотнением грунта как в верхней, так и в нижней его частях. Переменная форма котлована по высоте и формирование уплотнения в верхней части фундамента достигается применением рабочего органа с переменным наклоном боковых граней в верхней части. Раструб в верхней части трамбовки позволяет сформировать вокруг вытрамбованного котлована уплотненную водонепроницаемую зону увеличенных размеров как в верхней, так и в нижней зоне фундамента, что в свою очередь способствует увеличению несущей способности фундамента. На заключительном этапе в вытрамбовываемый с защитной оболочкой котлован устанавливается арматура и производится бетонирование. При этом, на контакте «бетон конструкции–агрессивная водно-солевая грунтовая среда» образуется двойной защитный слой из уплотненного водонепроницаемого грунта и гидроизоляционный химически стойкий экран из слоя уплотненных киров, который одновременно защищает конструкцию фундамента и повышает его несущую способность [4].

Для обоснования эффективности применения новой технологии устройства фундаментов на засоленных грунтах, в сравнении с традиционными, было проведено технико-экономическое сравнение различных проектных решений для жилых домов различных серий, а именно:

- фундаменты из забивных свай с защитным обмазочным покрытием и монолитным ростверком;
- фундаменты из буронабивных свай с полиэтиленовой пленкой и монолитным ростверком;
- фундаменты ленточные с уплотнением грунта в основании тяжелыми трамбовками;
- ФВК с защитной оболочкой.

При сравнении затрат были учтены работы по устройству монолитного ростверка. Для ФВК с защитной оболочкой устройство ростверка не предусмотрено, но учтены дополнительные затраты на армирование цокольных панелей. Затраты на монтаж цокольных панелей не учитывались, так как они одинаковы для всех сравниваемых вариантов.

Технико-экономическое сравнение на 9-тиэтажном крупнопанельном доме (КПД) серии 90 и 121 показало, что по сравнению с фундаментами из забивных свай (базовая технология) снижение стоимости составило: для фундаментов из буронабивных свай — в 1,4 раза; для фундаментов ленточных сборных с устройством подушек — в 2,3 раза; для ФВК с защитной оболочкой — в 3 раза.

Экономический эффект на один квадратный метр общей площади здания от применения ФВК с защитной оболочкой составляет от 0,33 до 4,59 тыс.тенге, а трудозатраты уменьшаются более чем в 2 раза. Снижение расходов на материалы (бетон, арматура), исключение трудоемких опалубочных и земляных работ, а также повышенная несущая способность ФВК с защитной оболочкой обеспечивает при этом существенное снижение затрат на работах нулевого цикла.

Так, для рядовой блок-секции 9-тиэтажного КПД экономится бетона 40 м³, арматуры 4,2 т, уменьшается трудоемкость возведения фундаментов на 39 чел.-дн.

Выполненные совместно с НПО «Союзспецфундаментстрой» (НПО «ССФС») исследования по отработке новой технологии показали, что на несущую способность ФВК с защитной оболочкой существенно влияет объем щебня, втрамбованного в основание котлована. При объеме втрамбованного щебня $V_{щ} = 1,5 \text{ м}^3$ фундаменты могут быть рекомендованы для восприятия повышенных нагрузок до 150 т и выше.

В зависимости от особенностей грунтовых условий фундаменты в вытрамбованных котлованах с защитной оболочкой и уширенной верхней и нижней зоной могут применяться на химически обогащенных просадочных и насыпных глинистых грунтах с числом пластичности $I_p > 0,03$, объемной массой скелета грунта $\gamma_{ск} < 1,6 \text{ тс/см}^3$ и степенью влажности грунтов $G < 0,65$. В отдельных случаях возможно применение в супесях с числом пластичности $I_p < 0,03$, а также в мелких и пылеватых песках и плотных глинистых грунтах с объемной массой скелета грунта $\gamma_{ск} < 1,75 \text{ тс/см}^3$.

Навесное оборудование для вытрамбовывания котлованов (ОВК-2) изготовлено в НПО «ССФС» и состоит из направляющей мачты, каретки со штампом, захвата, шарнирного узла, опорной мачты, механизма наведения, механизма подъема мачты, механизма извлечения штампа из грунта и гидрооборудования. Направляющая мачта выполнена из разрезного двутавра, захват и каретка со штампом перемещаются на роликах, снабжены съемными ползьями-ограничителями, которые снимаются при монтаже и демонтаже, а также заменяются по мере износа.

Шарнирный узел служит для соединения направляющей мачты с опорной сварной конструкцией. Причем с направляющей мачтой он соединен ползьями, а с опорной конструкцией — пальцем. Опорная конструкция выполнена из труб и служит для удержания мачты в вертикальном положении при переездах установки, а также для передачи нагрузок, возникающих при работе навесного оборудования на базовую машину.

Механизм наведения выполнен в виде телескопической трубы с гидроцилиндром продольного качения. Один конец телескопической трубы соединен с базовой машиной, другой — с траверсой. Траверса соединена с направляющей мачтой ползьями. На траверсе расположен гидроцилиндр поперечного качения мачты. Механизм подъема мачты состоит из гидроцилиндра, который одним концом соединен с траверсой, другим — с узлом, соединяющим шарнирный узел с траверсой. При выдвижении штока гидроцилиндра строп натягивается и мачта перемещается вверх вдоль ползьев траверсы и шарнирного узла.

ОВК-2 снабжен механизмом извлечения штампа из грунта, который включается в работу при заклинивании штампа в грунте. Механизм извлечения состоит из толкателя с определенным количеством крюков, расположенных на определенном расстоянии друг от друга, и гидроцилиндра. Толкатель с гидроцилиндром расположен внутри направляющей мачты коробчатого сечения. При выдвижении штока гидроцилиндра тол-

катель поднимается вверх, расположенные на толкателе крюки устанавливаются в рабочее положение. При дальнейшем движении вверх один из крюков толкателя входит в закрепление с кареткой и отрывает штамп от грунта. Дальнейший подъем каретки со штампом осуществляется грузовой лебедкой базовой машины. При опускании штока гидроцилиндра толкатель опускается и крюки устанавливаются в положение, не препятствующее перемещению штампа вниз при его сбрасывании.

Существенным положительным отличием ОВК-2 от известных является наличие механизма извлечения, позволяющего применять более легкую направляющую мачту, снизить нагрузки на базовую машину и, следовательно, увеличить долговечность работы оборудования.

Наличие автономной опорной конструкции позволяет монтировать навесное оборудование на различные типы гусеничных экскаваторов и кранов. Для монтажа на другую базовую машину необходимо изготовить переходную балку для соединения опорной конструкции с кронштейнами базовой машины, а также снабдить базовую машину гидроприводом.

Трамбовка принята с расширенным верхним концом и изготовлена из металлического листа толщиной 20 мм, с внутренними ребрами жесткости. Для исключения выступов и неровностей сварные швы зачищены. Сверху трамбовка закрыта крышкой из листа толщиной 30 мм.

Шестигранное поперечное сечение трамбовки с диаметром описанной окружности по низу 0,55 м, по верху — 1,30 м, в месте перехода раструба — 0,80 м. При высоте трамбовки 2,8 м высота раструба составляет 1,0 м. В нижней части трамбовка имеет заострение на высоту 0,30 м и заполнена чугуном, а в верхней — бетоном.

Направляющая штанга имеет длину 10 метров и состоит из двух швеллеров № 30, усиленных вертикальным листом, по которому скользит каретка. В верхней части направляющая штанга имеет специальный шарнир, обеспечивающий перемещение ее в двух направлениях и служащий для навески ее на стрелу драглайн.

Для предотвращения горизонтальных смещений в процессе вытрамбовывания котлованов в нижней части направляющая штанга имеет опорную плиту с зубьями длиной 25 см, которые при установке штанги на место погружаются в грунт.

Каретка имеет коробчатое сечение, надевается на направляющую штангу и удерживается на ней с помощью роликов, которые перемещаются по свободному листу направляющей штанги. Крепление каретки к трамбовке осуществляется на сварке.

Результаты опытных наблюдений при отработке технологии (рис. 3) показали, что вытрамбовывание котлованов под фундаменты с уширенным основанием на глубину 2,5 м при высоте сбрасывания трамбовки 7–8 м обеспечивалось при 6–10 ударах трамбовки,

а втрамбовывание каждой порции щебня объемом 0,5 м³ за 9–14 ударов.

На устройство котлованов затрачивалось: без втрамбовывания щебня — 13 мин, с втрамбовыванием щебня в объемах 0,5; 1,0 и 1,5 м³ соответственно 17, 21 и 26 мин. При устройстве защитной оболочки из киров время без втрамбовывания щебня — 15 мин, с втрамбовыванием щебня в объемах 0,5; 1,0 и 1,5 м³ соответственно 20, 23 и 28 мин.

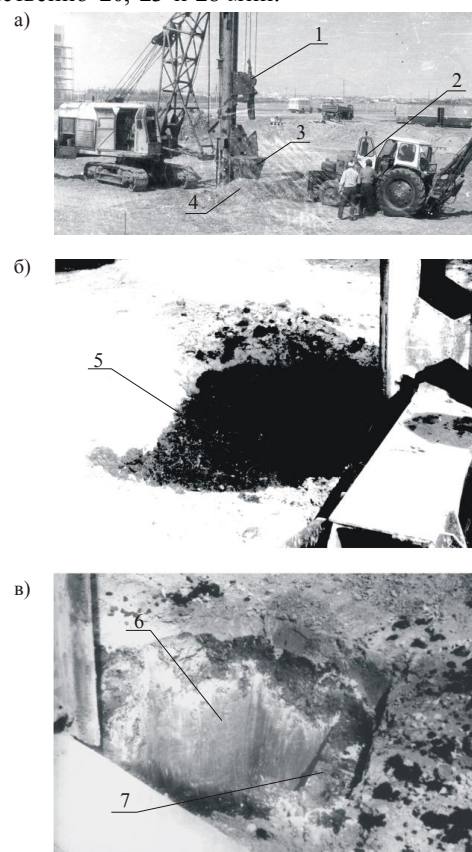


Рис. 3. Устройство ФВК с защитной оболочкой из киров (пгт. Кульсары, 3 м-рн): а — общий вид; б — заполнение вытрамбованного котлована кирами; в — вид защитной оболочки; 1 — оборудование ОВК-2 в комплексе с ЭО-2621; 2 — погрузчик на базе МТЗ-80; 3 — трамбовка; 4 — щебень; 5 — киров; 6 — вытрамбованный котлован; 7 — защитная оболочка из киров

Совместная разработка сотрудников КарГТУ и НПО «ССФС» по возведению ФВК с защитной оболочкой из киров и уширением в верхней и нижней зонах позволяет применять эту технологию в агрессивных грунтах, содержащих легко-, средне- и труднорастворимые соли. Результаты исследования и отработка технологии в производственных условиях позволили внедрить эти фундаменты на строительстве в гг. Атырау, Темиртау, Лениногорске, пгт. Кульсары и Тенгиз и т.д. Экономический эффект внедрения новой технологии составил 50 ... 80% стоимости работ и материальных затрат нулевого цикла при сопоставлении с традиционными технологиями устройства забивных и буронабивных свайных фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. М.: Стройиздат, 1981.
2. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.И., Гузев Е.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.

3. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1985. 21 с.
4. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. М.: Стройиздат, 1986.
5. А. с. 1719548 СССР. Б.Ж. Унайбаев, В.А. Волков, С.В. Жаров и др. Способ возведения фундамента в засоленных грунтах. 1991.
6. Предв. патент на изобретение Республики Казахстан №9911901 / Б.Ж. Унайбаев, В.А. Волков, С.В. Жаров и др. Способ возведения фундамента. 1999.

УДК 622.831
А.А. ТАКИШОВ

Выбор расчетной схемы и вывод уравнений напряженно-деформированного состояния целиков ленточной формы

Рассмотрим сечение перпендикулярно оси целика единичной толщины (рис. 1). Для исследования напряженно-деформированного состояния разбиваем ее на части по оси симметрии (рис. 2), взаимодействие которых с массивом определяются нагрузками: $q_{1\bar{e}\bar{o}}$ — с вышележащей толщей массива горных пород, $q_{2\bar{e}\bar{o}}$ — с нижележащей толщей массива горных пород, $Q_{\bar{e}\bar{o}}$ — результирующей касательных напряжений на контакте с массивом горных пород.

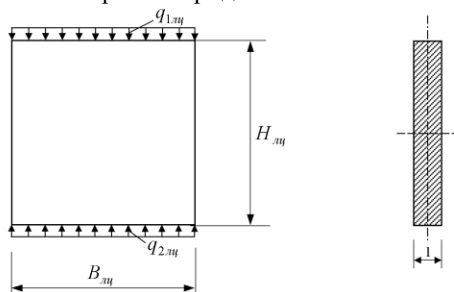


Рис. 1. Сечение перпендикулярно оси целика ленточной формы единичной толщины

Поскольку левая и правая части целика ленточной формы симметричны, исследуем одну из них, результаты будут справедливы и для другой. Рассмотрим левую часть (рис. 2). Поведение целиков описывается упругой моделью. Учитывается собственный вес целиков.

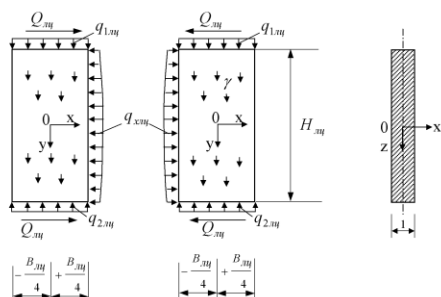


Рис. 2. Расчетная схема целика ленточной формы

Решение плоской задачи ищем в виде смешанного полинома [1]:

$$\varphi = \frac{c_5}{3 \cdot 2} \left(x^3 y^2 - \frac{1}{5} x^5 \right) + \frac{a_3}{3 \cdot 2} x^3 + \frac{b_3}{2 \cdot 1} x^2 y + \frac{c_3}{1 \cdot 2} xy^2 + \frac{a_2}{2} x^2 + \frac{c_2}{2} y^2 \quad (1)$$

Составляющие объемной силы

$$X = 0, \quad Y = \gamma. \quad (2)$$

Подстановка (1) и (2) в формулы напряжений

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} - Xy - Yx \quad (3)$$

дает следующие выражения для компонентов напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_{x\bar{e}\bar{o}} &= \frac{c_5}{3} x^3 + c_3 x + c_2, \\ \sigma_{y\bar{e}\bar{o}} &= c_5 \left(xy^2 - \frac{2}{3} x^3 \right) + a_3 x + b_3 y + a_2, \\ \tau_{xy\bar{e}\bar{o}} &= -c_5 x^2 y - c_3 y - b_3 x - \gamma x. \end{aligned} \quad (4)$$

Граничные условия задаются в виде:

на левой грани — при $x = -B_{\bar{e}\bar{o}}/4$, $\sigma_{x\bar{e}\bar{o}} = 0$,

$$\tau_{yx\bar{e}\bar{o}} = 0;$$

на правой грани — при $x = +B_{\bar{e}\bar{o}}/4$, $\sigma_{x\bar{e}\bar{o}} = -q_{x\bar{e}\bar{o}}$,

$$\tau_{yx\bar{e}\bar{o}} = 0;$$

на верхней грани — при $y = -H_{\bar{e}\bar{o}}/2$, $x = \pm B_{\bar{e}\bar{o}}/2$,

$$\sigma_{y\bar{e}\bar{o}} = -q_{1\bar{e}\bar{o}}, \quad \int_{-B_{\bar{e}\bar{o}}/2}^{+B_{\bar{e}\bar{o}}/2} \tau_{xy\bar{e}\bar{o}} dx = -q_{x\bar{e}\bar{o}} \frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2};$$

на нижней грани — при $y = +H_{\bar{e}\bar{o}}/2$, $x = \pm B_{\bar{e}\bar{o}}/2$,

$$\sigma_{y\bar{e}\bar{o}} = -q_{2\bar{e}\bar{o}}, \quad \int_{-B_{\bar{e}\bar{o}}/2}^{+B_{\bar{e}\bar{o}}/2} \tau_{xy\bar{e}\bar{o}} dx = +q_{x\bar{e}\bar{o}} \frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2}. \quad (5)$$

Решая соотношения (5) с учетом (4), определяем постоянные в функциях напряжений (1):

$$\begin{aligned} c_2 &= -\frac{1}{2} q_{x\bar{e}\bar{o}}, \quad b_3 = -\gamma, \quad c_3 = -3q_{x\bar{e}\bar{o}} \frac{1}{B_{\bar{e}\bar{o}}}, \\ c_5 &= 48 \left(\frac{1}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 q_{x\bar{e}\bar{o}}, \quad a_2 = -\left(\frac{q_{1\bar{e}\bar{o}} + q_{2\bar{e}\bar{o}}}{2} \right), \\ a_3 &= -48 \left(\frac{1}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 \left[\left(\frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2} \right)^2 - \frac{2}{3} \left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 \right] q_{x\bar{e}\bar{o}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Последние условия на верхней и нижней гранях (5) при подстановке касательных напряжений по (4) и постоянных по (6) дают тождество.

Совместно решая (6) и (4), после соответствующих преобразований, для описания напряженного состояния целиков ленточной формы имеем:

$$\begin{aligned} \sigma_{x\bar{e}\bar{o}} &= -\left[2 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] x + \frac{2x}{B_{\bar{e}\bar{o}}} + \frac{1}{2} \right] q_{x\bar{e}\bar{o}}; \\ \sigma_{y\bar{e}\bar{o}} &= -6 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 q_{x\bar{e}\bar{o}} \left\{ \left[\left(\frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2} \right)^2 - y^2 \right] - \frac{2}{3} \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] \right\} x - \end{aligned}$$

$$-\gamma y - \left(\frac{q_{1\bar{e}\bar{o}} + q_{2\bar{e}\bar{o}}}{2} \right);$$

$$\tau_{xy\bar{e}\bar{o}} = 6 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 q_{x\bar{e}\bar{o}} \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] y, \quad (7)$$

где $\sigma_{x\bar{e}\bar{o}}$, $\sigma_{y\bar{e}\bar{o}}$ — горизонтальная и вертикальная составляющие нормальных напряжений;

$B_{\bar{e}\bar{o}}$, $H_{\bar{e}\bar{o}}$ — ширина и высота целика ленточной формы;

$q_{x\bar{e}\bar{o}}$ — усилия на стыке взаимодействия левой и правой частей целика;

$\tau_{xy\bar{e}\bar{o}}$ — касательная составляющая напряжений.

Для определения деформируемого состояния, принимая во внимание закон Гука и напряжения по (7), имеем:

$$\varepsilon_{x\bar{e}\bar{o}} = - \left(\frac{1-\nu^2}{E} \right) \times$$

$$\times \left\{ \left[2 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] x + \frac{2x}{B_{\bar{e}\bar{o}}} + \frac{1}{2} \right] q_{x\bar{e}\bar{o}} - \right.$$

$$\left. - \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) \left\{ 6 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 \left\{ \left[\left(\frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2} \right)^2 - y^2 \right] x - \frac{2}{3} \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] x \right\} q_{x\bar{e}\bar{o}} + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \gamma y + \left(\frac{q_{1\bar{e}\bar{o}} + q_{2\bar{e}\bar{o}}}{2} \right) \right\} \right\};$$

$$\varepsilon_{y\bar{e}\bar{o}} = - \left(\frac{1-\nu^2}{E} \right) \times$$

$$\times \left\{ 6 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 q_{x\bar{e}\bar{o}} \left\{ \left[\left(\frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2} \right)^2 - y^2 \right] x - \frac{2}{3} \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] x \right\} + \right.$$

$$\left. + \gamma y + \left(\frac{q_{1\bar{e}\bar{o}} + q_{2\bar{e}\bar{o}}}{2} \right) - \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) \times \right.$$

$$\left. \times \left[2 \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] x + \frac{2x}{B_{\bar{e}\bar{o}}} + \frac{1}{2} \right] q_{x\bar{e}\bar{o}} \right\};$$

$$\gamma_{xy\bar{e}\bar{o}} = \frac{12}{E} \frac{1+\nu}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^3 q_{x\bar{e}\bar{o}} \left[\left(\frac{B_{\bar{e}\bar{o}}}{4} \right)^2 - x^2 \right] y. \quad (8)$$

В выражениях (7) для определения напряженного состояния целика усилие $q_{x\bar{e}\bar{o}}$ неизвестно. Оно характеризует взаимодействие левой и правой частей целика под действием воспринимаемой им нагрузки. В соответствии с физикой процессов, происходящих в целиках, эта величина должна определяться из условия совместности деформации на стыке левой и правой частей.

Плоскость стыка проходит через ось симметрии, а на оси симметрии поперечные смещения отсутствуют. Это означает, что деформации и левого, и правого частей целика на стыке равны нулю. Тогда условие совместности деформаций будет иметь вид

$$\varepsilon_{x\bar{e}\bar{o}}|_{x=B_{\bar{e}\bar{o}}/4} = 0. \quad (9)$$

Решая (9) с учетом составляющих деформации по (8), после соответствующих математических преобразований, находим искомое выражение для определения усилий на стыке взаимодействия левой и правой частей целика:

$$q_{x\bar{e}\bar{o}} = \lambda_{x\bar{e}\bar{o}} \left(\gamma y + \frac{q_{1\bar{e}\bar{o}} + q_{2\bar{e}\bar{o}}}{2} \right). \quad (10)$$

Здесь $\lambda_{x\bar{e}\bar{o}}$ — коэффициент бокового проявления напряжений. Определяется он следующим выражением:

$$\lambda_{x\bar{e}\bar{o}} = \frac{\frac{\nu}{1-\nu}}{1 - 3 \left(\frac{\nu}{1-\nu} \right) \left(\frac{2}{B_{\bar{e}\bar{o}}} \right)^2 \left[\left(\frac{H_{\bar{e}\bar{o}}}{2} \right)^2 - y^2 \right]}, \quad (11)$$

где ν — коэффициент поперечной деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П., Гудьер Д.Ж. Теория упругости. М.: Недра, 1975. 560 с.

УДК 625.032:624.036

С.М. БИТТИБАЕВ

Р.А. КУРГАНОВ

А.Н. БЕЛОВ

Г.Т. НАЙМАНОВА

Надежность и долговечность эксплуатируемых металлических мостов

На железных дорогах Казахстана эксплуатируются клепанные и сварные металлические мосты, спроектированные и построенные по нормам различных лет. Обеспечение их надежности и долговечности задача первоочередной важности, сопряженная с требованиями безопасной эксплуатации и социальной ответственности перед обществом [1].

Необходимый уровень надежности мостовых сооружений обеспечивается как требованиями норм проектирования, так и эксплуатационными задачами, среди которых важнейшими являются следующие условия:

- расчетные фактические нагрузки и воздействия;
- прочностные и деформативные характеристики

материалов, которые подвержены процессу старения;

- расчетные схемы, изменяющиеся под нагрузкой;
- минимальный уровень надежности по всем прогнозируемым расчетам предельных состояний.

Современные способы оценки надежности и долговечности составных балок металлических пролетных строений мостовых конструкций не учитывают совместности работы и статического разброса характеристик прокатных элементов, расположенных в зонах допускаемых пластических деформаций в предельном состоянии [2, 3]. Это приводит к значительному занижению расчетной грузоподъемности и надежности балок.

С другой стороны, усиление пролетных строений

металлических мостов приводит к изменению типа соединения, следовательно, к изменению интенсивности концентрации напряжений, что является основным фактором, обуславливающим оценку несущей способности по выносливости. Поэтому классификация стыков и соответствующие кривые выносливости определяют методологию правил усиления эксплуатируемых железнодорожных мостовых конструкций для обращающихся нагрузок.

При этом современные методы расчета, которые связаны с прогнозированием потенциальных точек образования усталостных трещин, должны базироваться на критериях механики разрушения. Исследования в этом весьма важном для надежной эксплуатации существующих конструкций направлении начинают развиваться [4].

Безотказная работа стальных пролетных строений существенно меняется в зависимости от времени и условий работы (рис. 1) [5].

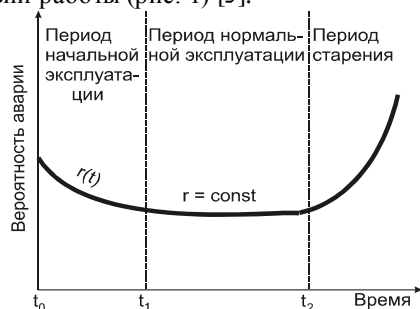


Рис. 1. Типовой график частоты возникновения аварии в зависимости от времени

Из графика видно, что большое число аварий возникает на первом этапе эксплуатации, когда происходит естественная выбраковка конструкций, в которых имеются грубые проектные или производственные ошибки. К этому же периоду можно отнести также многочисленные аварии, происходящие во время монтажа. Следующий этап — это регулярная эксплуатация, когда решающую роль играют условия эксплуатации и, особенно, соответствие этих условий тем, что были заложены в проекте. Третий, заключительный этап — это период старения конструкции под влиянием долговременного воздействия неблагоприятных факторов. В этот период вероятность возникновения аварии значительно возрастает с течением времени.

Как показали обследования, наиболее часто встречаются трещины во фланговых швах прикрепления уголковых распорок поперечных связей в стенках балок и вертикальных ребрах, где заканчивается сварной шов и вырез в стенке, а в клепаных соединениях — у кромок заклепочных отверстий первого или второго ряда заклепок от поперечной балки. Эти опытные данные коррелируют с экспериментальными результатами по влиянию остаточных напряжений на усталостную прочность образцов с продольными накладками, приваренными угловыми швами (рис. 2).

Учитывая, что расчеты на выносливость металлических конструкций имеют большой разброс оценки срока службы по различным нормам при одной и той же вероятности, связанной с несовершенством как критериев, так и методов построения усталостных кривых, представляется целесообразным использование методов

линейной механики разрушения для прогнозирования долговечности металлических мостовых конструкций, подвергающихся динамическим воздействиям.

В качестве критериев предлагается использовать:

— критическое раскрытие трещины δ_c и размах циклического J -интеграла ΔJ . Как показано в [6], в условиях упругопластического циклического деформирования между раскрытием трещины и размахом циклического J -интеграла существует определенная корреляционная зависимость в виде

$$\Delta J = \dot{\sigma}_{\text{y} \dot{\epsilon} \dot{\alpha}} \cdot \delta, \quad (1)$$

где $\dot{\sigma}_{\text{y} \dot{\epsilon} \dot{\alpha}}$ — эквивалентное напряжение течения, определяемое как полусумма напряжения течения и предела прочности.

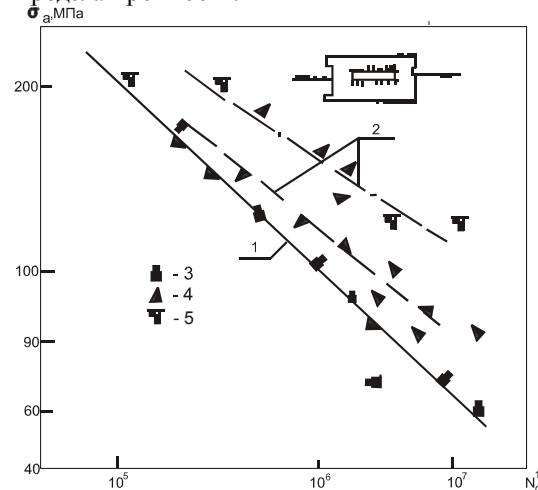


Рис. 2. Влияние остаточных напряжений на усталостную прочность образцов с продольными накладками проваренными угловыми швами [5]: N_c^1 — циклы разрушения; 1 — кривая зависимости со сварочными напряжениями, $R = 0$; 2 — то же, без сварочных напряжений; 3 — опытные данные со сварочными напряжениями, $R = 0$; 4 — то же, без сварочных напряжений, $R = 0$; 5 — то же, без сварочных напряжений, при $R = -1,0$

При этом размах циклического J -интеграла можно определить по модифицированной зависимости Райса-Черепанова.

$$\Delta J = \int_{\Gamma} \Delta W dy - \Delta T_i \left(\frac{\partial \Delta U_i}{\partial x} \right) dS, \quad (2)$$

$$\text{где } \Delta W = \int_0^{\Delta E} \Delta \dot{\sigma}_{ij} d \Delta E_{ij}, \quad (3)$$

$$\Delta T_i = \Delta \dot{\sigma}_{ij} n_j. \quad (4)$$

На рис.3. Γ — линейный контур с направлением от нижней поверхности трещины против хода часовой стрелки к верхней поверхности трещины; ΔU_i — размах вектора перемещения; dS — приращение длины дуги вдоль контура Γ . Плотность энергии циклической деформации ΔW определяется уравнением (3) через размах напряжения $\Delta \dot{\sigma}_{ij}$ и размах деформации ΔE_{ij} , а размах вектора усилия растяжения ΔT_i определяется в соответствии с уравнением (4) внешне нормалью n_j к контуру Γ .

Размах циклического J -интеграла является весьма

эффективным параметром для корреляции со скоростью распространения трещины

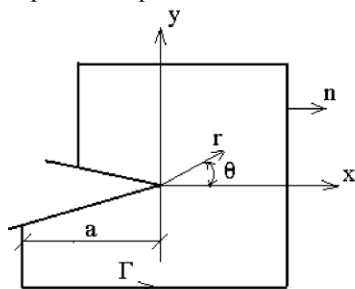


Рис. 3. Прямоугольный линейный контур, охватывающий кончик трещины в направлении против часовой стрелки

$$da/dN = C \Delta J^m, \quad (5)$$

где C и m — постоянные материала, зависящие от условий испытаний, которые определяются экспериментально.

Если оценить скорость распространения трещины с помощью параметра $\Delta J/\dot{a}_{\text{уст}}$, то можно получить единую кривую распространения усталостной трещины. Тем самым подчеркивается важная роль раскрытия трещины в процессе распространения трещины. Построенные по зависимости (5) кинетические диаграммы позволяют прогнозировать долговечность металлических мостовых конструкций с помощью критериев нелинейной механики разрушения, не прибегая к трудоемким расчетам по выносливости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иосилевский Л.И., Руденко М.С. Проблемы надежности железобетонных мостов // Наука и техника дорожной отрасли. 1998. № 3. С. 22–25.
2. Осипов В.О. Теоретические основы повышения расчетных сопротивлений для металлических составных балок мостов // Труды МИИТ. 1998. № 2.
3. Осипов В.О. Долговечность металлических пролетных строений эксплуатируемых железнодорожных мостов. М.: Транспорт, 1982. 228 с.
4. Биттибаев С.М., Алипбаев М.К. и др. Некоторые проблемы расчета металлических железнодорожных мостов на выносливость // Сб. науч. тр., Т. I. Алматы, 1993. С. 17–28.
5. Аугустин Я., Шледзевский Е. Аварии стальных конструкций. М.: Стройиздат, 1978. 183 с.
6. Биттибаев С.М. Об использовании энергетических критериев в механике разрушения // Сб. науч. тр., Л: Изд-во ЛПИ, 1990. С. 132–136.

УДК 666.972

Е.В. ТКАЧ
М.А. РАХИМОВ

Проблемы и перспективы развития технологии мелкоштучных изделий на основе модифицированного мелкозернистого бетона

Рост прогрессивного строительства неразрывно связан с использованием эффективных строительных материалов, в частности, модифицированных мелкозернистых бетонов. Общими предпосылками к широкому использованию мелкозернистых бетонов являются: практически неисчерпаемые запасы исходных материалов для вяжущих и заполнителей, экологическая рациональность использования в качестве сырья для цемента и заполнителей отходов промышленности, относительно низкая энергоемкость производства, сравнительная простота технологии изготовления, возможность придания зданиям и сооружениям из бетона любой формы и их архитектурной выразительности.

Применение мелкозернистого бетона не только повышает экономическую эффективность строительства, но и обеспечивает другие преимущества: упрощается технологическая схема приготовления бетонной смеси, так как отпадает необходимость в организации складского и сортировочного отделений для приемки, переработки и складирования щебня, уменьшается потребность в электроэнергии и трудовых затратах. В отдельных случаях песчаный бетон имеет более высокие физико-механические характеристики и долговечность, что позволяет снизить материалоемкость конструкций и повысить их эксплуатационную надежность. Возможно также использование технологических приемов и составов, неприемлемых для крупнозернистых бетонов: роликовое формование,

комплексное цементно-песчаное вяжущее и т.д. [1].

Известно, что наиболее серьезным препятствием для широкого внедрения мелкозернистого бетона является повышенный до 40% расход цемента, по сравнению с равнопрочными крупнозернистыми бетонами, изготавливаемыми из смесей с одинаковой удобоукладываемостью. Результаты исследовательских работ и практика применения подтвердили эффективность использования в качестве минерального наполнителя зол ТЭС в мелкозернистых бетонах: в таких бетонах на 20–25% сокращается расход цемента по сравнению с бетонами, единственным заполнителем в котором является природный песок. Все большую актуальность приобретает проблема целенаправленного управления техническими и эксплуатационными свойствами мелкозернистых бетонов путем применения новых эффективных модификаторов в цементные материалы.

Практика показывает, что применение добавок обеспечивает снижение трудозатрат при производстве бетонных работ как на заводах сборного железобетона, так и в монолитном строительстве значительное сокращение доли тяжелых ручных операций и повышение социальной привлекательности труда, повышение качества бетона, его прочности, морозостойкости, коррозионной стойкости, водонепроницаемости, долговечности, экономии цемента. С помощью добавок удается изменять и регулировать условия и сроки твердения бетона, сокращать продолжительность

тепловой обработки, усилить защитное действие бетона по отношению к стальной арматуре, придать бетону специальные свойства, например: бактерицидность, гидрофобность, электропроводность, способность твердеть на морозе и т.д. [2].

В настоящее время механохимизация материалов является мощным средством повышения качества, долговечности, экономичности и экологической безопасности конструкций и бетонных изделий. Использование вяжущих низкой водопотребности (ВНВ) или, как их сейчас называют, цементов низкой водопотребности (ЦНВ) переводит технологию изготовления мелкозернистого бетона на новую ступень развития.

Так, по данным Н.Н. Долгополова, М.С. Суханова и др., применение ЦНВ в технологии мелкозернистых бетонов устраняет основные недостатки, сдерживающие их производство: позволяет сократить расход цемента на 40–50%, отказаться от применения щебня и получить изделия и конструкции с высокими деформативными характеристиками, что позволяет обеспечить физико-технические свойства мелкозернистого бетона, соответствующие требованиям аналогичных изделий и конструкций из тяжелого бетона [3].

К такому выводу приводят и результаты исследований, проведенных В.Г. Батраковым, который отмечает, что применение ЦНВ в технологии изделий из мелкозернистого бетона решает ряд задач, в число которых вошли следующие:

- улучшение однородности высокоподвижных (до 20 см) песчанобетонных смесей;
- повышение стойкости к расслоению, обеспечивающей сохранение формовочных свойств, по крайней мере, в течение 30 мин с момента изготовления;
- повышенная способность смеси на ЦНВ к тиксотропному разжижению;
- сокращение продолжительности или снижение температуры изотермического прогрева; уменьшение водопоглощения с 8 до 5,5%;
- значительное повышение коэффициента использования вяжущих свойств цемента и др.

Цементы низкой водопотребности Б.Э. Юдович и др. [4] назвали вяжущими нового поколения. В своих исследованиях они отмечают улучшение ряда показателей, в число которых вошли следующие:

- водопотребность на ЦНВ на 25–40 % ниже, чем смесей на обычном портландцементе;
- прочность как чистокликерного ЦНВ, так и ЦНВ с минеральными добавками в целом выше на 30 МПа и более, что позволяет беспрецедентным образом повысить заполняемость до 11–13 (марки «600») против 6 для обычного портландцемента;
- модуль упругости в бетонах на ЦНВ ниже на 5–15% по сравнению с цементом того же минералогического и вещественного состава, исключая модификатор;
- морозостойкость повышается примерно вдвое;
- повышенная сульфатостойкость выражается, в частности, в том, что ЦНВ, изготовленный на клинкере, содержащем 9% S_2A , не уступает по показателям сульфатостойкому портландцементу по ГОСТ 22266.

Технические возможности повышаются в случае получения гидрофобного цемента низкой водопотребности. Гидрофобные цементы низкой водопотребно-

сти (ГЦНВ) представляют собой новый класс высокоэффективных гидравлических вяжущих веществ, отличающихся по составу и способу производства от традиционных портландцементов и их разновидностей. ГЦНВ получают путем совместной обработки портландцемента (или клинкера) и специального модификатора в современных помольных агрегатах. С целью экономии цемента или клинкера в ЦНВ могут вводиться также разнообразные минеральные наполнители. В качестве наполнителей могут использоваться кварцевый или полевошпатовый песок, отходы камнедробильных или горнообогатительных фабрик, доменные гранулированные и топливные шлаки, золашлаковые отходы, вулканические породы и т.д.

ГЦНВ по сравнению с исходным цементом обладает повышенной в 2–2,5 раза гидравлической активностью (маркой). Резко увеличиваются морозо- и влагостойкость к химическим и климатическим факторам. ГЦНВ при хранении на воздухе до 6 месяцев не снижает своих прочностных показателей, в отличие от традиционного портландцемента, теряющего активность на 7–10% через каждые 30 суток хранения.

В связи с этим назрела необходимость ликвидировать на рынке строительных материалов дефицит мелкоштучных изделий (кирпич, фигурные элементы мощения, бетонные элементы кровли) путем разработки новых способов и составов для получения экономически выгодных материалов с заданными строительно-техническими свойствами. При этом необходимо принять такие технические решения за счет применения ЦНВ и ГЦНВ и химических добавок (модификаторов), которые обеспечили бы исключение энергоемких технологических переделов (обжиг, сушка).

Нами были разработаны нормативно-технические документы, позволяющие осуществить технологический процесс по приготовлению ЦНВ и ГЦНВ и освоить выпуск прессованного кирпича из мелкозернистого бетона на ЦНВ и ГЦНВ. Были определены оптимальные технологические параметры изготовления: влажность формовочной смеси — 6%, удельное давление прессования в пределах — 15 МПа, условия твердения естественные. Физико-технические свойства прессованного кирпича на ГЦНВ-50С приведены в табл. 1.

Из полученных результатов видно, что прочность сырца на ГЦНВ-50С позволяет производить операции съема изделий с карусельного пресса и укладывать их в штабеля для вызревания; затем, в возрасте 1 сут, такой кирпич достигает прочности порядка 6,5–7,5 МПа, которая обеспечивает возможность отпуска продукции потребителю и транспортирование ее на строительную площадку. Полученный прессованный кирпич на основе ГЦНВ-50С по своим физико-техническим свойствам соответствует требованиям СТ РК 942-92.

Для оздоровления экологической среды города ставится вопрос замены асфальтового покрытия на дорожно-строительные материалы: тротуарные плитки, бордюрные и дорожные камни, разливные блоки, газоны и т.д., выполненные из мелкозернистого бетона на цементных вяжущих. При решении этих задач необходимы разработка и внедрение импортозамещающих составов для изготовления материалов и изделий на основе модифицированных вяжущих (ЦНВ, ГЦНВ).

Таблица 1

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕССОВАННОГО КИРПИЧА ИЗ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА НА ГИДРОФОБНОМ ВЯЖУЩЕМ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ (ГЦНВ-50С)

Вид вяжущего	Состав сырьевой смеси				Плотность, кг/м ³	Водопогло- щение, %	Предел прочности при сжатии, МПа				Морозо- стойкость, циклов не менее	Козф. тепло- проводности, Вт/м°С
	вяжу- щее	глина	песок	вода			после форм	возраст, сут				
								1	7	28		
ГЦНВ-50С	10	5	82	3	1950	6,0	0,44	6,8	18,0	27,0	50	0,9
ПЦ М400	10	7	75	8	2000	11	0,3	2,0	7,9	14,2	30	0,94

Для изготовления бетонных камней мощения (БКМ) вибропрессованием из мелкозернистого бетона на основе ГЦНВ-М нами разработана технологическая схема, позволяющая выпускать двухслойные цветные изделия для устройства дорожных покрытий. Качество совместимости нижнего и верхнего слоев обеспечивается выполнением операции «минерализации» (посыпкой) поверхности нижнего слоя добавкой сульфата натрия. На способ совместимости нижнего и верхнего слоев получен предварительный патент РК по заявке № 991288.1-4738 «Способ формования вибропрессованных двухслойных мелкоштучных изделий на основе мелкозернистого бетона». Применение предложенного способа сухой минерализации поверхности нижнего слоя в изделии обеспечило улучшенную адгезию совмещаемых формируемых слоев.

Методами математического планирования эксперимента определен состав гидрофобизированного мелкозернистого бетона ускоренного твердения: соотношение цемент:песок — 1: 3,1; В/Ц = 0,31; дозировка модификатора в ГЦНВ-М — 1,1% от массы цемента (0,7% — С-3; 0,2% — соапстока; 0,2% — триэтаноламина). Модификаторы, содержащие ингредиенты ускорителя органического происхождения, позволяют снизить процессы электрокоррозии и сульфатной коррозии почти в 2–3 раза в сравнении с мелкозернистым бетоном на портландцементе. Разработанная технологическая схема изготовления БКМ из ГМЗБ-М позволяет получать изделия высокого качества, которые характеризуются физико-механическими свойствами, представленными в табл. 2.

ческого ускорителя твердения (ТЭА), возможно, образуются своего рода демпферы, которые снижают истирающее воздействие. Уменьшению ущерба исследуемому бетону от истирания может способствовать также модифицирование ПАВ продуктов гидратации (по П.А. Ребиндеру), что обеспечивает получение плотного и прочного цементного материала.

Анализ произведенных работ показал, что мелкозернистый бетон на основе ГЦНВ-М позволяет получать БКМ, соответствующие требованиям ТУ, действующим в Республике Казахстан. Мелкозернистый бетон на основе портландцемента имеет ряд недостатков, в число которых вошли: неудовлетворительная связность отформованных изделий, компенсация которой требует увеличения времени выдержки изделий, что технологически неудобно и экономически невыгодно. К тому же эти изделия имеют высокие показатели водопоглощения и истираемости.

В последнее время в Казахстане наблюдается значительный и все усиливающийся интерес к производству черепицы. Известно, что черепица – кровельный штучный материал, получаемый из глины путем формовки, с последующей сушкой и обжигом. Мелкозернистый бетон, как известно, нельзя обжигать. Таким образом, вместо термина «цементно-песчаная черепица» мы предлагаем термин «цементно-песчаные кровельные изделия» или «бетонные элементы кровли» (БЭК).

К основным достоинствам БЭК относятся простота изготовления, невысокая стоимость, прочность, атмосферостойкость, долговечность. Изготовленная на основе цветных цементов либо с использованием

Таблица 2

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БКМ

Вид вяжущего	Мкр песка	В/Ц	Прочность МЗБ на сжатие, МПа			Водопоглощение, % по массе	Истираемость, г/см ²
			1 сут.	3 сут.	28 сут.		
1.ГЦНВ-50МТ	2,36	0,35	18,3	24,6	44,7	3,5	0,49
2.ГЦНВ-50МТ	1,36	0,33	12,1	19,8	36,6	3,2	0,47
3.ГЦНВ-50МТ	1,38	0,34	16,9	23,3	40,2	3,0	0,43
4.ПЦ М400	2,36	0,42	6,8	14,8	30,4	9,1	0,92

Примечание: соотношение вяжущее:песок — 1:3,5; жесткость бетонной смеси — 15 с

Мелкозернистый бетон основе ГЦНВ-50МТ позволяет получать БКМ с заданными свойствами на мелких песках (с модулем крупности менее 2), вдвое меньше подвержен абразивному износу. Хорошую сопротивляемость абразивному износу ГМЗБ-М можно объяснить особенностями структуры цементного камня, в которой вследствие введения ПАВ и органи-

пигментов, кровля из БЭК является подлинным украшением дома. Оборудование ведущих фирм для производства БЭК имеет широкий диапазон технических возможностей — от устройств с использованием ручных операций производительностью 1 ... 1,5 тыс. шт. в смену до полностью автоматизированных установок, выпускающих до 45 тыс. шт. в смену.

Широко практикуются как объемное окрашивание, так и различные облицовки БЭК: напыление цветного цементного состава иногда двух цветов одновременно, фактурная отделка, в том числе посыпка гранулятором цветного песка, напыление пластмассовой эмульсии на свежесформованную поверхность и др. Выпускаются, в основном, римские, венские, альпийские БЭК преимущественно красного и коричневого цветов [5].

Все больше организаций занимаются разработкой оборудования для производства БЭК, и, в основном, это аналоги западных технологических линий пресс-прокатного формования. Для производства БЭК используют пресс-прокатную технологию: изделие формируется на непрерывно движущейся ленте из фигурных литых поддонов, обеспечивающих формирование нижней поверхности, его верхняя часть профилируется и уплотняется роликом, под которым протаскивается поддон с дозированной порцией смеси. Термообработку производят на поддонах.

Реже используют технологию вибропрессования, причем преимущественно для изготовления плоских БЭК. Вибропрессование не предъявляет требований к составу бетона и качеству заполнителей. В практике накоплен большой опыт изготовления вибропрессова-

нием с использованием песков, не подвергавшихся какой-либо переработке, тротуарных плит и бетонных камней мощения — изделий, по габаритам близким к размерам БЭК, а по морозостойкости, значительно превосходящих требования к ней. Однако до сих пор отсутствует систематический анализ возможности воспроизводства зарубежных технологий, нет стабильно работающего производства цементно-бетонных кровельных изделий (за исключением линий, использующих продукцию заводов сухих смесей), разработки по новым конструкциям элементов кровли из МЗБ.

Резюмируя изложенное, можно прийти к выводу: с учетом экономических показателей промышленного опыта большая часть мелкозернистых бетонов будет готовиться на основе цемента низкой водопотребности, преимущественно с использованием ингредиентов гидрофобизирующего действия в составе многокомпонентных добавок, а для производства дорожного бетона и изделий для обустройства дорог будут применяться только бесхлоридные ускорители твердения, главным образом органического происхождения, что позволит обеспечить высокие показатели прочности и морозостойкости при существенной флегматизации процессов электрокоррозии и коррозии бетона и железобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Ергешев Р.Б. Технология и свойства мелкозернистых бетонов: Учебное пособие. Алматы: КазГосИНТИ, 2000. 195 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990. 400 с.
3. Долгополов Н.Н., Суханов М.А., Лореттова Р.Н. Новый тип цементного вяжущего — вяжущее низкой водопотребности (ВНВ) и пути его использования. М.: ЦМИПКС, МИСИ им.В.В.Куйбышева, 1992. 76 с.
4. Юдович Б.Э. и др. Цементы низкой водопотребности — вяжущие нового поколения // Цемент и его применение. 1999. № 4. С. 15–18.
5. Львович К.И. Вибропрессованная цементно-песчаная черепица // Бетон и железобетон. 1993. № 10. С. 21–23.

Раздел 5

**Технические средства
и программное обеспечение
автоматизированных систем**

УДК 65.012

В.В. ЯВОРСКИЙ

**Моделирование развития городского
пассажирского транспорта**

Наряду с рыночными взаимоотношениями, рациональную сферу использования городского транспорта должны регулировать департаменты транспорта. Это должно происходить с использованием демократических, рыночных механизмов. Сложная и многогранная проблема реализации этого принципа очевидна. С одной стороны, нормативно не полностью определен статус органов координации управления транспортными системами. С другой стороны, в виду отсутствия современных информационных систем поддержки принятия рациональных решений, данные органы не в состоянии эффективно реализовать даже порученные им функции управления.

На что реально может воздействовать транспортный департамент и чем он должен управлять в условиях современных рыночных отношений? Создание и эффективное функционирование данной организации невозможно без системного подхода. Системообразующим признаком всегда является цель существования системы, которая является требованием решения определенной проблемы и выражает определенные интересы.

В социально-экономических системах, к которым относятся городские транспортные системы, должна быть предусмотрена сбалансированная реализация интересов элементов транспортной системы. Баланс всегда должен быть смещен в сторону удовлетворения интересов горожан. Реализация рыночных интересов в

иерархической транспортной системе сегодня ведет к тому, что фактически многопараметрическое управление в какой-то части иерархий системы управления заменяется приватизацией этой части иерархии. Это считается эффективным и прогрессивным путем развития. Однако в таких социально значимых системах, которыми являются транспортные системы городов, бросаться из одной крайности, заключающейся в полном контроле всех элементов системы по всем параметрам, к другой, заключающейся в полной свободе действий отдельных слоев иерархии и потере управляемости, нерационально. Современное развитие наук об организационных системах и методов управления в обществе вполне позволяет ставить вопрос о необходимости синтеза такого устройства системы, при котором самостоятельность отдельных элементов иерархии сочетается с контролем и управляемостью всей иерархии. Критерием возможности самоуправления отдельных слоев иерархий, является уровень общественного согласия. Общественное согласие относительно общей цели существования и развития городского транспорта — основа, на которой может быть построено правильное стимулирование элементов транспортной системы. Если система стимулирования (законы распределения общей премии) построена правильно, происходит движение системы в направлении цели ее существования и развития.

Основная цель транспортных департаментов (ра-

циональная организация функционирования и развития транспортных систем городов) фактически выражает необходимость рассматривать город как целостный социально-экономический механизм. На современном этапе — это, прежде всего, управление градообразующей сферой, определяющей развитие транспортной системы и координация работы транспортных хозяйств города с использованием рыночных механизмов.

Необходимым условием эффективного функционирования транспортного департамента является создание системы комплексного программного планирования развития транспортной системы. Она должна предусматривать организацию, контроль и анализ работы городского транспорта на основе единого банка данных и распределенной вычислительной системы. Необходима также общая методология, позволяющая решать полный цикл задач управления — от сбора и анализа данных о движении транспорта, о транспортной потребности населения до формирования документов, необходимых для выдачи лицензий на обслуживание маршрутов и проектных документов по совершенствованию городского транспорта [1]. При этом необходимо реализовать следующие основные функции: анализ городской дорожно-транспортной системы и интенсивности движения транспорта; анализ функционирования маршрутного и немаршрутного транспорта; анализ и выявление тенденций изменения пассажиропотоков; составление базовых расписаний движения; определение и анализ пассажиропотоков между транспортными районами города; формирование вариантов развития маршрутной сети и спецобслуживания [2]. Контроль рынка транспортных услуг путем предоставления лицензий на маршруты является одной из основных социально-экономических функций департаментов, поэтому весьма важно создание соответствующей информационной и программной системы поддержки решения этой задачи. Основой для формирования вариантов развития транспортной системы является информация о транспортной потребности населения города. Ситуация такова, что методы, основным содержанием которых являлось изучение расселения относительно градообразующих объектов, дают искаженные результаты. Более перспективным для получения этой информации представляется подход, основанный на использовании констант самоорганизации передвижения населения в городе [3], а также постоянно обновляемых данных о пассажиропотоках на маршрутах [1].

Отсутствие системности в развитии городского транспорта проявляется в неуправляемом росте числа маршрутных такси. Это сопровождается несоблюдением элементарных норм безопасности движения, использованием данного вида транспорта не по назначению. Тем не менее, на рынке транспортных услуг маршрутные такси в наших условиях оказались весьма конкурентоспособными и вытесняют сегодня не только таксомоторный транспорт, но маршрутизированный автобусный. Очевидны интересы получения быстрой прибыли при минимальных затратах.

Данный вид транспорта, ранее с трудом внедряемый с целью разгрузить основные таксомоторные

направления в городе, сегодня захватывает рынок ввиду следующих двух основных причин. Первая, это реальный рост оплаты таксомоторной поездки в сопоставимых ценах (примерно в два раза по сравнению с 80-ми годами). При этом, хотя относительная стоимость оплаты маршрутизированного такси даже несколько возросла (если в 80-е годы оплата маршрутизированной таксомоторной поездки составляла примерно 7% оплаты обычной таксомоторной поездки, то сегодня примерно 10%), горожане отвергают высокие ставки таксомоторного транспорта. Вторая причина в том, что значительно возросла стоимостная оценка затрат времени на передвижения активного населения (примерно в 1,7 раза по сравнению с 80-ми годами). Таким образом, фактически значительно возрос спрос на таксомоторные поездки. Рост потенциального таксомоторного пассажиропотока, при неоправданном росте тарифов на обычных такси привел к феномену того, что горожане «поехали» на маршрутизированных такси. При этом в угоду сокращению времени поездки в «часы пик» они отказываются учитывать значительное ухудшение большинства других параметров качества транспортного товара, каким является перевозка, и, прежде всего, безопасности и комфортабельности.

Конечно, срок действия указанного феномена ограничен объективно, но важно предпринять и ряд регулирующих воздействий ввиду явного нарушения баланса интересов развития системы городского транспорта. Очевидным направлением решения данной проблемы является, с одной стороны, сокращение тарифов обычных таксомоторных перевозок, например, за счет организации эффективных муниципальных предприятий радиофицированного таксомоторного транспорта, а с другой стороны сокращение времени передвижения на других видах общественного транспорта, прежде всего автобусном. Повышение эффективности автобусных перевозок невозможно без определенных организационно-административных методов, ввиду бесконтрольности роста количества маршрутных такси и ухудшения возможности скоростного передвижения для автобусов.

Для регулирования процессов экспансии «маршруток» можно предложить множество методов:

- ограничение числа посадочных мест в маршрутном такси;
- повышение налогов, а значит, оплаты за проезд;
- отмены маршрутных таксомоторных перевозок в «часы пик» и т.п.

Главное в том, чтобы эти организационные мероприятия были хорошо продуманы, подготовлены и обоснованы. В идеале можно говорить о моделировании развития и проектировании сети маршрутизированного таксомоторного транспорта. При этом будем рассматривать таксомоторные маршрутизированные и обычные перевозки отдельно от всех остальных перевозок городского транспорта как представляющие достаточно обособленный вид перевозок.

Для решения комплекса задач проектирования сети маршрутных такси необходимы следующие основные исходные данные:

- 1) матрица корреспонденций пассажиров таксомоторного транспорта между транспортными районами

(ТР) города;

2) технико-экономические показатели таксомоторного транспорта (ТТ) города, с детализацией этих данных для маршрутных и немаршрутных перевозок;

3) ряд ограничений, которые необходимо учитывать при проектировании сети (ограничения на конфигурацию маршрутов, возможности организации движения по улично-дорожной сети города, а также на технико-экономические показатели ТТ).

Пусть информация о пассажиропотоках задается в виде матрицы корреспонденций $\Lambda = \|\lambda_{ij}\|$, элемент которой λ_{ij} — количество пассажиров, желающих в единицу времени (час) переехать на такси из района i в район j , $i, j = 1, n$. Предварительный анализ матрицы корреспонденций позволяет исключить из рассмотрения ряд ТР, имеющих малые потоки пассажиров:

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n (\lambda_{ij} + \lambda_{ji}). \quad (1)$$

Предполагая, что для обслуживания ТР i выделяется такое число маршрутных такси (МТ), чтобы поток пассажиров P_i полностью обслуживался, можно оценить среднее время ожидания пассажиров по формуле

$$t_i = \frac{H}{2\bar{I}_i}, \quad (2)$$

где H — вместимость МТ. Задав верхний предел для среднего времени ожидания, равный $t^{\max}$ часа, можно рассчитать, что для обеспечения такого предельного времени при полной загрузке МТ необходимо, чтобы минимальный пассажирооборот

$$\bar{I}_i^{\min} = \frac{H}{2t^{\max}}. \quad (3)$$

Транспортные районы, имеющие меньший пассажиропоток, можно не рассматривать в качестве базовых для формирования маршрутов такси.

Методика проектирования сетей маршрутных такси может включать все основные этапы методики проектирования маршрутных транспортных сетей [4]. При этом целесообразным является решение следующих задач. На первом этапе — выделение наиболее взаимосвязанных подмножеств ТР города и определение последовательности прохождения ТР маршрутом. На втором этапе — анализ каждого маршрута избыточной совокупности в отдельности, а затем решение задачи формирования рациональной сети маршрутов, путем определения ресурса МТ на каждом из них с использованием поисковых алгоритмов оптимизации.

Важнейшей задачей для определения критерия качества функционирования системы таксомоторного транспорта является разработка методов моделирования процесса перевозки пассажиров. Следует отметить, что технология перевозок маршрутизированным таксомоторным транспортом недостаточно стандартизирована. Так, фактически не требуется остановка такси на каждой остановке. Такого рода отличия от автобусного транспорта требует разработки моделей процесса обслуживания непосредственно для маршрутных такси.

Будем вначале рассматривать каждый маршрут таксомоторного транспорта отдельно. Предположим, что каждый потенциальный пассажир предпочитает воспользоваться услугами МТ, если такая возможность у него появится в течение заданного предельного времени ожидания t_{ie}^i . В противном случае он считается обслуженным обычными такси с заданными средними характеристиками обслуживания. Таким образом, критерий качества функционирования маршрута таксомоторного транспорта $F(r_k)$ складывается из двух составляющих. Одна из них соответствует МТ, а другая — обычным такси (ОТ), причем обе они зависят от числа МТ на маршруте r_k .

Для определения параметров реальных пассажиропотоков на маршруте и общих затрат времени пассажиров МТ на ожидание и проезд предлагается использовать метод моделирования процессов перевозки пассажиров, изложенный в [4]. При этом считается, что МТ останавливается на стоянке в том случае, если в нем имеются выходящие пассажиры либо свободные места. Если маршрут задан последовательностью ТР $\{0, 1, \dots, p\}$, в каждом из которых имеется стоянка МТ, то вероятность того, что такси не остановится на i -й стоянке, можно определить как произведение вероятности того, что на каждой j -й стоянке $j = 0, i-1$ в МТ не сядут пассажиры, едущие до i -й стоянки — P'_i , на вероятность того, что на перегоне $(i-1, i)$ МТ будет полностью загружено пассажирами, не выходящими на i -й стоянке — P'_2 :

$$P' = P'_i \cdot P'_2. \quad (4)$$

Принимая реальные потоки пассажиров на маршруте пуассоновскими, P'_i и P'_2 можно оценить по формулам:

$$P'_i = \prod_{j=0}^{i-1} \left[P'_j - (1 - P'_j) e^{-\left(\lambda_{ji} \frac{\Pi^A_j}{\lambda_j} \tau\right)} \right], \quad (5)$$

$$P'_2 = \sum_{m=q}^{\infty} \frac{\left\{ \tau \left[\Pi(i-1, i) - \sum_{j=0}^{i-1} \lambda_{ji} \frac{\Pi^{\delta}_j}{\lambda_j} \right] \right\}}{m!} e^{-\tau \left[\Pi(i-1, i) - \sum_{j=0}^{i-1} \lambda_{ji} \frac{\Pi^{\delta}_j}{\lambda_j} \right]}, \quad (6)$$

где τ — интервал между маршрутными такси;

λ_j — интенсивность пассажиропотока с j -й стоянки;

$\bar{I}_j^A$ — интенсивность потока обслуженных пассажиров с j -й стоянки;

q — интенсивность потока свободных мест на маршруте;

$\bar{I}(i-1, i)$ — пассажиропоток на перегоне.

С использованием P'_i можно вычислить оценку величины среднего интервала между МТ, делающими остановку на i -й стоянке:

$$\tau_i = \frac{\tau}{1 - P'_i}. \quad (7)$$

Заменяя теперь τ на τ_i в формулах расчета харак-

теристик обслуживания на стоянках обычного автобусного маршрута [4], можно получить все необходимые данные о процессе обслуживания.

Отметим, что характеристики транзитных пассажиров при анализе процессов обслуживания связаны с условием остановки МТ на стоянке. Это можно учесть, рассматривая процессы при условии, что число транзитных пассажиров не больше чем $H - 1$.

С использованием модели процессов на маршруте [4] можно определить затраты времени ожидания и проезда пассажиров, обслуживаемых МТ $T_{i\alpha}^i(r_k)$, $T_{i\delta}^i(r_k)$, а также элементы скорректированной матрицы корреспонденций λ'_{ij} , характеризующие ту часть пассажиропотока, которая осталась необслуженной рассматриваемым таксомоторным маршрутом. Конечно, можно предполагать, что не все пассажиры, оставшиеся не обслуженными маршрутным такси, будут обслуживаться исключительно таксомоторным транспортом. Это можно легко учесть, разделив корреспонденцию λ'_{ij} на ряд частей, соответствующих вариантам обслуживания, и учитывая соответствующие параметры обслуживания. В дальнейшем, однако, для упрощения изложения будем рассматривать в качестве альтернативы только таксомоторный транспорт.

Затраты времени ожидания пассажиров маршрута, обслуживаемых ОТ, можно оценить по формуле

$$T_{i\alpha}^i(r_k) = t_{i\alpha}^i \sum_{j=0}^p \sum_{j=0}^p \lambda'_{ij}, \quad (8)$$

где $t_{i\alpha}^i$ — среднее время ожидания обслуживания на такси.

Затраты времени проезда можно оценить по формуле:

$$T_{i\delta}^i(r_k) = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^p \frac{\lambda'_{ij} l_{ij} \beta}{v^\circ}, \quad (9)$$

где l_{ij} — расстояние между ТР города по прямой;

β — коэффициент непрямолинейности езды ОТ;

v° — его скорость.

Составляющую эксплуатационных затрат для МТ — $A_m(r_k)$ можно определить как

$$A_m(r_k) = r_k \cdot C_m \cdot v_m, \quad (10)$$

где C_m — себестоимость одного платного километра пробега МТ;

v_m — его скорость.

Эти же затраты ОТ определяются как

$$A(r_k) = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^p \frac{\lambda'_{ij} l_{ij} \beta C_o}{\delta_o}, \quad (11)$$

где C_o — себестоимость платного километра обыч-

ных такси;

δ_o — коэффициент наполнения ОТ.

Доходность маршрута — $\ddot{A}_i(r_k)$ можно оценить по формуле

$$\ddot{A}_i(r_k) = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^p f l_{ij}^m \lambda_{ij} - \lambda'_{ij}, \quad (12)$$

где $f l_{ij}^m$ — тарифная ставка за проезд на расстояние l_{ij}^m (расстояние между ТР i и j необходимо вычислять по маршруту).

Доходность обычных такси

$$\ddot{A}_o(r_k) = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^p \frac{\lambda'_{ij}}{\delta_o} (C_1 + l_{ij} \beta \ddot{N}_2), \quad (13)$$

где C_1 — плата за посадку в ОТ;

C_2 — плата за один километр проезда.

Анализ эффективности таксомоторного маршрута может осуществляться как с точки зрения сокращения затрат времени на передвижение населением города, так и с точки зрения эксплуатационного предприятия. Для такого анализа можно предложить ряд функциональных зависимостей. Например, доходность маршрута можно оценивать следующими зависимостями:

$$D_o(r_k) = \ddot{A}_o(r_k) - A_o(r_k), \quad (14)$$

$$D_m(r_k) = \ddot{A}_m(r_k) - A_m(r_k), \quad (15)$$

$$D(r_k) = D_m(r_k) + D_o(r_k), \quad (16)$$

где $D_o(r_k)$, $D_m(r_k)$, $D(r_k)$ — соответственно, доходность перевозок обычным такси, на маршруте и в целом.

Затраты времени на проезд выражаются следующими зависимостями:

$$T_o(r_k) = T_{i\alpha}^i(r_k) + T_{i\delta}^i(r_k), \quad (17)$$

$$T_m(r_k) = T_{i\alpha}^m(r_k) + T_{i\delta}^m(r_k), \quad (18)$$

$$T(r_k) = T_o(r_k) + T_m(r_k), \quad (19)$$

где $T_o(r_k)$, $T_m(r_k)$, $T(r_k)$ — соответственно, затраты времени для поездок на обычном, маршрутном таксомоторном транспорте и общие затраты времени на перемещение пассажиров таксомоторного транспорта по рассматриваемому маршруту. Затраты времени на передвижения можно выражать и в денежном выражении, используя соответствующие оценки.

С использованием приведенных зависимостей, можно сформировать избыточную совокупность наиболее рациональных маршрутов таксомоторного транспорта.

Окончательный выбор системы маршрутов можно произвести, анализируя маршруты в совокупности, например, по результатам решения задачи определения числа МТ на маршрутах избыточной совокупности с использованием алгоритмов, описанных в [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яворский В.В. Распределенная обработка информации о перевозках пассажиров городским транспортом // Проблемы создания распределенных вычислительных сетей. М.: Изд-во НПО АСУ «Москва», 1987. С. 71–77.
2. Макаров И.П., Ямпольский В.З. Автоматизация управления городским транспортом. М.: Транспорт, 1981.
3. Гольц Г.А. Транспорт и расселение. М.: Наука, 1981.

4. Яворский В.В. Модели и алгоритмы проектирования сети городского пассажирского транспорта // Проблемы построения автоматизированных систем управления на транспорте. Киев: Изд. ИК АН УССР, 1976. С. 93–103.

УДК 378.244.1:004.9

В.В. ЯВОРСКИЙ
М.Ю. ЗАРУБИН
Г.М. ЯВОРСКАЯ

Исследование системы оценки знаний на базе нейронной сети в автоматизированных обучающих системах

Традиционная система контроля и оценки знаний имеет, наряду с достоинствами, целый ряд недостатков. Основным из них является проявление субъективизма в оценке знаний учащихся. В зарубежных исследованиях, посвященных устному опросу, доказано, что совпадение оценок двух экзаменаторов, проверявших независимо друг от друга знания одного и того же испытуемого в одной и той же области знаний, совпадало только в 40–60% случаев. К тому же устный опрос требует большого расхода учебного времени преподавателя. Известно, какой большой объем работы приходится выполнить педагогу для проведения регулярного сплошного контроля изученного материала. Наконец, весьма существенным недостатком являются трудности использования компьютеров в рамках традиционной системы контроля знаний.

В то же время устный опрос и письменные работы имеют несомненные достоинства. Прежде всего, это живой диалог учителя и ученика и приобретение опыта формулирования мыслей в письменных работах.

Педагогическое тестирование во многом свободно от недостатков, присущих традиционной системе контроля. В настоящее время существует несколько методов автоматизированной оценки знаний. Наибольшее распространение получил педагогический тест линейной структуры, то есть тест, в котором последовательно предъявляются вопросы, не связанные с уже выбранными ответами. Для такого теста характерны жесткие требования к процессу разработки и испытания. Это прежде всего касается соответствия содержания тестового задания цели изучения контролируемого элемента учебного материала, значимости материала, научной достоверности, системности, компактности и сбалансированности, дифференциации по уровню усвоения, кумулятивности, однозначности и четкости языка, регламентированности по времени, краткости, определенной мере трудности, отсутствию косвенных признаков правильного ответа, вариативности. Кроме того, тест должен быть проверен на валидность, надежность и эффективность. На практике линейные тесты чаще всего создаются наспех лицами, не имеющими требуемой квалификации. Поэтому тестирующая система на основе линейного теста нередко оценивает уровень знаний весьма условно.

Повысить качество теста, прежде всего его валидность, можно, связывая задаваемые вопросы с теми ответами, которые были уже получены. Однако даже в простейшем случае, такая тест-система представляет собой фактически экспертную систему, содержащую в базе знаний правила «если ..., то ...». Создание такой базы знаний экспертами — достаточно сложная задача. Адаптивные системы формирования и пополнения базы знаний требуют функционирования целого комплекса исследований по изучению уровня обучения.

Оценку ответа студента на вопрос теста можно рассматривать и как результат эксперимента, который ставит педагог [1]. Результатом такого эксперимента является некоторая величина (или совокупность величин) Z , зависящая от состояния знаний студента β . Если бы зависимость $Z = f(\beta)$ была детерминированной (то есть функциональной), то вынесение решения об оценке знаний не вызывало бы затруднений; определив по педагогическому опыту вид этой зависимости f^{-1} и измерив Z , можно было бы точно определить неизвестное состояние знаний $\beta = f^{-1}(Z)$. Затем осталось бы выбрать решение, касающееся дальнейшего обучения для известного теперь уровня знаний β , с тем чтобы с наименьшими затратами достичь цели обучения.

Однако на практике все сложнее. Как правило, зависимость результатов тестирования от состояния знаний является статистической, то есть в принципе при любом состоянии знаний могут наблюдаться любые значения Z (неверный ответ может случайно дать студент, отлично знающий материал, и наоборот, полностью правильный ответ может случайно выбрать студент, абсолютно не знающий материала), и только вероятности этих значений $p(Z/\beta_j)$ меняются в зависимости от β_j .

В принципе можно поставить задачу оценки набора условных вероятностей распределений $p(Z/\beta_i)$, $j = 1, n$, исходя из предыдущего опыта и уточнения по результатам использования системы. Фактически это является реализацией экспертной системы оценки знаний. По результатам диалога с обучаемыми такая система формирует оценку α .

С математической точки зрения алгоритм работы такой системы соответствует заданию статистических решающих функций $\nu: \lambda = \nu(z)$ и выбору определенной решающей функции по некоторому умному критерию (минимаксному, Гурвица, Бейеса и т.д.)

Однако количество статистических решающих функций, как известно [2], определяется как $k = m^n$, где m — число различных уровней знания у обучаемого (количество оценок), а n — число различных градаций величины Z . При использовании тестов величина n принимает большие значения. Так, тест, содержащий 20 вопросов с пятью ответами на каждый вопрос, фактически имеет $n = 20^5 = 3200000$ различных значений величины Z . Так, при пятибалльной оценке имеется всего $4^{3200000}$ различных статистических решающих функций. Поэтому использование аппарата статистических решающих функций весьма проблематично.

Таким образом, линейные тесты как инструмент оценки знаний обладают большой неопределенностью, описать которую формальным математическим

аппаратом очень сложно. Ввиду этого предлагается использовать для моделирования оценки знаний нейронные сети.

Для рассмотренного выше теста из 20 вопросов входы-выходы нейронной сети будут выглядеть следующим образом (рис.1).

Входы нейронной сети — это все варианты предлагаемых ответов на вопросы теста. Поэтому входы могут быть выбраны бинарными: «1» — ответ выбран тестируемым лицом, «0» — ответ не выбран.

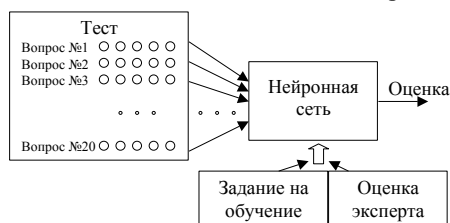


Рис. 1. Схема предложенной системы контроля знаний на базе нейронной сети

Выход сети — это оценка знаний контролируемого лица. Можно оценивать знания, например, как это обычно принято, оценками «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Для этого выбрано четыре бинарных выхода сети. Значение «1» на первом выходе соответствует оценке «неудовлетворительно», значение «1» на последнем — оценке «отлично».

В основе принципа действия системы лежит свойство нейронных сетей обучаться. Обучение системы заключается в изменении весов связей нейронов сети по заданным алгоритмам, называемым правилами обучения. Целью обучения является совпадение оценок, выставяемых по ответам теста нейронной сетью, с оценками, поставленными экспертом-преподавателем по результатам контрольного собеседования с тестируемым лицом, с заранее заданной точностью.

В качестве нейронной сети был выбран персептрон.

Возможное количество обучающих выборок для теста, состоящего из 20 вопросов, которые имеют по возможных 5 вариантов ответов, составляет $20^5 = 3200000$. Размер обучающей выборки может быть ограничен величиной 10000 вариантов ответов на тест. Это всего около 0,3% от всех возможных вариантов ответов. Такой размер выборки можно принять, так как имеется вполне определенная зависимость между относительной погрешностью оценки теста нейронной сетью и размером обучающей выборки. Эта зависимость приведена на рис. 2.

Программная модель нейронной сети создана с помощью языка программирования Delphi 5. Время обучения нейронной сети на выборке из 5000 вариантов ответов составило 12 минут 5 секунд, на выборке в 10000 — 20 минут.

Аппроксимация зависимости относительной погрешности от размера обучающей выборки может быть выполнена с помощью алгебраического полинома.

$$F(x) := k_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{k_i}{x^i} = 5,217 + \frac{4,119 \cdot 10^4}{x} - \frac{1,025 \cdot 10^7}{x^2} - \frac{1,975 \cdot 10^8}{x^3} + \dots$$

В общем случае аппроксимация кривой, постро-

енной по полученным данным, может быть реализована на базе различных функций и рядов. Предложенный вид аппроксимирующей функции выбран по причине того, что в ней свободный коэффициент позволяет просто и наглядно оценить минимально возможную погрешность нейронной сети.

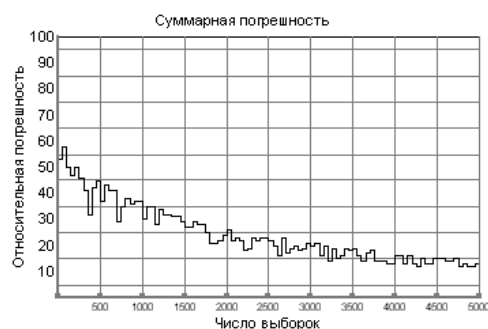


Рис. 2. Зависимость относительной погрешности оценки теста искусственной нейронной сетью от числа обучающих выборок

Коэффициенты k_i рассчитаны с помощью функции «LINFIT» пакета математических вычислений MathCAD 2000 PROFESSIONAL. Функция «LINFIT» определяет коэффициенты аппроксимирующей функции, при которых при кусочно-линейной аппроксимации функция наиболее точно совпадает с исходной. Графики экспериментальной зависимости и аппроксимирующих кривых приведены на рис. 3. Оценка минимальной погрешности обучения составляет 5,217%.

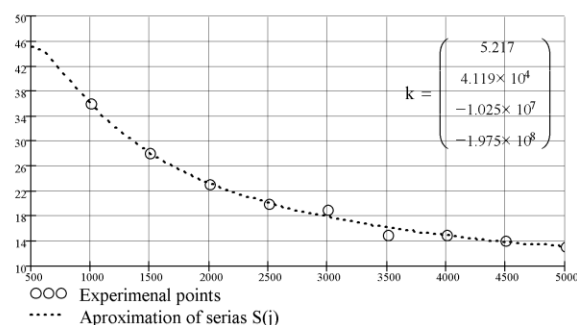


Рис. 3. Результаты эксперимента и аппроксимирующие кривые

Ввиду того, что погрешность в 10% может считаться удовлетворительной [3], размер выборки может быть ограничен числом вариантов ответов приблизительно в 9300.

Очевидно, что прямое обучение нейронной сети для систем оценки знаний является тогда неприемлемым, так как реально возможно провести обучение сети по 20–40 тестам. Эта проблема может быть решена путем обучения нейронной сети на модели «проверяемый–экзаменатор», где оценка выставяется обычным образом. Затем веса нейронной сети могут донастраиваться с помощью корректирующей выборки, оценки за тест-ответы которой ставит преподаватель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладких Б.А. Лекции по исследованию операций. Томск: ИТУ, 1979.
2. Вальд А. Статистические решающие функции. Позитивные игры / Под ред. Н.Н. Воробьева. М.: Наука, 1967.
3. Фаберман Б. Методика разработки и применения педагогических тестов. Ташкент: Ташполиграфтехникум, 1995.

УДК 550.83.05.012.(574.1)

*Г.Т. БОРИСЕНКО
Г.С. МАКАШЕВА*

Методика выделения пластов-коллекторов в тонкослоистом разрезе месторождения Кенкияк

В условиях тонкослоистого разреза выделение коллекторов является весьма сложной задачей. Основная причина, затрудняющая использование комплекса геофизических признаков для изучения глубокозалегающих отложений — нивелирование физических и коллекторских свойств пород различного литологического состава вследствие их уплотнения [1,2].

Вопросы, связанные с изучением нефтяных залежей, приуроченных к песчано-глинистым коллекторам, в настоящее время уже не являются совершенно новыми. Однако при выделении коллекторов, оценке характера насыщения и подсчетных параметров, часто возникают трудности. Их причинами является сложное строение коллекторов, в которых наряду с межзерновыми порами присутствуют трещины, способствующие, как правило, формированию глубокой зоны проникновения фильтрата бурового раствора. Преобладающей тип пористости коллекторов месторождения Кенкияк установлен нами по сопоставлению коэффициентов пористости, определенных в результате интерпретации диаграмм акустического каротажа и нейтронного гамма-метода. Установлено, что для коллекторов месторождения в основном характерна пористость гранулярного типа [3].

Признаки выделения коллекторов по геофизическим данным разделяют на две группы: прямые каче-

ственные, основанные на более высокой проницаемости коллектора по сравнению с вмещающими породами и проникновения в коллектор фильтрата бурового раствора, и количественные, основанные на отличии коллектора от вмещающих пород по пористости и глинистости. Основные признаки коллектора: сужения диаметра скважины по сравнению с номинальным, наличие радиального градиента удельного электрического сопротивления на диаграммах бокового электрического зондирования, наличие положительных приращений на микрозондах, которые не характерны для коллекторов изучаемого месторождения, т.к. разрезы скважин представлены тонким чередованием различных пород и бурение скважин ведется на соленых буровых растворах [3,4]. Повторные замеры одними теми же зондами бокового электрического зондирования изучаемых отложений также не позволяют выделить пласты-коллекторы.

Для выделения пластов-коллекторов в изучаемом разрезе с целью обнаружения проникновения фильтрата глинистого раствора были проанализированы диаграммы бокового метода по скважинам месторождения, в которых проведены повторные замеры. Проведена обработка диаграмм ρ_k и выявлены интервалы, в которых удельное электрическое сопротивление с течением времени изменяется.

Интервалы пластов–коллекторов, выделенные по повторным замерам, по данным обработки комплекса геофизических исследований характеризуются низкой интенсивностью естественного гамма-излучения, средними значениями вторичного гамма-излучения, интервального времени и удельного электрического сопротивления, коэффициенты скрытой пористости для них выше граничной величины ($K_i^{\text{св}} \geq 8,5\%$), установленной при анализе петрофизических определений. Так как объем повторных замеров в скважинах месторождения мал, выделение пластов–коллекторов по прямым качественным признакам по всем горизонтам невозможно. Коллекторы будем выделять по косвенным количественным критериям, что основано на следующих предпосылках: в каждом конкретном разрезе породы–коллекторы отличаются от вмещающих пород проницаемостью, пористостью, глинистостью [5]. Характерными особенностями подсолевых отложений являются: тонкое переслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов, мощность прослоек от десятых долей метра до нескольких метров; повышенная карбонатность; низкая пористость. Согласно лабораторным исследованиям керна, проведенным тематической партией Актюбинской экспедиции по геофизическим исследованиям лишь единичные образцы характеризуются открытой пористостью более 10–15%. Граничными для изучаемого месторождения являются коэффициенты проницаемости $K_{i\phi} \geq 1 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, пористости — $K_i^o \geq 8,5\%$, суммарного содержания глинистого и карбонатного материала $\Sigma(C_{\text{карб}} + C_{\text{гл}}) < 45\%$.

Схема комплексной обработки диаграмм геофизических методов исследования скважин с целью выделения пластов-коллекторов представлена на рисунке.

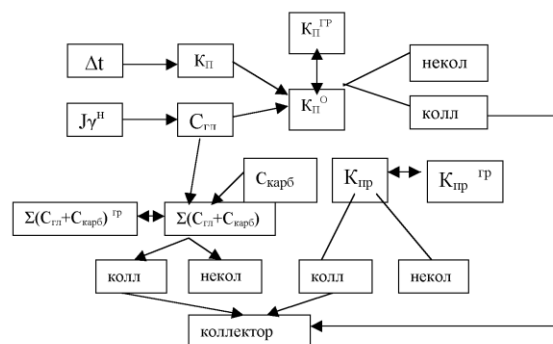
Одним из важнейших параметров коллектора является его пористость. В условиях продуктивного низкопористого разреза с тонким переслаиванием высокоомных и низкоомных пород обычные способы определения пористости по электрокаротажу применять затруднительно ввиду того, что показания электрических методов обусловлены не только пористостью, но и их насыщением. В данных условиях в качестве основного метода для оценки пористости пород выступают не электрометоды, а акустический метод.

Статистическая зависимость между интервальным

временем (Δt) и коэффициентом пористости для песчаных пород месторождения имеет вид прямой, описываемой уравнением

$$K_n = 0,247\Delta t - 42, \%$$

Погрешность единичного определения пористости песчаников по полученной зависимости определяется среднеквадратическим отклонением от прямой и составляет 1,5–2,5%.



Между глинистостью ($C_{гл}$) и интенсивностью естественного гамма – излучения (J_{γ}) установлена связь

$$C_{2n} = 20,52 + 1,33 J_{\gamma}^2 - 10,39 J_{\gamma}, \%$$

Для песчаников и алевролитов месторождения установлена обратная зависимость между содержаниями глинистого и карбонатного материала. Увеличению содержания карбонатного материала соответствует ухудшение емкостных и фильтрационных свойств. Формула расчета карбонатности пород

$$C_{\kappa\alpha\rho\delta} = 0,053 K_i^2 - 2,64 K_\eta + 41,5, \text{ \%}.$$

Коэффициенты проницаемости и пористости для пород месторождения тесно связаны между собой выражением

$$K_{nn} = 0,018 E^{0,47K_f}, \text{ МД.}$$

Таким образом, определив коэффициенты открытой пористости, проницаемости и суммарное содержание карбонатного и глинистого материала в породе, делаем заключение о наличии в разрезе скважины пласта коллектора, для которого в дальнейшем будем определять характер насыщения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добрынин В.М. Физические свойства нефтегазоносных коллекторов в глубоких скважинах. М.: Недра, 1965. 161 с.
2. Ханин А.А. Породы — коллекторы нефти и газа и их изучение. М.: Недра, 1969. 366 с.
3. Борисенко Г.Т., Кривенцова М.М. Выделение коллекторов в подсолевых отложениях площади Кенкияк // Вопросы нефтяной и рудной геофизики / Каз. политехн. ин-т. Алма-Ата, 1980. С. 66–72.
4. Борисенко Г.Т., Портнов В.С. Методика определения коэффициента пористости геофизическими методами // Методы интерпретации и обработки данных в разведочной геофизике / Каз. политехн. ин-т. Алма-Ата, 1988. С. 56–59.
5. Вендельштейн Б.Ю., Золоева Г.М., Царева Н.В. Геофизические методы изучения подсчетных параметров при определении запасов нефти и газа. М.: Недра, 1985. 247 с.

УДК 550.83/84 (574.243)

Б.Д. БИЛЯЛОВ

Забойное усреднение добываемой руды Лисаковского месторождения

Вопросы управления качеством добываемой руды являются очень важными для всех без исключения горно-обогатительных комбинатов, так как обеспечение оптимального состава обогащаемой шихты при разработке способствует не только стабильной работе обогатительных фабрик, но и в целом горно-обогатительных фабрик. Кроме того, забойное усреднение добываемой руды уменьшает расходы по подготовке обогащаемой шихты, так как отпадает необходимость в усреднительном складе для большого объема руды.

Исходной информацией для планирования намечаемых к отработке блоков определенного состава руды по каждому горизонту из разрабатываемых участков Лисаковского месторождения является granulометрический состав и содержание железа общего и по классам их крупности, определенных в результате доразведки. Таковыми для разработанной программы выступают:

q — производительность 1 погонного метра заходки, т/м^2 ;

α — содержание железа общего, %;

$\gamma_{+1,6}$ — выход руд класса +1,6 мм, %;

$\gamma_{-0,6+0,15}$ — выход руд класса -0,6+0,15 мм, %;

β_{Σ} — содержание железа в рудах класса -0,6+0,15 мм, %.

В зависимости от положения забоя указанные параметры изменяются. Принимаем, что производительность погонного метра заходки и указанные выше параметры состава руды между пикетами являются постоянными, то есть указанные показатели можно представить кусочно-постоянными функциями. Пикеты фиксируются через равные отрезки (25 м), как это принято на ГОКе. Таким образом, строка базы данных содержит информацию о номере пикета и положении забоя (в метрах от соответствующего пикета), производительности погонного метра заходки, содержании железа общего и в рудах класса -0,6+0,15 мм и выходах руд классов +1,6 мм и -0,6+0,15 мм.

Так как на месторождении разрабатываются 3 участка с соответствующими горизонтами (их 6), то база данных для каждого из 6 горизонтов создается самостоятельно. Для планирования качества добываемой руды для каждого горизонта j каждого участка i вычисляются следующие показатели, зависящие от размера (данные заходки) и местоположения блока отработки.

Q_{ij} — производительность, (количество товарной руды) блока отработки, т;

α_{ij} — содержание железа общего в блоке отработки, %;

$\gamma_{+1,6ij}$ — выход класса +1,6 мм в рудах блока отработки, %;

$\gamma_{-0,6+0,15ij}$ — выход класса -0,6+0,15 в рудах блока отработки, %;

$\beta_{\Sigma ij}$ — содержание железа в рудах класса -0,6+0,15 блока отработки.

Размер и местоположение планируемого к отработке блока определяется:

$x_{i,j}^0$ — исходное положение забоя, блока отработки, м;

$x_{i,j}^1$ — планируемое конечное положение забоя,

блока отработки, м.

Размер блока отработки (длина заходки) определяется как

$$\Delta_{i,j} = x_{i,j}^1 - x_{i,j}^0.$$

Параметры состава руды планируемого блока отработки и производительность (вес горной массы) блока отработки с конкретного горизонта, ограниченного исходным и планируемым положением забоя, в общем случае определяется:

$$Q_{i,j} = \int_{x_{i,j}^0}^{x_{i,j}^1} q_{i,j} \times dx, \quad (1)$$

$$\alpha_{i,j} = \frac{1}{\Delta_{i,j}} \int_{x_{i,j}^0}^{x_{i,j}^1} \alpha_{i,j} \times dx, \quad (2)$$

$$\gamma_{+1,6i,j} = \frac{1}{\Delta_{i,j}} \int_{x_{i,j}^0}^{x_{i,j}^1} \gamma_{+1,6i,j} \times dx, \quad (3)$$

$$\gamma_{\Sigma i,j} = \frac{1}{\Delta_{i,j}} \int_{x_{i,j}^0}^{x_{i,j}^1} \gamma_{\Sigma i,j} \times dx, \quad (4)$$

$$\beta_{\Sigma i,j} = \frac{1}{\Delta_{i,j}} \int_{x_{i,j}^0}^{x_{i,j}^1} \beta_{\Sigma i,j} \times dx. \quad (5)$$

Как видно из приведенных соотношений (1–5), первый параметр является суммарной величиной, представляющей сумму производительностей погонного метра, приходящихся на планируемый блок конкретного горизонта участка отработки. Остальные четыре показателя — это средние значения соответствующих параметров состава руды планируемых к отработке в заданном блоке. Так как все вышеперечисленные показатели зависят от конкретного их местоположения на конкретном горизонте соответствующего участка отработки, то есть являются функциями отдельных горизонтов различных участков отработки, то это можно выразить таким образом:

$$Q_{i,j} = Q_{i,j} \cdot x_{i,j}^0, x_{i,j}^1, \quad (6)$$

$$\alpha_{i,j} = \alpha_{i,j} \cdot x_{i,j}^0, x_{i,j}^1, \quad (7)$$

$$\gamma_{+1,6i,j} = \gamma_{+1,6i,j} \cdot x_{i,j}^0, x_{i,j}^1, \quad (8)$$

$$\gamma_{\Sigma i,j} = \gamma_{\Sigma i,j} \cdot x_{i,j}^0, x_{i,j}^1, \quad (9)$$

$$\beta_{\Sigma i,j} = \beta_{\Sigma i,j} \cdot x_{i,j}^0, x_{i,j}^1. \quad (10)$$

Задача управления качеством добываемой руды или, иначе, оперативного планирования горных работ для составления оптимального состава обогащаемой шихты состоит в том, чтобы подобрать такое планируемое положение забоев (с координатой $x_{i,j}^1$) относительно начальных ($x_{i,j}^0$), чтобы суммарный планируемый объем (суточной, недельной) добычи по руднику ($\bar{Q}$) был близок к плановому ($\bar{Q}_0$), то есть

$$\bar{Q} = \sum_{i,j} Q_{i,j}. \quad (11)$$

При этом должны выполняться и следующие условия, то есть вышеуказанные средние значения параметров состава шихты, составленной из добываемой

мой с различных горизонтов участков отработки руд, были близки оптимальным их величинам:

$$\bar{\alpha} = \sum_{i,j} \alpha_{i,j} Q_{ij} / \bar{Q} \approx \bar{\alpha}^0, \quad (12)$$

$$\bar{\gamma}_{+1,6} = \sum_{i,j} \bar{\gamma}_{+1,6ij} Q_{ij} / \bar{Q} \approx \gamma_{+1,6}^0, \quad (13)$$

$$\bar{\gamma}_{\Sigma} = \sum_{i,j} \bar{\gamma}_{\Sigma ij} Q_{ij} / \bar{Q} \approx \gamma_{\Sigma}^0, \quad (14)$$

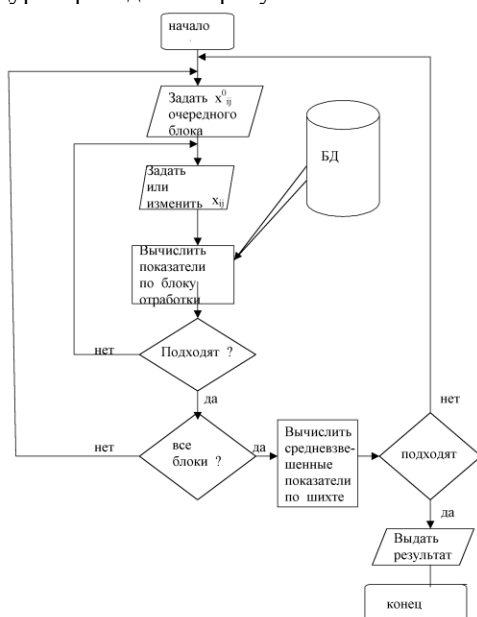
$$\bar{\beta}_{\Sigma} = \sum_{i,j} \bar{\beta}_{\Sigma ij} Q_{ij} / \bar{Q} \approx \beta_{\Sigma}^0. \quad (15)$$

где $\bar{\alpha}$, $\bar{\gamma}_{+1,6}$, $\bar{\gamma}_{\Sigma}$ и $\bar{\beta}_{\Sigma}$ — средневзвешенные значения параметров добываемой рудной шихты за определенный отрезок (сутки, неделя) времени;

$\bar{\alpha}^0$, $\gamma_{+1,6}^0$, γ_{Σ}^0 и β_{Σ}^0 — плановые показатели параметров состава рудной шихты, которые в программе планирования качества добываемой руды имеют значения:

$$\bar{\alpha}^0 = 40\%, \gamma_{+1,6}^0 = 7 \div 9\%, \gamma_{\Sigma}^0 = 50\%, \beta_{\Sigma}^0 = 40,5 \div 42,0\%.$$

Так как планирование качества добываемой рудной шихты осуществляется по большому количеству параметров состава руды, а сами условия или ограничения по планируемым показателям состава шихты задаются не жестко, а в некоторых случаях задача может не иметь решения, целесообразно использовать диалоговую процедуру. Укрупненная блок-схема этой процедуры приведена на рисунке.



Укрупненная схема алгоритма программы управления качеством добываемой руды

В соответствии с приведенной блок-схемой поэтапно проводятся следующие операции:

1. Задается значение координаты исходного (x_{ij}^0)

положения забоя на начало отработки планируемого блока на соответствующих горизонтах обрабатываемых участков.

2. Задается (или изменяется при новой итерации) значение координаты (x_{ij}^1) конечного забоя планируемого к отработке блока.

3. Вычисляются для заданного планируемого к отработке блока, ограниченного вышеуказанными координатами, средние параметры состава руды и выдаются на терминал.

4. Принятие решения:

– если рассчитанные прогнозные данные не устраивают (например, Q_{ij}), то изменяется координата (x_{ij}^1) конечного планируемого забоя (размер блока);

– если устраивают — то к блоку 5.

5. Если вышеуказанные операции проделаны по всем блокам отработки — то к блоку 6, иначе перейти к отработке следующего блока.

6. Вычисляются средневзвешенные параметры состава планируемой к добыче шихты со всех находящихся в работе горизонтов обрабатываемых участков и выдаются на терминал.

7. Принятие решения:

– если вычисленные показатели объема добычи или параметров состава планируемой к отработке шихты не устраивают, то выполняются изменения координат конечного положения забоя по одному или нескольким блокам отработки;

– если вычисленные показатели объема добычи и параметров состава планируемой к отработке шихты устраивают, то к блоку 8.

8. Выдача окончательных результатов планирования состава добываемой руды:

– координата (x_{ij}^1) конечного местоположения забоя

блока отработки по каждому из горизонтов обрабатываемых участков (номер пикета и расстояние от него);

– количество (объем Q_{ij}) планируемой к добыче руды с каждого из горизонтов обрабатываемых участков и суммарный объем ($\bar{Q}$) по планируемой к добыче шихты;

– средние значения параметров ($\bar{\alpha}$, $\bar{\gamma}_{+1,6}$, $\bar{\gamma}_{\Sigma}$ и $\bar{\beta}_{\Sigma}$)

по каждому горизонту обрабатываемых участков, средневзвешенные значения последних по планируемой к добыче шихте.

Информация для вычислений в блоке 3 извлекается из базы данных (БД), которая организуется и пополняется в отдельном процессе работ заранее.

УДК 550.835

М.В. ПОНОМАРЕВА

Современное состояние инструментального контроля сернистости углей

В настоящее время серу в углях определяют в основном *химическим методом*, который стандартизован. Стандартный способ определения серы в углях в общем виде представлен следующей последовательностью операций. От опробуемой партии угля отбирают n порций, совокупность которых составляет первичную пробу. Первичную пробу дробят до -3 мм и представительно сокращают. Анализируемые пробы угля измельчают до крупности $0,2$ мм, распределяют тонким слоем и выдерживают, подсушивая до воздушно-сухого состояния. Принцип определения содержания серы методом Эшка [1] заключается в сжигании пробы угля со смесью Эшка в окисляемой атмосфере для того, чтобы удалить горючую массу и превратить серу в сульфат. Продолжительность анализа составляет $5,5-7$ часов.

Исследования по определению содержания общей и пиритной серы в углях проводились методом сжигания пробы в бомбе [2]. Сущность метода заключается в сжигании навески топлива в калориметрической бомбе в атмосфере сжатого до 10 кг кислорода и определении серы как в смыве бомбы, так и в газах, выделяющихся при сжигании угля. При этом пиритная сера определяется в газах, а общая — в смыве бомбы и газах, выделяющихся из бомбы.

Для измерения общего содержания серы в углях также применяется метод сжигания при высокой температуре, но из-за влияния влаги, образующейся после сгорания образца, точность измерения невысока. При определении содержания серы в золе при температуре разложения образца, превышающей 1200 градусов по Цельсию возникает погрешность, занижающая результаты измерений. Для устранения этого недостатка разработан способ [3], в котором используется температура разложения 1100 градусов, а полное содержание серы в угле измеряют путем нейтрализации. Затраты времени на анализ составляют более 30 мин.

Химические методы определения содержания серы в углях, несмотря на традиционность и широкое применение, обладают целым рядом недостатков: большая продолжительность анализа; методы являются разрушающими; процесс определения серы не может быть автоматизирован; химические методы анализа характеризуются невысокой представительностью.

Таким образом, существующие химические методы определения серы в углях характеризуются низкой представительностью и экспрессностью, значительной трудоемкостью и не могут служить основой для оперативного определения серы в углях.

Рентгенофлуоресцентный метод определения содержания серы в углях основан на облучении проб низкоэнергетическим рентгеновским или гамма-излучением и регистрации рентгеновского флуоресцентного (характеристического) излучения, энергия которого строго определяется положением элемента в таблице Менделеева. Регистрируя рентгеновскую флуоресценцию серы ($\sim 2,5$ кэВ), по величине ее интенсивности можно решить количественную задачу определения массового содержания серы как в золе, так и угле в целом [4].

Ввиду малой величины энергии аналитической линии серы ее надежное разрешение при использовании пропорциональных, а тем более сцинтиляцион-

ных детекторов, затруднено. Поэтому в устройстве, описываемом в [5], для выделения рентгеновской флуоресценции серы используется кремний-литиевый полупроводниковый детектор. Экспериментальная разработка и апробация методики были проведены на углях Донецкого бассейна. Среднеквадратическое отклонение результатов рентгенофлуоресцентного анализа в сравнении с результатами химического анализа составило $0,29\%$ абс. для неподвижных проб и $0,17\%$ — для движущихся проб.

Одним из способов повышения точности анализа, по мнению авторов [6], является использование двух источников первичного гамма-излучения, расположенных в разных отсеках рентгеновского анализатора. При определении серы пробу угля облучают излучением от первого источника, регистрируют рентгеновский спектр в нескольких областях с характеристическими энергиями присутствующих в пробе элементов и в области рассеянного гамма-излучения. Далее пробу облучают излучением от второго источника и регистрируют энергетический спектр других элементов в других областях характеристических энергий. После обработки данных обоих измерений полученный результат в виде процентного содержания серы отображается на экране дисплея.

В Институте обогащения твердых полезных ископаемых (ИОТТ) разработан и испытан датчик для определения содержания серы в аналитических порошках угля, основанный на возбуждении флуоресцентного излучения серы радиоактивным источником ^{55}Fe [7]. Точность анализа в диапазоне содержания серы $2-10\%$ абс. при времени измерения 100 с составила $\pm 10\%$ отн.

Рентгеновские анализаторы серы в угле с подобными техническими характеристиками описываются также в [8, 9], однако время единичного анализа в них значительно больше (~ 3 мин.). Флуорографический спектрометр «*Fluorovac III*» фирмы *Higer-Watts* [9] позволяет определять содержание общей серы в диапазоне $0,4-7\%$ абс. с точностью $\pm 0,11\%$ абс. (при зольности угля до 35%).

В [10] описывается модификация рентгенорадиометрического контроля сернистости, основанная на корреляции колчеданной серы с железом. Для дискретного анализа тонкоизмельченных проб угля использовался рентгеновский анализатор БРА-11. На основе статистической обработки результатов измерений проб углей Карагандинского бассейна сделан вывод о том, что методики определения серы только по интенсивностям характеристического излучения серы и железа характеризуются худшей точностью по сравнению с алгоритмом, в котором совместно используются интенсивности аналитических линий железа и кальция.

Для контроля качества коксующего угля авторы [11] используют стандартный рентгеновский анализатор зольности *NCA/AERE Phase 3A* с радиоизотопным источником ^{238}Pu ($13-17$ кэВ), преобразованный в анализатор зольности серы и влажности. В модифицированном приборе раздельно регистрируется флуоресцентное излучение Fe ($6,4$ кэВ), по интенсивности которого определяется содержание пиритной серы

(FeS₂), и рассеянное излучение Pu (13–17 кэВ), по интенсивности которого определяется соотношение горючих (C, H) и золообразующих (Si, Al) элементов.

Наряду с простотой градуировки и универсальностью градуировочного выражения описываемому методу присущи и некоторые недостатки: сравнительно незначительная энергия аналитической линии серы создает трудности при ее детектировании, предъявляет повышенные требования к подготовке проб для анализа и жесткой стандартизации условий измерений; в большинстве вышеописанных анализаторов, использующих в качестве функции отклика аналитическую линию серы, не учитывается ее избирательное возбуждение характеристическим излучением более тяжелых элементов, входящих в состав золы (например, Ca).

Таким образом, рентгенофлуоресцентный метод определения содержания серы по интенсивности ее аналитической линии может быть использован в качестве базового при создании системы экспрессного анализа качества угля при условии надежной регистрации рентгеновской флуоресценции, высокого качества исследуемого материала и тщательной стандартизации измерений.

Метод обратно рассеянного гамма-излучения (гамма-гамма метод). При облучении углей гамма-излучением с энергией < 100 кэВ преобладающим эффектом взаимодействия гамма-излучения с веществом угля является фотоэлектрическое поглощение, и, следовательно, интенсивность обратно рассеянного гамма-излучения определяется величиной эффективного порядкового номера угля и (в меньшей степени) его плотностью и влажностью. Метод реализуется в геометрии обратного рассеяния, когда источник и детектор располагаются по одну сторону от контролируемого объекта.

Эффективный атомный номер и плотность угля в свою очередь сложным образом связаны корреляционными зависимостями как с абсолютной величиной зольности, так и с ее вещественным составом, причем наибольшее влияние оказывают тяжелые минеральные составляющие — железо и кальций. Предполагая, что сера в углях в основном связана с железом, авторами [12, 13] предложен универсальный способ измерения зольности, сернистости и плотности углей, основанный на интегральной регистрации обратно рассеянного излучения от источника ²⁴¹Am с энергией 60 кэВ, и разработан специальный двухканальный перестраиваемый анализатор. Предполагая, что интенсивность рассеянного излучения в обоих каналах в основном зависит только от зольности и содержания железа, и упрощая эти зависимости до линейных, авторы утверждают, что разработанный ими многофункциональный прибор позволяет в отобранных первичных пробах или непосредственно на ленте конвейера при крупности угля ≤ 100 мм и влажности ≤ 15 % определять: зольность; одновременно зольность и плотность низкосернистых углей; одновременно зольность и сернистость углей сложного химического состава; одновременно сернистость и плотность углей сложного химического состава.

При проведении промышленных испытаний прибора, настроенного на одновременное измерение зольности и сернистости (диапазон изменения содер-

жания серы 1–4 % абс.), была получена среднеквадратическая погрешность в определении серы, равная 0,12 % абс., а за вычетом погрешностей отбора, дробления, сокращения и собственно химического анализа — 0,08 % абс. На основании изложенного авторы делают вывод о том, что погрешность прибора меньше соответствующей погрешности стандартного метода опробования.

К недостаткам метода следует отнести следующее:

1. Нельзя считать корректным (даже учитывая всевозможные корреляции) ограничение в количестве влияющих на величину интенсивности рассеянного гамма-излучения факторов и тем более предположение об их линейности. Естественно, что эти зависимости значительно многообразнее и сложнее. В частности, непонятно, например как учитывается влияние другого тяжелого минерального компонента угля — кальция.

2. Использование двух каналов (а следовательно, и двух источников и детекторов) значительно усложняет и удорожает аппаратуру контроля. Кроме того, таким приборам присущ общий недостаток: различная зависимость блоков разных каналов от влияющих условий (например, температурного фактора и т.п.) ведет к разбалансу всей градуировочной системы в целом, что в конечном итоге снижает точность анализа.

Метод поглощения гамма-излучения, известный под названием *гамма-абсорбционный* реализуется в геометрии просвечивания, когда источник и детектор располагаются по разные стороны от контролируемого объекта. Метод выгодно отличается повышенной чувствительностью к определяемому компоненту, однако его применение предполагает строгое постоянство толщины просвечиваемого слоя угля.

Разновидности метода поглощения гамма-излучения обусловлены различием в энергии применяемого первичного гамма-излучения. При использовании жесткого гамма-излучения (> 500 кэВ), для которого наиболее вероятным эффектом взаимодействия является комптоновское рассеяние, содержание серы определяют по корреляции серосодержащего соединения с насыпной плотностью. В низкоэнергетической области (< 100 кэВ), где преобладает фотоэлектрическое поглощение, используется корреляция между эффективным атомным номером угля и содержанием серосодержащего соединения.

Прибор для определения содержания серы в бурых и каменных углях [14] состоит из двух блоков — измерительной головки и электронно-измерительной системы. Аналитическая проба угля облучается низкоэнергетическим рентгеновским или гамма-излучением. В качестве источника используется радиоактивный изотоп ²⁴¹Am с энергией гамма-излучения 60 кэВ, в качестве мишеней — диски из олова, бария или молибдена. Детектором излучения служит сцинтилляционный счетчик. Мерой содержания серы является интенсивность ослабленного гамма-излучения, проходящего через пробу угля, которая сравнивается с калибровочной кривой содержания серы (пиритной или общей), построенной на основании результатов анализа проб угля с заранее известным содержанием серы. Испытания прибора проводились на двух шахтах — каменного и бурого угля. Погрешность анализа для диапазона концентрации пиритной серы 0–5% составила ±0,35%

общей серы. Аналогичное устройство и методика были опробованы также на шахте «Jaworzno» (Польша) [15], где была получена несколько меньшая погрешность в определении серы — $\pm 0,1\%$ абс.

Главным недостатком гамма-абсорбционного метода является высокая чувствительность не только к содержанию серы, но и к мешающим факторам, таким как вариации крупности, минерального состава угля и его влажности, а также к толщине просвечиваемого слоя. Метод не может служить базовым для контроля сернистости углей на потоке, так как модификация метода, в которой в качестве первичного используется мягкое гамма-излучение, применима только к пробам аналитической крупности, а использование жесткого гамма-излучения неприемлемо из-за низкой корреляции серы с насыпной плотностью угля.

В настоящее время находится в стадии разработки техника и методика определения серы в углях *нейтронными методами*. Известны методики, в которых сернистость углей определяется по величине интенсивности мгновенного гамма-излучения, возникающего при радиационном захвате тепловых нейтронов. Из составных элементов золы сера обладает одним из самых высоких сечений радиационного захвата [16]. В результате захвата теплового нейтрона ядро серы переходит в возбужденное состояние, которое в течение короткого промежутка времени возвращается в основное путем испускания одного или нескольких гамма-квантов. Спектр гамма-излучения серы состоит из нескольких достаточно разделенных линий, наиболее интенсивной из которых является линия 5,42 мэВ. Регистрируя величину плотности потока гамма-квантов этой энергии сцинтилляционным детектором, можно определить массовую долю общей серы в углях, так как аналитическая линия серы достаточно дифференцирована относительно линий других элементов, входящих в состав угля.

Основным преимуществом метода является его повышенная глубинность, а следовательно, и представительность, связанные с высокой проникающей способностью нейтронного излучения. Кроме того, конструкция прибора не требует громоздкой системы усиления в связи с высоким уровнем величины выходного сигнала.

Но наряду с вышеупомянутыми достоинствами метод обладает и рядом существенных недостатков: сложный спектр регистрируемого гамма излучения;

регистрация информативного гамма-излучения происходит на гамма-фоне нейтронного источника, что вносит погрешность в результаты анализа; невысокая эффективность регистрации гамма-излучения с энергией несколько мегаэлектронвольт; ужесточение требований техники безопасности при работе с источниками нейтронов и их хранении.

Таким образом, невысокие эксплуатационные качества и низкая достоверность нейтронных методов определения сернистости углей ограничивают их практическое использование.

Гамма-резонансный метод. Явление гамма-резонанса исследовано в широких масштабах у изотопа ^{57}Fe (пиритная сера в углях тесно связана с железом). На ядрах железа ядерный гамма-резонанс будет наблюдаться, если используется изотоп ^{57}Co , при этом фактически источником излучения служит ^{57}Fe , а энергия резонансных гамма-квантов равна 14,4 кэВ.

Для определения содержания серы в угле, связанной с пиритом и марказитом, предлагается облучать пробу угля гамма-излучением от источника ^{57}Co , диффундированного в металле при диапазоне скоростей от -3 мм/с до $+3$ мм/с [17]. Аналитическая проба изготавливается из угля с влажностью менее 15%, измельченного до крупности $-0,2$ мм, и представляет собой диск с поверхностной плотностью ~ 100 мг/см. При получении мессбауэровского эффекта сначала устанавливается содержание в пробе железа, а затем определяется содержание пиритной серы.

Недостатками метода являются невысокая представительность и экспрессность, связанные с операциями подготовки аналитических проб, а также невозможность использования для контроля сернистости угля в потоке.

На основе вышеизложенного обзора современных методов инструментального контроля сернистости углей можно сделать следующие выводы: наиболее перспективным для создания системы экспрессного анализа сернистости угля является рентгенофлуоресцентный метод, применимость которого ограничивается влиянием неоднородности гранулометрического состава угля, матричного эффекта и сравнительно низкой энергией аналитической линии серы. Для учета дестабилизирующего влияния этих факторов необходима методика многопараметровых измерений с последующей компьютерной обработкой информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международный стандарт. Рег. № ИСО 334–75 «Уголь и кокс. Определение содержания серы методом Эшка» / Издательство стандартов. М., 1976. 10 с.
2. Иващенко Г.А., Малышева Н.Г. Об одновременном ускоренном определении содержания общей и пиритной серы в углях // Интенсификация создания и освещения новой техники и технологии в углеобогащении. Люберцы, 1987. С. 116–118.
3. Применение метода сгорания и гидролиза при высокой температуре для измерения общего содержания серы в угле / Gao Yuliang, Deng Xiumin // Мэйтань КЭСЮЭ Цзишу, Coal Sci and Technol. 1989. № 3. С. 25–27.
4. Афонин В.П., Гуничева Т.Н. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ горных пород и минералов. Новосибирск: Наука, 1977. 260 с.
5. Кочмола Н. М., Полехина Л. П., Пепенин Р. Р. Энергодисперсионное рентгенофлуоресцентное определение содержания легких элементов в углях // Уголь Украины. 1983. № 10. С. 42–43.
6. А.с. 262474, ЧССР, МКИ G 01 № 23/02 / Kos L., Hally J., Cechak T., Simon L. № 3436–87.1. Радионуклидный анализатор для определения общей серы в угле = Radionuklidevy analyzator eelkove siry v uhil. Заявл. 13.05.87. Оpubл. 14.07.89.
7. Витошинский Ю.Н. Рентгенорадиометрический анализатор для определения серы в угле // Сб. Тр. молодых ученых ин-та обогащения твердых горючих ископаемых: Материалы V конференции / Науч.-ис. и проект.-конструкт. ин-т обогащения твердых горючих ископаемых. М., 1975. С. 49–50.

8. Судзуки Масао. Анализатор содержания серы и золы на конвейере / Нихон Когэ Кайси, Mining and Met. Inst/ Jap. 1977. 93. № 1076. С. 767–768.
9. Определение общей серы в угле методом рентгеновской флуоресценции = Badura Aldona. Oznaczenie siarki całkowitej w węglu metoda fluorescencji rentgenowskiej / Prz. gorn. 1984. 40. № 2. С. 1–6, VIII, IX, X, XI. ISSN 0033–216XPL.
10. Пак Ю.Н. Геолого-геофизические методы исследования месторождений полезных ископаемых // Сб. науч. трудов / Караганд. политех. ин-т. Караганда, 1991. С. 42–45.
11. Контроль на потоке зольности, содержания серы и влаги коксующегося угля / Armstrong M.P., Gray W.A., Haunes J., Page D. // Mining Eng. (Gr. Brit). 1984. 144. № 276. Р. 181–184. ISSN 0026–5179 GB.
12. Онищенко А.М., Белоножко В.П., Завражин В.Н., Старчик Л.П. Анализатор качества угля // Кокс и химия. М.: Металлургия, 1983. № 10. С. 31–35.
13. Онищенко А. М., Белоножко В. П. Анализатор качества угля на конвейере // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Новосибирск, 1985. № 2. С. 50–54.
14. Определение содержания общей серы в угле при помощи радиометрического прибора типа MSC = Czerw Boleslaw, Sikora Teresa, Golebiowski Wladyslaw. Pomiar zawartosci siarki całkowitej w węglu siarkomierzem radiometrycznym typu MSC / Zesz. nauk. AGH. 1976. № 579. С. 111–124.
15. Опыт промышленного использования радиометрического определителя серы типа MSC на шахте «Jaworzno» (ПНР) = Fluder Janina. Doświadczenia eksploatacyjne zastosowania siarkomierza radiometrycznego typu MSC w kapalni «Jaworzno» / Wiad. gorn. 1986. 37. № 10. С. 217–221.
16. Карташев Е.Р., Штань А.С. Нейтронные методы непрерывного анализа состава вещества. М.: Атомиздат, 1978. 160 с.
17. Пат. ПНР, кл. G 01 № 33/24, № 83909. Способ определения серы в угле = Panek Tadeusz, Franckowiak Janusz, Jankowski Bogdan, Kansy Jerzy, Salamon Antoni. Sposób oznaczania Siarki w węglu. Uniwersytet Slaski. Заявл. 5.03.74, № 1692 93. Оpubл. 30.03.76.

УДК 550.835

Д.Ю. ПАК

К методике оптимизации параметров радиоизотопного гамма-метода при контроле качества топлива

В теоретических расчетах вторичных гамма-полей получили распространение приближенные методы, основанные на допущении однократного взаимодействия. Приближение однократного взаимодействия дает удовлетворительные результаты в случае низкоэнергетического гамма-излучения, для которого вероятность многократного рассеяния мала [1].

Математическая модель может быть найдена для случая монохроматического гамма-излучения в предположении точечного источника первичного излучения и точечного детектора вторичного излучения, удаленных друг от друга на расстояние ℓ и расположенных на расстоянии h от поверхности полубесконечной среды. Такое геометрическое расположение источника и детектора соответствует геометрии измерения при инструментальном контроле качества различных полезных ископаемых в пробах, условиях естественного залегания, транспортном потоке и т.д.

Исходя из экспоненциального закона ослабления излучений и простых геометрических соотношений нетрудно записать выражение для потока некогерентного рассеянного гамма-излучения:

$$N_s = \frac{N_0}{4\pi} \int_V \frac{(d\sigma/d\Omega) \cdot \vec{i} \cdot \vec{e}}{R_1^2 \cdot R_2^2} \exp(-\mu'_0 r_1 - \mu'_s r_2) \cdot dV, \quad (1)$$

где N_0 — активность источника первичного гамма-излучения;

R_1, R_2 — расстояние от элемента объема dV соответственно до источника и детектора;

r_1, r_2 — путь, проходимый в среде соответственно первичным и рассеянным гамма-квантом;

$\frac{d\sigma}{d\Omega}$ — дифференциальное сечение рассеяния;

Pe — эффективная электронная плотность;

μ'_0, μ'_s — линейный коэффициент ослабления

соответственно первичного и рассеянного излучений в среде.

В общем случае интеграл через элементарные функции не выражается. Решение его может быть получено численным интегрированием для конкретных геометрических и методических параметров измерения.

Некоторые допущения, непосредственно связанные с геометрическими условиями измерений, позволяют упростить расчет величины потока рассеянного излучения. Для узкоколлимированной геометрии можно воспользоваться приближением М. Блохина [2], в основу которого положено допущение о мононаправленности первичного и рассеянного пучков излучений при расстоянии h , значительно большем линейных размеров облучаемого на поверхности пятна и глубинности исследования. При частичной коллимации излучения и при расходящихся пучках тройной интеграл выражения (1) можно свести к более простому, численное решение которого менее громоздко [3].

Выражение (1) для потока рассеянного гамма-излучения в приближении нулевого зонда можно упростить до поверхностного интеграла [4]. Приближение нулевого зонда предполагает близость источника и детектора ($L = 0$). В практических задачах источник и детектор не могут быть совмещенные даже при условии низкоэнергетического гамма-излучения. Поэтому это приближение можно считать корректным при длине зонда намного меньшим расстояния до поверхности изучаемой среды ($L \ll h$).

Достаточно простое аналитическое выражение для потока рассеянного гамма-излучения получено в приближении однократного рассеяния для нулевого зонда при условии нормальности падения первичных квантов [5]:

$$N_s = N_0 \sigma (\mu_0 + \mu_s)^{-1}, \quad (2)$$

где σ — массовый коэффициент рассеяния первичного гамма-излучения средой;

μ'_0, μ'_s — массовые коэффициенты ослабления соответственно, первичного и рассеянного излучений средой.

Полученное в приближении однократности взаимодействия выражение (2) для величины альbedo гамма-излучения с точностью до постоянного геометрического сомножителя совпадает с математической моделью [4], полученной исходя из (1) при некоторых упрощающих допущениях. Оно достаточно удовлетворительно описывает взаимосвязь интенсивности рассеянного в геометрии отражения низкоэнергетического гамма-излучения с гамма-рассеивающими и гамма-поглощающими свойствами анализируемого объекта.

Наиболее информативной характеристикой любого инструментального метода является контрастность (чувствительность), характеризующая относительное приращение измеряемого сигнала при единичном изменении влияющего параметра.

Информация о чувствительности метода позволяет оценить ожидаемую погрешность измерения зольности в условиях флуктуации различных стабилизирующих факторов согласно равенству:

$$\Delta = \sqrt{\sum \left(\frac{S_i}{S_A} \right)^2 \cdot D_i}, \quad (3)$$

где S_A, S_i — контрастность метода, соответственно к зольности угля и влияющему параметру;

D_i — дисперсия i -го влияющего параметра.

Очевидно, что отношение контрастностей характеризует погрешность контроля зольности угля при единичной дисперсии возмущающего фактора. Выражение (3) справедливо при отсутствии корреляции между определяемым и мешающим параметрами. В противном случае на результаты измерения будут сказываться коррелированные с определяемым параметром (зольностью) изменения мешающих факторов. Тогда вместо дисперсии D_i в выражении (3) необходимо учитывать внутригрупповую дисперсию D'_i :

$$D'_i = D_i(1-r^2) \frac{n-1}{n-2}, \quad (4)$$

где r — коэффициент корреляции между зольностью угля и возмущающим параметром;

n — объем выборки при оценке корреляционных связей.

Соотношение (3) позволяет оценить как отдельные составляющие методической погрешности контроля зольности, обусловленные действием возмущающих факторов, так и общую методическую погрешность. Таким образом, оптимальная стратегия при разработке методических основ контроля зольности угля заключается в обеспечении максимальной чувствительности инструментального метода к зольности и минимизации чувствительности к дестабилизирующим факторам. Аналитическое выражение для чувствительности метода к зольности имеет вид:

$$S_A = \frac{\Delta\sigma}{\sigma^C + A \cdot \Delta\sigma} - \frac{\Delta\mu_0 + \Delta\mu_s}{A(\Delta\mu_0 + \Delta\mu_s) + (\mu_0^C + \mu_s^C)}, \quad (5)$$

где $\Delta\sigma = \sigma^A - \sigma^C$; $\Delta\mu_0 = \mu_0^A - \mu_0^C$; $\Delta\mu_s = \mu_s^A - \mu_s^C$;

A — зольность.

Индексы A и C относятся соответственно к золообразующей части угля и органической части, представленной углеродом.

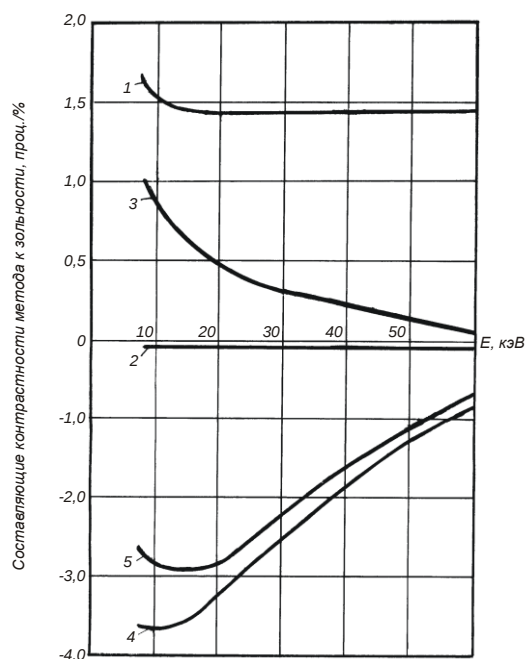
Из (5) следует, что контрастность метода рассеянного гамма-излучения определяется различием золообразующей (минеральной) и органической составляющих в значениях массовых коэффициентов рассеяния (первое слагаемое) и полных коэффициентов ослабления (второе слагаемое).

Данная формула позволяет априори оценить контрастность метода в зависимости от зольности топлива, вещественного состава минеральной массы, энергии применяемого гамма-излучения.

При рассмотрении физических аспектов, обуславливающих конечную контрастность метода, необходимо учесть, что массовые коэффициенты рассеяния складываются из суммы коэффициентов когерентного и некогерентного рассеяний гамма-излучения. При энергии гамма-излучения выше примерно 60 кэВ массовые коэффициенты когерентного рассеяния пренебрежимо малы по сравнению с соответствующими коэффициентами некогерентного рассеяния. Учитывая, что коэффициенты некогерентного рассеяния для органической и золообразующей масс близки в этом энергетическом диапазоне, можно принять равенство $\Delta\sigma = 0$. Отсюда дифференциация результатов, создающая контрастность метода, обусловлена в основном вторым слагаемым выражения (5), характеризующим гамма-ослабляющие свойства.

Сложная взаимосвязь имеет место в низкоэнергетической области (менее 20 кэВ), где вклад когерентного рассеяния существенен.

Рисунок иллюстрирует изменение каждого из слагаемых выражения (5) в зависимости от энергии первичного гамма-излучения и вида рассеяния. Зависимости получены на основании расчетов в предположении, что минеральная масса угля представлена оксидами Al (20%), Si (60%), Ca (10%) и Fe (10%). Данный состав золы близок к реальному для многих месторождений. Значения коэффициентов взаимодействия заимствованы из справочных данных [6].



Зависимости составляющих контрастности метода к зольности от энергии гамма-излучения, обусловленные различием составных компонентов: 1 — в рассеивающих свойствах только за счет когерентного рассеяния; 2 — в рассеивающих свойствах только за счет некогерентного рассеяния; 3 — в рассеивающих свойствах за

счет когерентного и некогерентного рассеяния; 4 — в ослабляющих свойствах; 5 — результирующая.

Составляющая контрастности за счет гамма-рассеивающих свойств меняется по-разному в зависимости от типа рассеяния. В интервале выше 10 кэВ составляющая за счет когерентного рассеяния практически не зависит от энергии первичного излучения и имеет положительный знак. При некогерентном рассеянии эта составляющая чувствительности близка к 0 в широком диапазоне энергий, что объясняется близостью значений сечения этого процесса для составных компонентов топлива.

Составляющая чувствительности за счет различия составных компонентов топлива в гамма-ослабляющих свойствах во всем исследованном диапазоне энергий принимает отрицательные значения.

Наибольшая контрастность наблюдается в интервале ~10 кэВ. В целом инверсионный характер зависимости контрастности метода к зольности обусловлен конкурирующим действием процессов фотоэлектрического поглощения и рассеяния гамма-излучения составными компонентами топлива.

Приведенные расчетные исследования позволяют оптимизировать параметры метода с точки зрения прогнозирования точности контроля качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пшеничный Г.А. Взаимодействие излучений с веществом и моделирование задач ядерной геофизики. М.: Энергоиздат, 1982. 224 с.
2. Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей. М. 1957. 518 с.
3. Очкур А.П. К теории гамма-методов ядерной геофизики в приближении однократного взаимодействия // Методы разведочной геофизики. М., 1972. Вып. 19. С. 114–122.
4. Леман Е.П. Рентгенорадиометрический метод опробования месторождений цветных и редких металлов. Л.: Недра, 1978. 231 с.
5. Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. М.: Недра, 1985. 224 с.
6. Сторм Э., Исразль Х. Сечения взаимодействия гамма-излучения. М.: Атомиздат, 1973. 256 с.

Раздел 7

Безопасность деятельности человека

УДК 504.054:622.271

*Г.К. САПАРОВА
Д.А. АМАНБАЕВ*

Выбросы вредных веществ в атмосферу на разрезе «Восточный» Экибастузского бассейна

Добыча энергетического угля в Экибастузском Дугольном бассейне Республики Казахстан осуществляется тремя разрезами — «Северный», «Бога-тырь» и «Восточный» с общей производительностью более 60 млн тонн в год, и определяет энергоресурсы СНГ.

По результатам исследований АО «Караганда-прошахт», вредные выбросы в атмосферу от различных технологических процессов составляют огромную величину, имеющую определяющую роль в загрязнении Северного и Центрального регионов Казахстана, и являются большой проблемой при создании нормальных санитарно-гигиенических условий труда на разрезах бассейна.

Установлено, что выбросы в атмосферу только угольной и породной пыли на разрезах в сумме превышают 5000 тонн в год, а на разрезе «Восточный» — более 30% от общего количества пыли. Отмечаются огромные выбросы различных вредных веществ, многие из которых обладают токсическими свойствами. В соответствии с «Рекомендациями по делению предприятий на категории в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ» (Новосибирск, 1987 г.) разрез «Восточный» по величине выбросов вредных веществ в атмосферу был отнесен к предприятиям II категории опасности.

Основными объектами выбросов вредных веществ

на разрезе «Восточный» являются горно-транспортные работы, котельная, ремонтно-складское хозяйство, щебеночный карьер, передвижные источники. К образующимся при различных технологических процессах вредным веществам относятся окись углерода, сернистый ангидрид, двуокись азота, зола, сажа, углеводороды, сварочный аэрозоль, аэрозоль серной кислоты, марганец и его окислы, соединения кремния, фториды, фтористый водород, щелочь, окись хрома, альдегиды, бенз-а-пирен.

В комплексе горно-транспортных работ источниками вредных выбросов являются взрывные работы, тяговые агрегаты, тепловозы, бульдозеры, автотранспорт; ими в атмосферу выделяются окись углерода, двуокись азота, сернистый ангидрид, сажа, углеводороды, альдегиды, бенз-а-пирен.

С целью снижения выбросов газов при ведении взрывных работ применяется гидрозабойка скважин с эффективностью до 25%. На оборудовании с двигателями внутреннего сгорания используются каталитические нейтрализаторы для очистки выхлопных газов с эффективностью до 60%.

Котельная является стационарным организованным источником загрязнения атмосферы с выбросами золы, окиси углерода, сернистого ангидрида, двуокиси азота. Котельная оборудована золоулавливающими установками с эффективностью очистки до 84%.

В ремонтно-складском хозяйстве разреза выделение вредных веществ происходит при следующих технологических процессах: газовая резка металла, наплавка, сварочные и кузнечные работы, зарядка аккумуляторных батарей, хранение нефтепродуктов. При указанных процессах загрязняющими атмосферу вредными веществами являются марганец и его окислы, соединения кремния, фториды, фтористый водород, окись углерода, окись азота, пары серной кислоты и щелочи, сварочный аэрозоль, сернистый ангидрид, углеводороды. Источники этих выделений вредных веществ относятся к категории неорганизованных.

На щебеночном карьере источниками вредных выбросов являются взрывные работы, автосамосвалы, бульдозеры, которые выделяют окись углерода, двуокись азота, сернистый ангидрид, сажу, углеводороды. Для снижения выделения вредных веществ при взрывании скважин применяется гидрозабойка, на передвижных источниках — каталитические нейтрализаторы выхлопных газов.

Масса всех вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу источниками разреза «Восточный» и его щебеночного карьера, проведена в табл. 1.

По данным табл. 1, основными вредными веществами, загрязняющими атмосферу, являются окись углерода, зола, сернистый ангидрид и двуокись азота, на долю которых приходится до 93% от общего количества выбросов. Главными источниками выбросов вредных веществ являются котельная, бульдозеры, железнодорожный и автомобильный транспорт, вели-

чина выбросов от которых составляет 89% (2240 т/год).

В табл. 2 показана интенсивность выбросов вредных веществ в атмосферу от различных источников. Как видно, наибольшей интенсивностью выбросов обладают котельная и взрывные работы, остальные источники имеют меньшую интенсивность выбросов.

Таблица 1

МАССА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

№ п/п	Наименование выбрасываемого вещества	Масса выброса, т/год	Доля выброса, %
1	окись углерода	772	30,8
2	зола	649	25,9
3	сернистый ангидрид	559	22,2
4	двуокись азота	346	13,8
5	углеводороды	131	5,2
6	сажа	34	1,4
7	альдегиды	16	0,6
8	прочие	3	0,1
ИТОГО		2510	100

Для уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу на разрезе «Восточный» проводится ряд мероприятий, в том числе установка в котельной батарейного циклона с эффективностью очистки до 89% и оборудование двигателей внутреннего сгорания передвижных источников каталитическими нейтрализаторами выхлопных газов со степенью очистки по некоторым компонентам до 95%. В результате проведения указанных мероприятий предполагается снижение выбросов вредных веществ в атмосферу до 70%.

Таблица 2

ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Источник выброса	Интенсивность, кг/ч				Время работы источника, в долях		Интенсивность выброса, в долях		Доля выброса источника по времени его действия, $\times 10^{-3}$
	окись углерода	двуокись азота	сернистый ангидрид	зола	удельное	накопленное	удельная	накопленная	
котельная	101,03	52,07	187,84	283,90	0,191	0,191	0,529	0,529	101,0
взрывные работы	401,87	39,35	-	—	0,001	0,192	0,373	0,902	0,04
железнодорожный транспорт	24,69	17,33	5,25	—	0,334	0,526	0,040	0,942	13,4
автомобильный транспорт	32,84	4,02	0,78	—	0,334	0,860	0,032	0,974	10,7
бульдозеры	19,26	7,71	3,85	—	0,140	1,000	0,026	1,000	3,6

УДК 628.33.66.067

Е.С. УТЕНОВ

К экологической защищенности зданий в условиях застроенных территорий

За последние десятилетия в связи с бурным ростом научно-технического прогресса особенно ощутимо стали проявляться необратимые признаки экологического кризиса и техногенной эволюции городов и городских агломераций. Поиск оптимального выхода из сложившейся в городах экологической ситуации связан с необходимостью осуществления коренных преобразований в градостроительной сфере, пересмотром как фундаментальных принципов градостроительства, так

и традиционных методов проектирования, технологий возведения зданий и сооружений, а также их эксплуатации. Очевидно, что исключительно актуальной задачей современной градостроительной политики при застройке любого города должно являться создание чистой, здоровой и безопасной среды для жизнедеятельности людей и появление зданий нового поколения, в которых выдерживаются экологические и эргономические безупречные микроклиматические усло-

вия. Поэтому одним из главных и принципиально новых направлений современного градостроительства признано [1] использование биопозитивных (экологических) зданий и сооружений, а также градостроительных, архитектурных, конструктивных и технологических решений, воспринимаемых окружающей средой как размещение в ней родственных природе объектов, включаемых в экосистемы, существенно помогающие восстановлению и улучшению естественных условий. К тому же в будущем предполагается обеспечение каждого вида сдаваемой «под ключ» строительной продукции (здание, сооружение) сертификатом надежности и системой страхования. Поскольку практически невозможно полностью исключить вероятность возникновения аварийных ситуаций в эксплуатируемых объектах от негативных воздействий техногенных факторов (последствия подтопления, реконструкции с надстройкой, пристройкой) или природных явлений (просадка, набухание, суффозия, чрезмерные осадки грунтов оснований), необходимо обеспечить безопасность находящихся в зданиях людей и сохранность их имущества путем предотвращения прогрессирующего обрушения всего объекта при вероятностных локальных разрушениях несущих конструкций. В связи с этим представляется целесообразным предусматривать в проекте любого объекта конструктивно-защитные меры страховки от его прогрессирующего обрушения.

При строительстве в условиях существующей застройки чаще всего сложные проблемы создает фактор подтопляемости городских территорий, признаки которого в различной степени наблюдаются практически во всех городах Казахстана. Повышение уровня грунтовых вод отмечено даже в городах, находящихся в пустыне, — г.Новый Узень. По данным КарГИИЗ и ПНИИИС (Москва), примерно 75% застроенной территории г. Астаны находится в подтопленном состоянии, а оставшаяся часть относится к категории потенциально подтопляемой. Процесс обводнения застраиваемых территорий не только ухудшает экологическую обстановку городов, санитарно-гигиенические условия подвальных помещений и квартир первых и вышерасположенных этажей, но и затрудняет строительство, снижает эксплуатационную пригодность, надежность, безопасность, долговечность зданий, так как вызывает их чрезмерную деформируемость, преждевременный физический износ и коррозию заглубленных конструкций, следовательно, наносит значительный социально-экономический ущерб стране.

Одним из главных техногенных факторов, обуславливающих подтопление городских территорий, является проявление «барражного эффекта» — процесса искусственного подпора грунтовых вод подземными водонепроницаемыми частями зданий, а также образованными при застройке и эксплуатации городской территории неоднородно уплотненными зонами слабопроницаемых грунтов или практически непроницаемыми участками (сплошные фундаменты, закрепление, шпунт, свайное поле и др.). Таким образом, эффект барража следует понимать как издержки принципов традиционного градостроительства, то есть как результат отрицательной реакции внешней геологической среды на отторгаемые ею «иномородные тела».

Тем не менее, в практике градостроительства республики до настоящего времени здания и сооружения, возводимые в условиях существующей городской застройки, проектируются без должного мониторинга, анализа и прогноза процесса подтопления. По этой причине почти во всех городах Казахстана: Астане, Балхаше, Жезказгане, Караганде и др. имеется немало примеров преждевременного разрушения строительных конструкций, даже аварий или обрушений зданий, эксплуатируемых не более 30 лет, при нормативном сроке службы не менее 100 лет.

Различают подтопление двух видов: а) явное подтопление, при котором происходит образование техногенного водоносного горизонта, что приводит к повышению уровня грунтовых вод выше наименьшей отметки заложения подошвы фундаментов; б) неявное или скрытое подтопление (увеличение влажности в подземных помещениях, а также в грунтах оснований до критической величины), возникающее при увлажнении грунтов и заглубленных конструкций инфильтрующими или капиллярными водами, а также в случаях концентрации влаги под зданиями, покрытиями в процессе тепловлагопереноса.

Как показывают результаты натурных наблюдений, вследствие скрытого подтопления влажность грунтов, находящихся под различными покрытиями по сравнению с влажностью грунта открытого застроенного участка может увеличиться: под фундаментами на 6...8,9%; отмостками — на 5,9...7,2%; дорожными покрытиями — на 3,9...4,5% [2, 3]. По нашим данным, такой прирост влажности связных грунтов в зависимости от величины исходной природной влажности может стать причиной существенного ухудшения их строительных свойств и, в частности, снижения удельного сцепления в 1,6 и более; угла внутреннего трения в 1,7 и более; модуля общих деформаций в 2 и более раза.

На наш взгляд, действующие строительные нормы (СНиП) [4] недостаточно полно оценивают потенциальную опасность негативных последствий подтопления застроенных территорий. СНиП в основном учитывают влияние явного подтопления, характеризующегося лишь повышением уровня подземных вод и рассматривают последствия этого вида обводнения в качестве главных причин нарушения необходимых условий для строительства и эксплуатации зданий и для территории в целом. Поэтому регламентируемые ими защитные мероприятия, предусматриваемые при проектировании, направлены на учет влияния только лишь явного подтопления. Следовательно, в СНиПе влияние скрытого вида подтопления и локального обводнения оснований нагруженных фундаментов, неизбежность проявления которых связана с аварийными утечками в подземных коммуникациях и возникновением «верховодки», практически игнорируется. Однако, как показывает практика строительства, реальную опасность для эксплуатируемых зданий и сооружений представляют больше всего именно скрытые виды подтопления, отличающиеся эпизодичностью, нестабильностью и внезапностью. Причем строительными нормами негативные последствия подтопления рассматриваются только с технической точки зрения, а в экономическом, экологическом и социальном аспекте не предъясняется никаких кон-

критических требований. Строительные нормы допускают при обводнении оснований нагруженных фундаментов возможность развития таких опасных явлений, как дополнительные осадки, просадки, набухания, морозные пучения и др., но каких-либо ответных конструктивных мер по усилению несущего каркаса зданий не предлагают. Основное требование СНиП к проектированию зданий в условиях подтопляемых территорий сводится к учету при расчете осадок фундаментов полного водонасыщения грунтов оснований. Это требование не гарантирует защиты эксплуатируемых объектов от реальных опасных последствий подтопления, а лишь соответствует случаю равномерного увлажнения грунтов оснований фундаментов при постепенном поднятии уровня подземных вод в пределах застроенного участка. Однако в действительности чаще всего имеет место локальное обводнение грунтов под нагруженными фундаментами, что приводит к развитию опасных неравномерных дополнительных осадок оснований эксплуатируемых объектов.

Классическим примером несовершенства СНиП, заключающегося в игнорировании при проектировании скрытого вида подтопления, в частности, локального обводнения «верховодкой» оснований эксплуатируемых зданий, вызванного утечками подземных коммуникаций, служат массовые аварии жилых зданий в г. Душанбе [5]. Несмотря на глубокое залегание грунтовых вод 17...23 м за 5 лет с момента освоения территории в результате техногенного нарушения геологической среды произошло формирование искусственного водоносного горизонта техногенного характера на глубине 5...8 м, то есть в пределах активной зоны оснований существующих фундаментов, что явилось причиной развития опасных дополнительных осадок деформированных зданий. Обследование технического состояния водонесущих инженерных коммуникаций микрорайона показало, что из 515 обследованных смотровых колодцев 112 заполнены водой в результате аварийных утечек. Всего было обследовано 50 строительных объектов, в том числе 46 жилых домов. На основе анализа паспортных карт установлено, что физический износ жилых зданий микрорайона составляет 12 ... 27%. Это произошло всего лишь за 5 лет эксплуатации обследованных зданий при нормативном сроке их службы не менее 100 лет.

С целью оценки влияния гидрогеологических условий на экологическую обстановку застроенных территорий О.В. Тюменцовой [6] проведены визуальные и анкетные обследования состояния жилых помещений и условий проживания в них населения. Было установлено, что сырость, гниение пола, стен, отслаивание обоев, краски и штукатурки наблюдается в 60 ... 70% от общего количества обследованных зданий. В 30 ... 40% домов отмечено развитие грибковых микроорганизмов и плесени. На повреждение строительных конструкций указали 35 ... 42% опрошенного населения, на усиление простудных заболеваний от 40 до 100%. Подвалы домов затопливаются обычно через 10 ... 15 лет с момента их службы в связи с повреждением отмолок, нарушением гидроизоляции, деформацией прилегающих асфальтовых покрытий, вызванной явлением морозного пучения грунтов.

Локальное подтопление скрытого характера приве-

ло к аварии пятиэтажного кирпичного жилого дома, основанием которого служили мелкие и пылеватые пески [7]. Повреждения здания произошли в результате развития дополнительных осадок увлажненного основания в короткий срок (за 1,5 ... 2 месяца) и характеризовались образованием вертикальных трещин по всей высоте продольных стен вблизи противоположно расположенных торцевых стен. По осевой длине здания в местах расположения сантехнических блоков из-за протечек канализационных труб образовались линзы «верховодок», которые со временем постепенно «объединились», замачивая в целом грунты оснований фундаментов несущих продольных стен. Фундаменты торцевых стен, оказавшихся за пределами зоны подтопления, практически не получили осадки, что привело к возникновению вертикальных трещин. Серьезному повреждению здания способствовали также недостатки его конструктивной схемы — отсутствие в уровне пола первого этажа железобетонных плит (диска-перекрытия), следовательно, необходимой жесткости и прочности подземной части.

Необходимо отметить в этой связи, что поведение глинистых грунтов оснований эксплуатируемых зданий при аналогичных условиях подтопления существенно отличается от песчаных. Это обстоятельство было детально проанализировано нами (КарГТУ, КарГИИЗ) при обследовании аварийного объекта — школы № 93 в г. Караганде, построенного в 1965 г. Трехэтажное кирпичное здание учебного заведения с продольными несущими стенами на ленточных фундаментах, основанием которых служила значительная толща элювиальной глины, получило серьезные повреждения в результате локального подтопления скрытого характера, длившегося около 10 лет. Причем подтопление грунтов основания происходило систематически из внешней и внутренней сторон здания вследствие отсутствия вертикальной планировки придомовой территории и протечек от санитарно-технического узла, расположенного на первом этаже. На рис.1 показан фрагмент здания (левое крыло), получивший аварийное повреждение. Наибольшая концентрация трещин наблюдается на участке здания, примыкающему к туалету. Так, в мозаичных полах первого этажа образовались поперечные трещины (T_1) с шириной 15 мм. Вблизи туалета трещины также образовались в торцевой ненесущей стене (T_5, T_6, T_7) и в продольной наружной несущей стене (T_3, T_8). Кроме того, по всей ширине здания, начиная от отмолок до карниза, во всех трех продольных несущих стенах обнаружены трещины местами с шириной 20 мм ($T_2, T_3, T_4, T_{10}, T_{11}, T_{12}$). Затяжной характер процесса деформирования основания здания объясняется наличием под фундаментами мощной толщи глины, подверженной периодическому локальному подтоплению. Последнее привело к развитию опасных неравномерных дополнительных осадок фундаментов вследствие увеличения сжимаемости увлажненного грунта в 2 и более раза, что установлено лабораторными экспериментами.

В 1993 г. в Караганде произошла авария пятиэтажного кирпичного здания общежития (ул. Терешковой, 36), причиной которой явилась потеря устойчивости сборных ленточных фундаментов в результа-

те локального ослабления и одновременно перегрузки их основания. На левом крыле здания было допущено длительное обводнение грунтов основания в связи с протечками из канализационных труб и существенное увеличение нагрузки на фундаменты при реконструкции туалетов на всех 5 этажах путем бетонирования. Это привело к обрушению торцевой стены дома с образованием вертикальной сквозной «секущей» трещины, начиная от швов фундаментов до карниза. Обрушению здания способствовало также отсутствие необходимой жесткости и прочности его фундаментно-подвальной части.

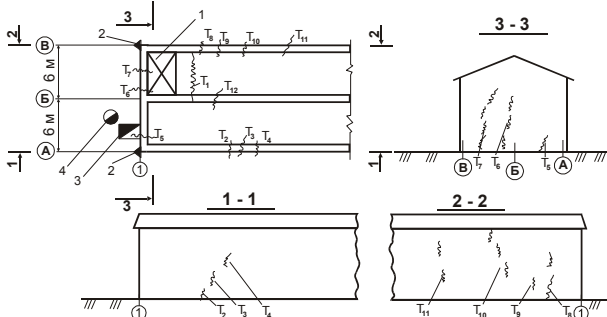


Рис. 1. Повреждения 3-этажного кирпичного здания школы № 93 в г. Караганде: а — фрагмент плана здания; б, в, г — повреждения наружных стен; 1 — туалет; 2 — стенные марки; 3 — шурф; 4 — скважина

Таким образом, вышеизложенное позволяет заключить, что несовершенство традиционных методов проектирования и действующих нормативных документов исключает экологическую защищенность эксплуатируемых зданий от вредных техногенных воздействий, неизбежно проявляющихся в условиях застроенных территорий.

На основании результатов натурных наблюдений за деформированными объектами нами разработан метод «комплексной защиты» здания от подтопления, который представляет собой синтез особенностей и возможностей конструкции полого фундамента [8], искусственного несущего слоя (подушки) основания и элементов пристенного, пластового дренажей (рис. 2). Фильтрующие полые фундаменты 4 снабжены внутренней гравийной (распределительной и дренируемой) подушкой 5 и соединяющим их по верху монолитным железобетонным поясом 6, обеспечивающим повышенную жесткость и прочность подземной опорной части здания. Толщина h_{cl} искусственного несущего слоя 10 назначается по расчету согласно разработанной методике. В данном случае такая известная подушка играет многофункциональную роль: служит непучиноопасным несущим слоем основания, имеющим высокое значение расчетного сопротивления (R), следовательно позволяет принимать наименьшую глубину заложения и ширину подошвы фундаментов; является дренируемой распределительной подушкой, обладающей практически неизменяемыми деформационными характеристиками при замачивании.

Главным достоинством предлагаемого метода «комплексной защиты» является обеспечение экологической

защищенности и долговечности эксплуатируемого здания при всех вероятных случаях подтопления основания: при скрытом подтоплении, аварийных утечках из коммуникаций, повышении уровня грунтовых вод. Для этого принимаются следующие решения:

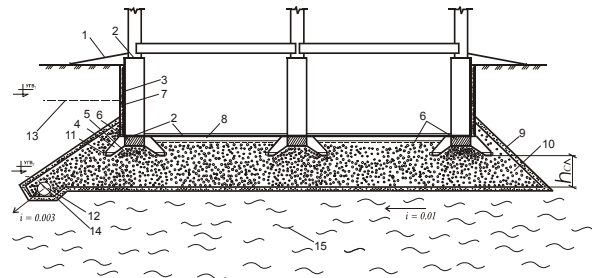


Рис. 2. Комплексная защита здания от негативных последствий подтопления: 1 — отмостка; 2 и 3 — гидроизоляции; 4 — фильтрующий полый фундамент; 5 — внутренняя засыпка полого фундамента; 6 — железобетонный пояс фундамента; 7 — пристенный дренаж; 8 — пол подвала; 9 — слой песка средней крупности; 10 — искусственный дренируемый слой основания (щебень или гравий); 11 — отверстия для отвода воды; 12 — дренажная труба; 13 — непониженный уровень грунтовых вод; 14 — пониженный уровень грунтовых вод; 15 — глинистый слабопроницаемый грунт

- снижение чувствительности грунтов под нагруженными фундаментами замачиванию при возможном их обводнении (в том числе локальном) путем применения в пределах самой активной (напряженной) зоны основания «искусственного несущего слоя» из специального материала (гравий или щебень) с практически неизменяющимися характеристиками сжимаемости при водонасыщении;

- ускорение фильтрационной консолидации, следовательно, повышение упрочнения подстилающих «искусственного дренируемого слоя» слабопроницаемых связных грунтов основания при подтоплении;

- усиление подземной части здания посредством устройства непрерывных монолитных железобетонных поясов, соединяющих по верху фильтрующих опорных плит фундаментов;

- защита вертикальных заглубленных конструкций от воздействия влаги (капиллярных, инфильтрующихся и др.), от длительного контактирования с коррозионно активными связными грунтами и от сырости подземных помещений, квартир первых этажей путем применения пристенного дренажа из газоводопроницаемого сыпучего материала (гравий или щебень);

- защита горизонтальных заглубленных конструкций от длительного воздействия капиллярных и грунтовых вод, их гидростатического напора, а также от сырости подземных помещений применением пластового дренажа, совмещающего функцию искусственного несущего слоя основания здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология — важная проблема XXI века // Жилищное строительство. 2001.

- № 2. С. 15-16.
2. Соколов А.А. Некоторые данные о влажности грунтов на застроенных территориях // Строительство и архитектура. № 8. 1967. С. 19–23.
3. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1988. 286 с.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеева. М.: Стройиздат, 1986. 415 с.
5. Ахмедов Д.Д., Лекаркин В.К., Ибрагимова Н.А. Оценка состояния застройки на просадочных грунтах в условиях сложного рельефа. В кн.: Труды 1-го Центрально-Азиатского геотехнического симпозиума. Т. 1. Астана, 2000. С. 336–338.
6. Тюменцева О.В. Влияние гидрогеологических условий на экологическую обстановку застроенных территорий. В кн.: Труды 1-го Центрально-Азиатского геотехнического симпозиума. Т. 2. Астана, 2000. С. 994–996.
7. Барков Ю.В., Захаров В.Ф., Копылева С.Н. Некоторые случаи повреждений и восстановления зданий. Жилищное строительство, 2000. № 8. С. 18–20.
8. Утепов Е.С. Ресурсосберегающие фундаменты гражданских и промышленных зданий. В кн.: Труды 1-й Казахской национальной геотехнической конференции. Т. II. Акмола, 1997. С. 385–389.

УДК 338.22.021.1 (574)

Б.А. АХМЕТЖАНОВ

Социально-экономическое развитие Казахстана в переходный период: проблемы и пути решения

Процесс рыночных реформ в Казахстане проходил в два этапа. Каждый этап имел свои конкретные цели в области становления государственности и рыночных преобразований.

На первом этапе (1992–1994 годы) рыночные реформы были направлены на либерализацию экономики и создание законодательной и институциональной базы рыночных отношений, наполнение рынка потребительскими товарами.

На втором этапе (1995–1999 годы) главным направлением реформ стали: обеспечение макроэкономической стабилизации, совершенствование законодательной базы, финансовой системы, социальной сферы и производственного сектора, включая демонополизацию, приватизацию, банкротство и санацию предприятий. На данном этапе казахстанская экономика в 1998–1999 годах пережила последствия мирового финансового кризиса в Юго-Восточной Азии и России.

Рассмотрим подробнее эти этапы реформ.

Первым шагом Правительства Республики Казахстан была либерализация цен на потребительские товары (2 января 1992 г.). Демонтаж регулирования цен наряду с другими факторами привел к резкому скачку цен. Так, в 1992 инфляция составила 3061%, в

1993 — 2265% и в 1994 — 1258% [1]. Это была непродуманная политика либерализации цен, послужившая начальным толчком к подрыву платежного оборота предприятий. Вслед за неконтролируемым ростом цен последовала денежная эмиссия, которая осуществлялась в форме наличных денег и прямых кредитов. Денежное предложение концентрировалось в сфере валютных спекуляций и не попадало в реальный сектор экономики, поскольку спекулятивный валютный рынок обеспечивал значительные дивиденды. Отсутствие капитала в производственной сфере привело к сокращению платежного оборота и обесцениванию оборотных средств предприятий, что стало причиной кризиса.

Либерализация цен без масштабной частной собственности на средства производства, без создания правовых и экономических условий хозяйствования, то есть при отсутствии конкурентной среды, по существу, привела к либерализации распределения национального богатства.

В 1994 г. были предприняты попытки по погашению взаимной внутренней задолженности предприятий. Однако полученные кредиты позволяли приобретать иностранную валюту. В результате установленный НБ в конце декабря 1993 г. курс в 6,31 тенге за

доллар США по состоянию на 30 июня 1994 г. возрос в 7 раз и составил 43,3 тенге [1].

Таким образом, движение цен в годы гиперинфляции, характерной чертой которой был многократный рост цен практически во всех сферах экономики, определялось множеством факторов, доминирующими из которых оставались либерализация цен на энергоресурсы и инфляционные ожидания, форсированные кредитования, а также девальвация денег. Сохранялся затратный характер ценообразования, что связано с отсутствием рыночного механизма в целом. Не было создано еще конкурентной среды на рынках, что только и могло бы дать реальный противовес тенденции повышения цен. Имел место фактический монополизм ряда предприятий.

В 1994 г. завершился период высокой инфляции в республике, и уже в 1995 г. отмечалось существенное замедление среднемесячного роста цен. Если в 1992 г. он составил 33%, в 1993 г. — 29,7%, в 1994 г. — 23,5%, а в 1995 г. — 4%. Факторами и причинами столь заметного снижения цен в названные годы были: проведение жесткой денежно-кредитной политики, постоянный контроль цен в базовых отраслях и у естественных монополистов; ограниченная платежеспособность большей части населения и предприятий; предельно высокий уровень цен на социально значимые товары и услуги.

В 1993–1994 годах правительство широко привлекало в Казахстан иностранные кредиты. Кредиты выдавались Министерством финансов под гарантии правительства для обновления технологии производства и закупки потребительских товаров и продовольствия, что позволило достаточно быстро наполнить казахстанский рынок импортным продовольствием, товарами, снять напряжение на потребительском рынке и оживить товарно-денежное обращение. В 1992–1994 годах произошло значительное сокращение объемов производства продукции, работ, услуг во всех отраслях. Это объясняется, в первую очередь, развалом системы производственного и материально-технического обеспечения экономики, производственно-технологических связей предприятий. Инфляция за короткий срок обесценила все накопления и имеющиеся оборотные средства. Руководители предприятий не адаптировались к либерализации экономики и продолжали производить продукцию, не находящую реализации на внутреннем и внешнем рынках. Оборотный капитал таких предприятий был заложен в продукцию, которая не имела платежеспособного покупателя. В эти годы в Казахстане происходило значительное падение производства продукции и добавленной стоимости. Главной причиной этого стала низкая конкурентоспособность экономики страны. Импорт большого количества потребительских товаров стал вытеснять отечественную продукцию с внутреннего рынка. Высокий уровень инфляции привел к обесцениванию доходов и оборотных средств предприятий. Диспаритет цен промышленности и сельского хозяйства обусловил сокращение производства на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения и химической промышленности. Отсутствовал опыт работы предприятий на внешних рынках.

Резкое сокращение объемов производства продук-

ции, работ и услуг в 1992–1994 годах оказало соответствующее влияние на уровень показателей, характеризующих состояние социальной сферы. Гиперинфляция обесценила накопления населения. Либерализация цен, хотя и позволила сбалансировать и оживить товарно-денежные отношения, обусловила кратное опережение роста цен по сравнению с доходами населения. В 1994 году по сравнению с 1990 годом реальная среднемесячная заработная плата сократилась на 53,9%, минимальная заработная плата — на 87,6%.

Именно в эти годы в республике и произошли наиболее непопулярные реформы — обмен валюты по курсу 1 к 500, перерасчеты пенсий, лишившие обещанных социальных гарантий, постепенное внедрение платных медицинских услуг и, конечно же, обещавшая обогатить каждого казахстанца пиковая приватизация.

Главными достижениями первого этапа рыночных реформ являются: сохранение стабильной социально-политической обстановки в стране; введение национальной валюты — тенге; наполнение казахстанского рынка потребительскими товарами; вхождение Казахстана в мировое сообщество, вступление в международные финансовые институты.

На втором этапе (1995–1999 годы) главными мерами по обеспечению макроэкономической стабилизации были: существенное сокращение уровня монетаризации экономики; снижение ежемесячной инфляции до уровня, не превышающего 10%; доведение дефицита платежного баланса до оптимальных размеров; финансирование дефицита государственного бюджета за счет неинфляционных источников. Стали проводиться свободные торги на валютной бирже, что создало условия для стабилизации обменного курса и ликвидации «черного» валютного рынка.

Налогово-бюджетная сфера реформировалась в условиях резкого сокращения доходов и необходимости обеспечения расходов, связанных со становлением Казахстана как независимого суверенного государства. В целях обеспечения макроэкономической стабилизации обеспечивалось поддержание дефицита государственного бюджета на относительно низком уровне, финансирование государственного бюджета постепенно перешло на неинфляционные источники. Однако заработная плата работников бюджетных организаций и органов государственного управления не индексировалась с 1996 года. Правительство вплоть до 2000 года имело крупную задолженность по выплатам пенсий и пособий. Минимальный размер пенсии и государственных социальных пособий был ниже прожиточного минимума и уровня бедности. Практически была прекращена поддержка развития сельского хозяйства и отдельных отраслей промышленности.

На втором этапе экономической реформы большое внимание было уделено созданию привлекательного инвестиционного климата как для внутренних, так и для иностранных инвесторов. Программа государственных инвестиций имела целью финансирование проектов инфраструктуры и объектов жизнеобеспечения. Собственники предприятий не были заинтересованы в эмиссии акций. Не нашло развитие ипотечное кредитование строительства жилья. Главная проблема была в низком уровне доходов основной массы населения. В настоящее время в Казахстане

создан привлекательный инвестиционный климат. Так, совокупный объем иностранных инвестиций за период с 1993 г. по 2000 годы превысил 12 млрд. долларов США, в том числе прямых инвестиций — 8 млрд. долларов США.

В соответствии с Программами приватизации (I—1991–1993 и II — национальная программа 1993–1995 годов) государственные предприятия приватизировались тремя методами: малой приватизации — в основном на продаже объектов торговли и услуг, а также на передаче государственной собственности трудовым коллективам предприятий; массовой приватизации — продажа средних предприятий инвестиционным приватизационным фондам по купонам; приватизация крупных предприятий по индивидуальным проектам и приватизация агропромышленного комплекса.

Средние предприятия в 1994–1995 годах были приватизированы с участием инвестиционных приватизационных фондов методом купонной приватизации. Эти фонды, не имея реальных финансовых ресурсов, не могли оказать реальной финансовой помощи предприятиям. Состояние платежеспособности населения создавало условия для работы только предприятий по производству мясо- и хлебопродуктов, яиц, молока, предприятий коммунального хозяйства и транспорта. Остальные отрасли — легкая, химическая, машиностроительная, мебельная промышленность, строительная индустрия и др. значительно сократили свои производственные программы и численность работников.

Приватизация в промышленности позволила привлечь иностранный материальный и организационный капитал в экспортоориентированные производства. Однако это привело к некоторому снижению государственного контроля над производством продукции и доходами в ключевых отраслях промышленности, особенно на региональных рынках. Благодаря демократическим реформам в Казахстане появился динамично растущий частный сектор, активно реализующий свои проекты в различных отраслях экономики; постепенно складывается современная инфраструктура в сфере финансов, банков, энергетики, транспорта и телекоммуникаций. Так, доля частных предприятий по состоянию на 1.02.2000 г. составила 81,7%.

Второй этап проведения рыночных реформ в промышленности связан с реализацией мероприятий, направленных на рост производства экспортной продукции, и стабилизацией производства в отраслях, обеспечивающих потребность внутреннего рынка.

Начиная с 1995 года началось увеличение производства металлов и добычи нефти. В 1999 году объем добычи нефти по сравнению с 1995 годом возрос на 60,1%, меди рафинированной — на 26,2%, свинца рафинированного — на 116,6%, цинка металлического — на 35,1%, проката черных металлов — на 47,7%, ферросплавов — на 51,9%. Уровень мировых цен на нефть возрос с 14,4 долларов США за 1 баррель в 1995 году до 34 долларов в 2000 году, или на 220%.

Коренной проблемой государственного регулирования социальных вопросов в период 1992–1999 годов явился дисбаланс между размером государственного финансирования социальной сферы и гарантируемым объемом бесплатных услуг населению. Эта проблема продолжает оставаться неразрешенной. Сосредоточе-

ние усилий лишь на повышении уровня доходов социально уязвимых слоев населения и сокращения безработицы не решит проблемы бедности. Нужно уделять внимание вопросам безопасности питьевой воды, доступности базового образования, первичной медицинской помощи, коммунальных услуг и проблемам окружающей среды.

Динамика расходов государственного бюджета на образование и здравоохранение показывает, что доля расходов на образование с 6% от ВВП 1990 года сократилась до 3,9% в 1999 году, расходы на здравоохранение за этот период соответственно составили 4% и 2,2%.

О тяжелом положении системы образования в сельской местности говорят следующие данные. Так, на заседании Правительства РК в июне текущего года было рассмотрено состояние образования в сельской местности, было отмечено, что качество образования в сельских школах остается низким. Корни этой проблемы традиционны: слабая учебно-методическая база, ухудшение здоровья детей, неподготовленность педагогов. Тяжелое положение школ усугубилось оптимизацией 1996–1997 годов, в 1997 населенных пунктах действуют только начальные школы, в 482 населенных пунктах (селах), где проживает свыше 18000 детей школьного возраста, вообще нет школ, в ходе оптимизации была закрыта каждая пятая сельская школа [2]. Сейчас Правительство выправляет состояние образования на селе: только в 2000 г. открыто 46 сельских школ, пришкольных интернатов — 14, в 2001 г. предполагается открытие 39 дневных школ, 25 пришкольных интернатов, 11 дошкольных организаций [2].

Для Казахстана 2000 г. стал годом начала стабилизации и формирования предпосылок для устойчивого экономического роста. В течение 2000 года сохранились и укрепились позитивные тенденции социально-экономического развития Республики Казахстан, наблюдаемые со второй половины 1999 года. Действия Правительства и Национального Банка Республики Казахстан обеспечили поддержание инфляции и валютного курса на приемлемо низком уровне. Инфляцию за год удалось снизить почти в два раза, до уровня 9,8% на конец года против 17,8% в 1999 году. Это сыграло положительную роль в создании и развитии благоприятного делового и инвестиционного климата в стране.

Принятие Программы импортозамещения и увеличение государственной закупки инвестиционных товаров стимулировали вложение средств в отечественную обрабатывающую промышленность. На рост инвестиций повлияло снижение ставки рефинансирования НБ РК с 18 до 14% и обязательной нормы резервирования с 10 до 8%. Все это улучшило инвестиционный климат в стране. Объем инвестиций в основной капитал в 2000 году по сравнению с 1999 годом возрос на 29,4%. Так, только в 2000 г. объем прямых иностранных инвестиций в Казахстан составил 2,7 млрд. долларов США. ВВП в 2000 году, как известно, увеличился на 9,6 %. Прирост промышленного производства составил 14,6 %, в том числе в горнодобывающей отрасли — 21,5%, в обрабатывающей — 15,6%, в сфере производства и распределения

электроэнергии, газа и воды — 5,5%.

Начиная с 2001г. макроэкономическая политика Правительства и Национального Банка будет нацелена на обеспечение ускоренного экономического роста, что должно привести к повышению благосостояния населения республики.

Основным объектом, обеспечивающим реализацию политики ускоренного экономического роста в будущем периоде, определена промышленность страны. Предприятия реального сектора будут способствовать повышению уровня конкурентоспособности путем внедрения более сложных технологий и систем управления, а также за счет освоения передовых сфер производства и информационных технологий. Расширение внедрения современных технологий и создание привлекательных условий для отечественного производства являются основными факторами, обеспечивающими интенсификацию производства в промышленности и повышение конкурентоспособности экономики. Будет принята политика по стимулированию применения современных интенсивных технологий и расширения номенклатуры наукоемкой продукции, производимой казахстанскими предприятиями.

По данным Агентства РК по статистике, в январе-мае 2001 года рост промышленного производства в Казахстане, по сравнению с аналогичным периодом 2000 года, составил 11,6%, валовая продукция сельского хозяйства выросла на 4,6%, инвестиции в основной капитал — на 26%. Увеличение промышленного производства обусловлено ростом производства горнодобывающей (на 21,1%), обрабатывающей промышленности (на 8%), а также в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды (на 3,2%). В горнодобывающей промышленности рост добычи угля составил 5,6%, сырой нефти и попутного газа — 19,6%, природного газа — 18,3%, руд цветных металлов — 6,4%. По итогам первого квартала 2001 года доля горнодобывающей промышленности в объеме промышленного производства составила 45,6%, обрабатывающей — 42%, распределения электроэнергии, газа и воды — 12% [3].

Какие проблемы стоят сейчас перед экономикой Казахстана?

1. Первая и главная проблема — это преобладание морально и физически устаревшего производственного потенциала. Средний возраст оборудования составляет 20 и более лет, а степень износа основных фондов в промышленности 45–55 %. Следовательно, нас ожидают большие объемы выбытия физически изно-

шенного и морально устаревшего основного капитала. А сохранение такого капитала на длительный период приведет к дальнейшему старению всего производственного потенциала, что не позволит достичь высоких темпов роста экономики и производить конкурентоспособную продукцию.

2. За годы реформы сырьевая направленность экономики усилилась настолько, что она стала, по существу, односекторной (сырьевой), ибо другой небольшой ее сектор — потребительский — пришел в полный упадок, его отрасли практически деградировали. Сохранение односекторной экономики, зависящей от конъюнктуры внешнего рынка, не может служить основой долгосрочного роста.

3. Иностранные инвесторы эксплуатируют исключительно богатые месторождения, причем не рациональным способом. В результате в Казахстане прежде богатые месторождения оказались сильно отработанными, а запасы минерально-сырьевых ресурсов значительно сократились. Здесь необходим пересмотр кондий с учетом интересов республики.

4. Поддержание и развитие около 60 так называемых малых и средних городов, а также многочисленных отдаленных сельских и экологически бедствующих районов страны. Многие из малых и средних городов отдаленных сельских районов, рабочих поселков испытывают огромные трудности в жизнеобеспечении своего населения электроэнергией, топливом и водой.

Для решения стратегических задач, стоящих перед Республикой Казахстан, по инициативе Президента Республики Н.А. Назарбаева создан Национальный фонд (1.01.2001 г.), на счет которого было зачислено \$660 млн. долларов (от 5% продажи акций СП «Тенгизшевройл» концерна «Шеврон»). Сегодня на счете Национального фонда аккумулировано уже 835 млн. долларов, а к концу года объем Национального фонда ожидается увеличить до 1,5 млрд. долларов США. Этот фонд Президент страны назвал фондом поколения.

Кроме того, в 2001 г. создан Банк развития, на счету которого находится 300 млн. долларов США, до конца текущего года ожидается его рост до 500 млн. долларов США. Назначение этого фонда — инвестирование средне- и долгосрочных инвестиционных проектов; стимулирование кредитования производственного сектора экономики РК путем выдачи гарантийных обязательств по займам и кредитам, предоставляемым другими кредитными институтами, а также софинансирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривко Н. О факторах инфляции в Казахстане // АльПари. 2001. №1–2.
2. МОН в очередной раз констатировал низкое качество образования в сельских школах // Панорама. 2001. № 24. 22 июня.
3. Анализ факторов экономического развития в Казахстане // Деловое обозрение «Республика». 2001. № 21. 31 мая.

УДК 330.322
С.Н. АХМЕТОВ

Региональная система управления инвестициями

Несомненно, что процесс инвестирования в регионе нуждается в управлении. Основным принципом управления инвестициями, по нашему мнению, может

быть создание централизованной и иерархической системы, основными целями которой являются:

- стимулирование инвестиционной деятельности

в регионе;

- повышение инвестиционной привлекательности региона.

В этой связи система управления может строиться по трем основным направлениям (рис. 1).

Основные задачи по направлениям состоят в следующем:



Рис. 1. Принципы управления инвестициями на региональном уровне

1. *Региональный брендинг:*

- создание нормативно-правовой базы для привлечения инвестиций в регион;
- создание регионального фонда по страхованию инвестиций;
- создание специализированного регионального органа по координации инвестиционной деятельности.

2. *Корпоративный брендинг:*

- стимулирование создания инвестиционно активных корпоративных структур и улучшение их имиджа за пределами региона;
- поддержка перспективных корпоративных структур, вывод их с микро- на мезоуровень;
- стимулирование региональной вертикальной и горизонтальной интеграции для увеличения гибкости инвестиционных ресурсов.

3. *Фискальные меры:*

- инвестиционное налоговое кредитование;
- реструктуризация взаимных долгов;
- нетарифное регулирование экономических отношений.

В рамках создаваемой системы управления необходимо принятие следующих мер:

а) сфера экономики:

- развитие инфраструктуры;
- аккумуляция ресурсов;
- совершенствование коммуникаций;

б) сфера юриспруденции:

- законодательная защита инвесторов;
- региональные инвестиционные программы;
- бюджетные ассигнования.

Создание и реализация такой системы, на наш взгляд, позволят региону повысить инвестиционную привлекательность и осуществить комплекс преобразований для повышения бюджетной эффективности.

Любой регион желает увеличить свое богатство посредством экономического роста. Как может регион ускорить экономический рост? Один из возможных путей — проведение промышленной политики, в соответствии с которой правительство пытается направить ресурсы в отрасли, по его мнению, перспективные для экономического роста.

Развитие народного хозяйства промышленно развитых стран, интегрированных в мировую экономику, показало, что рыночных сил саморегулирования недостаточно для того, чтобы самостоятельно преодолеть

возникающие кризисы.

Прежде всего, из опыта мировых кризисов возникло осознание того, что государство должно активно вмешиваться в экономический процесс. Благодаря этому складывающаяся к определенному времени экономическая ситуация (например, неполная занятость или инфляция) должна быть изменена таким образом, чтобы, используя соответствующие средства (например, увеличение или сокращение денежной массы), можно было достичь поставленных целей (полная занятость или стабилизация уровня цен).

Таким образом, под промышленной политикой понимают совокупность предпринимаемых государством мероприятий, посредством которых, применяя соответствующие средства, воздействуют на экономический процесс для достижения поставленных целей.

Промышленная политика — это стремление региона направить ресурсы в ту или иную отрасль, которую он считает перспективной в отношении экономического роста. Поскольку это означает перемещение ресурсов из других отраслей, промышленная политика всегда предполагает развитие одних отраслей хозяйства за счет других. Главная проблема для этой политики — определение критерия отбора приоритетной отрасли, т. е. как выбрать те отрасли, которые получают поддержку за счет остальных.

Важно различать, какие отрасли должны стимулироваться правительством и в каких должен происходить экономический рост. В рыночной экономике некоторые отрасли будут развиваться, другие — сжиматься под влиянием законов рынка. Для выработки действенной промышленной политики правительство должно быть в состоянии не просто определить отрасли, имеющие перспективы в будущем, оно должно быть готово к ответу на более важный вопрос: какие сферы хозяйства должны развиваться или сокращаться быстрее, чем их подталкивают к этому рыночные силы. Для того чтобы обосновать активную правительственную программу, которая будет стимулировать переток ресурсов, необходимо показать, что этот процесс происходит слишком медленно, т. е. необходимо обосновать вмешательство правительства наличием дефекта рыночного регулирования.

Обычно аргументы в пользу той или иной промышленной политики, приводимые для широкой публики, не обязательно упираются в дефект рыночного регулирования. Вместо этого они содержат надежные с виду критерии для выделения тех или иных сфер экономики в качестве приоритетных для правительственной поддержки. По нашему мнению, правительство должно способствовать развитию следующих отраслей:

- 1) с высокой добавленной стоимостью на одного работающего;
- 2) играющих роль «связующего звена»;
- 3) имеющих потенциал роста в будущем;
- 4) позволяющих повысить вертикальную интеграцию предприятий региона.

Экономико-политические мероприятия направлены на достижение определенных целей. Для контроля выполнения нужны соответствующие показатели (измерительные величины, масштабы). Подобные проектные задания выставляются на фоне определенной, сложившейся к данному времени экономической

ситуации. Поэтому они являются отражением тех возможностей, которые в данное время кажутся вполне реализуемыми.

Для повышения благосостояния региона вырабатываются цели промышленной политики (рис. 2).

К целям промышленной политики относятся:

1. Высокий уровень занятости

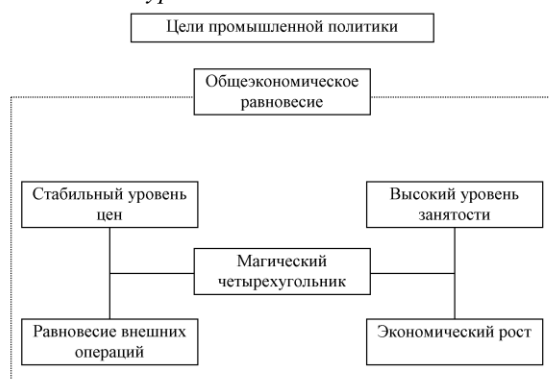


Рис. 2. Цели промышленной политики

В широком смысле слова под этим понимают полное использование всех факторов производства. В качестве масштаба служит степень загрузки совокупного производственного потенциала в народном хозяйстве. В узком смысле слова речь идет о полной занятости производственного фактора «труд».

Ввиду высокой и продолжающейся безработицы достижение полной занятости становится главной задачей экономической политики. Эта задача основывается в первую очередь на представлении о человеческой личности, по которому самоутверждению человека в процессе трудовой деятельности придается первостепенное значение. Кроме того, экономическая, а также политическая независимость работающего по найму человека обеспечивается в длительной перспективе только тогда, когда он уверен в том, что в любое время найдет для себя соответствующую своей квалификации работу.

2. Равновесие экономических операций с другими регионами

В экономических связях с другими регионами и за границей преследуется цель сбалансировать поступающие и расходные платежи. Для страны с сильно интегрированной в мировую экономику, каковой, например, является ФРГ, важно, чтобы ее внешнеэкономические связи развивались «равновесно», так, чтобы все страны-торговые партнеры могли оставаться платежеспособными. Только так можно на длительный срок обеспечить себе преимущества, которые вытекают из международного разделения труда. К тому же экспорт гарантирует рабочие места и представляет собой важную движущую силу экономического роста.

3. Непрерывный и соразмерный экономический рост

Общий экономический рост означает увеличение предложения товаров и услуг, приходящихся на душу населения. Экономический рост должен, помимо материального потребления, скорее способствовать повышению качества жизни путем создания лучших условий окружающей среды, гуманизации рабочего

места, лучшей системы здравоохранения и обеспечения старости. Отдельные цели экономической политики могут согласовываться между собой или оказываться несовместимыми.

Согласованность целей (совместимость).

Достижение поставленной цели благоприятствует одновременно реализации другой цели. Например, снижение уровня существующей безработицы при экономическом спаде способствует также экономическому росту, ибо более полная загруженность факторов производства приводит к увеличению производства товаров.

Конфликт целей (несовместимость).

Цели конкурируют между собой, т. е. приближение к одной цели связано с отдалением от одной или нескольких поставленных целей. Например, в народном хозяйстве в период спада конъюнктуры затрудняется достижение целей: полная занятость, экономический рост и стабильный уровень цен. В результате сокращения денежной массы сдерживается совокупный спрос, а следовательно, и рост цен. В то же время усиливаются тенденции спада, вследствие чего растет безработица и замедляется экономический рост. Односторонняя направленность экономической политики на полную занятость с помощью политики дешевых денег и высокой государственной задолженности с целью стимулировать совокупный спрос вызывает, как правило, «доморощенную» инфляцию. Одновременно нарушается также сбалансированность внешне-торговых операций, если на внешнем рынке проводится политика стабилизации, так как тогда сокращается экспорт из страны и увеличивается импорт.

Для того чтобы разрешить всю проблематику конфликта целей, экономическая политика стремится на практике к компромиссам: приоритет цели, наиболее подверженной нежелательному воздействию, с учетом прочих целей. Одним из основных направлений реализации промышленной политики является инвестиционная политика региона.

Цель инвестиционной политики — создание условий для эффективных вложений в экономику региона. Под эффективными вложениями обычно понимаются такие инвестиционные вложения, которые, помимо платы за риск инвестиций, позволяют получить приемлемую для инвестора и региона, принимающего инвестиции, экономическую выгоду в виде, например, прибыли от инвестиций. В этой связи основным критерием для инвестора будет являться ожидаемая доходность на вложенный капитал в сопоставлении со степенью риска, а для региона — повышение бюджетной эффективности экономики региона.

Повышение бюджетной эффективности региона — положительное изменение регионального бюджетного сальдо. То есть либо инвестиции должны привести к росту доходов, либо к снижению расходов регионального бюджета. На наш взгляд, основными условиями проведения разумной и привлекательной для инвесторов политики являются следующие:

- доступная и полная информация об объектах;
- установленная и прописанная процедура получения прав;
- критерии определения победителей в случае

- тендеров за право;
- понятный механизм оценки стоимости прав;
- государственный институт регистрации прав;
- государственные меры стимулирования и поддержки инвесторов.

В соответствии с заданными условиями могут быть сформулированы следующие задачи инвестиционной политики региона:

- повышение общей инвестиционной привлекательности региона;
- формирование новых источников налоговых и рентных платежей;
- образование новых рабочих мест;

- развитие инфраструктуры региона;
- восстановление исторических объектов на территории региона;
- формирование здоровой конкурентной среды;
- поддержание благоприятного экологического климата в регионе;
- создание условий для развития малого бизнеса на базе объектов недвижимости (прачечные, химчистки, парикмахерские, аптеки и т.п.).

УДК 622.3:338.45
О.Е. МАЛЬЧЕНКО

Определение коэффициента ценовой эластичности спроса на угольную продукцию

Важную роль при формировании эффективной маркетинговой стратегии предприятия играет ценовая политика, использующая наиболее совершенные и гибкие методы ценообразования. Ценовая политика угледобывающего предприятия является одним из наиболее сложных и труднопрогнозируемых элементов активности конкурентной среды, так как все действующие в экономике цены взаимосвязаны и образуют систему, которая находится в постоянном развитии под влиянием множества рыночных факторов. Конкуренция заставляет производителя угольной продукции непрерывно совершенствовать стратегию реализации угля, корректируя и приводя в соответствие тактику производства.

Одним из наиболее значимых параметров ценовой политики, используемых при оценке конкурентоспособности предприятия-производителя угольной продукции, является анализ ценовой эластичности спроса, то есть чувствительность спроса к изменению цены. Под эластичностью понимают меру реагирования одной переменной в результате однопроцентного изменения другой переменной. Эластичность спроса по цене показывает, на сколько процентов изменится величина спроса на угольную продукцию при изменении цены на один процент. Для исчисления ценовой эластичности спроса на угольную продукцию удобно использовать коэффициент дуговой эластичности по формуле

$$k_y = \frac{(Q_2 - Q_1)}{(\bar{Q}_2 - \bar{Q}_1)} \cdot \frac{(\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2) \div 2}{(Q_1 + Q_2) \div 2}, \quad (1)$$

где Q_1, Q_2 — соответственно, величина спроса за базисный и отчетный периоды;

$\bar{Q}_1, \bar{Q}_2$ — соответственно, цена на угольную продукцию в базисном и отчетном периодах.

На основе анализа значений и динамики изменения коэффициентов ценовой эластичности спроса делаются общие выводы о процессе реализации угольной продукции в зависимости от потребительского спроса и возможных действиях конкурентов в области цен. В таблице 1 приведена динамика коэффициента ценовой эластичности за 1999 год для угольной продукции АО «Шубаркольский разрез» с месячным интервалом изменения, рассчитанного по формуле (1).

Как показал расчет, спрос на угольную продукцию АО «Шубаркольский разрез» весьма эластичный за исключением периода «апрель-май», следовательно, покупатели чутко реагируют на изменение цены. Кроме того, в 7 периодах изменения из 11 исследуемых коэффициент ценовой эластичности имеет положительный знак, что позволяет отнести уголь к группе товаров особого спроса, на которые спрос растет с увеличением цены, так как это делает его более привлекательным для покупателей. Поэтому добиться увеличения реализации угольной продукции можно, увеличивая цену на нее. Однако данные выводы противоречат действительности, наблюдаемой на угольном рынке карагандинского региона. Следовательно, возникает вопрос о правомерности применения формулы (1) для анализа ценовой эластичности спроса на уголь.

Таблица 1

ДИНАМИКА КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛАСТИЧНОСТИ
ДЛЯ АО «ШУБАРКОЛЬСКИЙ РАЗРЕЗ»

Интервал изменения	Значение коэффициента ценовой эластичности
Январь-февраль	3,092353
Февраль-март	14,67924
Март-апрель	-1,8236
Апрель-май	0,771783
Май-июнь	1,683936
Июнь-июль	2,199708
Июль-август	3,141023
Август-сентябрь	-9,21572
Сентябрь-октябрь	-33,8244
Октябрь-ноябрь	14,3901
Ноябрь-декабрь	-3,27524

Как уже отмечалось ранее [1, 2], уголь, применяемый для энергетических нужд, является товаром сезонного спроса, то есть на его реализацию в значительной степени влияет фактор сезонности. Так как фактор сезонности показывает изменение объема

спроса в зависимости от времени года, то очевидно данный фактор и вносит искажения в коэффициент ценовой эластичности, однако ранее [2, 3] данное искажение не изучалось. Поэтому только для расчета коэффициента ценовой эластичности, показывающего изменение объема спроса от изменения цены, необходимо очистить данную динамику (табл. 1) от влияния сезонной составляющей.

Первоначально необходимо определить амплитуду и длину сезонной волны. Под сезонной волной показателя спроса на угольную продукцию понимается распределение по месяцам величины отклонения объема потребления от среднемесячного значения в анализируемом году. Так как основными потребителями энергетических углей в Карагандинском регионе являются ТЭЦ, то в основу исследований сезонной волны были положены показатели месячной потребности теплоэлектростанции в угольной продукции, а не показатели отгрузки продукции угледобывающих предприятий, как это было сделано в работах [1, 2]. Для определения сезонной волны воспользуемся индексным методом. Тогда индекс сезонности (I_c) может быть определен по формуле

$$I_{\bar{n}i} = \frac{Q_i}{Q_{\bar{n}0}}, \quad (2)$$

где Q_i — потребность в угольной продукции в i -м месяце, тут;

$Q_{\bar{n}0}$ — среднемесячное значение потребности в угольной продукции, тут, определяется по формуле

$$Q_{\bar{n}0} = \sum_{i=1}^{12} Q_i / 12. \quad (3)$$

Причиной сезонных колебаний служат климатический фактор ($I_{кл}$) и организационный, связанный с календарным режимом работы ТЭЦ ($I_{к.р.}$).

$$I_{\bar{n}} = I_{\bar{e}e} \cdot I_{\bar{e}.d}. \quad (4)$$

Также были отдельно выделены потребности в угольной продукции, необходимой ТЭЦ для выработки тепловой и электрической энергии на примере Карагандинского региона. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Как показывают расчеты, наибольшее влияние на сезонную потребность энергетического угля для ТЭЦ оказывает выработка тепловой энергии, имеющая большую амплитуду колебаний, чем производство электрической энергии.

Минимальное потребление угля приходится на июнь, а максимальное — на декабрь, длина сезонной волны составляет 12 месяцев, снижение потребности в сентябре связано с проведением ежегодных подготовительно-профилактических работ в этом сезоне. Нарушение динамики индекса сезонности (февраль-март) связано с влиянием индекса календарного режима работы ТЭЦ. Таким образом, амплитуда колебаний потребности ТЭЦ в угольной продукции зависит от климата и производственной мощности предприятия, и поэтому влияние фактора сезонности на различных географических сегментах различно.

Так как сезонная волна представлена в виде индексов, то для того чтобы исключить сезонную составляющую из общей динамики реализации, необходимо определить индексы распределения отклонения месячного объема реализации энергетического угля от среднемесячного значения ($I_{p.p.}$). При исключении сезонной волны из динамики показателей, получена динамика показателя ($I_{\phi i}$), характеризующего степень влияния на объем реализации экономических, технологических и организационных факторов, которые также влияют на формирование рынка угольной продукции [1, 2]. Полученный показатель также содержит в себе элемент деловой активности угольного предприятия, показывая насколько оно в определенный месяц обходит своих конкурентов в борьбе за потребителя на различных рыночных сегментах.

$$I_{\phi i} = \frac{I_{\bar{e}.d.i}}{I_{ci}}, \quad (5)$$

где $I_{\phi i}$ — степень влияния на объем реализации экономических, технологических и организационных факторов;

$I_{p.p.i}$ — индекс отклонения объема реализации i -го месяца от среднемесячного;

I_{ci} — индекс сезонности i -го месяца.

В дальнейшем необходимо произвести расчет ин-

Таблица 2

ИНДЕКСЫ ПОТРЕБНОСТИ ТЭЦ В УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Месяц	Индекс календарного режима работы $I_{к.р.}$	Производство тепловой энергии		Производство электрической энергии		Общая потребность ТЭЦ в угле	
		$I_{кл}$	I_c	$I_{кл}$	I_c	$I_{кл}$	I_c
Январь	1,01917	1,76934	1,803282	1,03466	1,05450	1,39917	1,42601
Февраль	0,92054	1,74917	1,610199	1,08659	1,00026	1,41401	1,30166
Март	1,01917	1,63246	1,66377	1,14235	1,16425	1,38162	1,40812
Апрель	0,98630	1,01180	0,997948	0,79617	0,78527	0,89891	0,88660
Май	1,01917	0,28774	0,293267	0,87015	0,88684	0,66809	0,68091
Июнь	0,98630	0,25024	0,246817	0,86986	0,85794	0,54742	0,53992
Июль	1,01917	0,3031	0,308913	0,9172	0,93484	0,59718	0,60863
Август	1,01917	0,33817	0,34466	1,06711	1,08757	0,68740	0,70059
Сентябрь	0,98630	0,29416	0,290133	1,10231	1,08721	0,68204	0,67269
Октябрь	1,01917	1,07523	1,095853	1,18482	1,20754	1,11890	1,14036
Ноябрь	0,98630	1,37483	1,355996	0,86784	0,85595	1,11806	1,10274
Декабрь	1,01917	1,95173	1,989162	1,05749	1,07777	1,50291	1,53173

декса изменения цены (I_{η})

$$I_{\delta i} = \frac{\ddot{O}_i}{\ddot{O}_{\bar{n}\delta}}, \quad (6)$$

где I_i — цена на энергетический уголь в i -м месяце;
 I_{cp} — среднемесячная цена на энергетический уголь.

Выразив коэффициент ценовой эластичности спроса через индексы — цен и изменения объема реализации, — получаем

$$k_y = \frac{(I_{\delta i+1} Q_{\bar{n}\delta} - I_{\delta i} Q_{\bar{n}\delta})(I_{\delta i} \ddot{O}_{\bar{n}\delta} + I_{\delta i+1} \ddot{O}_{\bar{n}\delta})}{(I_{\delta i} Q_{\bar{n}\delta} + I_{\delta i+1} Q_{\bar{n}\delta})(I_{\delta i+1} \ddot{O}_{\bar{n}\delta} - I_{\delta i} \ddot{O}_{\bar{n}\delta})} = \frac{(I_{\delta i+1} - I_{\delta i})(I_{\delta i} + I_{\delta i+1})}{(I_{\delta i} + I_{\delta i+1})(I_{\delta i+1} - I_{\delta i})}. \quad (7)$$

Приведенный коэффициент очищен от влияния фактора сезонности и показывает зависимость объема реализации угольной продукции от изменения цены. Таким образом, он становится определяющим при разработке ценовой стратегии предприятия. Расчет коэффициента ценовой эластичности спроса на угольную продукцию АО «Шубаркольский разрез» представлен в табл. 3.

Абсолютные значения полученных коэффициентов ценовой эластичности значительно меньше единицы, что свидетельствует о том, что спрос на угольную продукцию АО «Шубаркольский разрез», используемую для энергетических целей, весьма неэластичный. Поэтому добиться увеличения объема реализации по средствам изменения лишь одной цены невозможно, необходима действенная маркетинговая стратегия. В данном случае, так как спрос характеризуется сезонными изменениями, необходимо использовать синхромаркетинг, задачей которого является

поиск способов сглаживания нерегулярного спроса, использующий не только ценовые рычаги управления спросом, но и целый комплекс мероприятий по продвижению угольной продукции на новые рынки, маркетинговые коммуникации и методы рыночной борьбы с конкурентами.

Таблица 3

КОЭФФИЦИЕНТ ЦЕНОВОЙ ЭЛАСТИЧНОСТИ
СПРОСА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УГОЛЬ
ОАО «ШУБАРКОЛЬСКИЙ РАЗРЕЗ»

Месяц	$I_{p.p.}$	$I_{\phi i}$	I_{η}	k_y
Январь	0,861807	0,615938	0,953527	—
Февраль	0,71451	0,505308	0,89759	0,010217
Март	1,010092	0,731091	0,918798	0,007035
Апрель	0,591249	0,657733	1,226497	-0,03487
Май	0,439086	0,657218	0,832502	0,000318
Июнь	0,756508	1,381945	1,144144	0,218931
Июль	0,679622	1,138051	1,089775	0,011755
Август	0,600797	0,874004	1,047878	0,011753
Сентябрь	1,301747	1,908601	0,967315	-0,06036
Октябрь	1,835706	1,640623	0,957629	0,001408
Ноябрь	1,752284	1,567254	0,95454	0,000135
Декабрь	1,456592	0,969181	1,009806	-0,0256

Следовательно, динамику рынка угольной продукции, используемой для энергетических целей, в сложившихся условиях определяет не ценовой фактор, а сезонный. А предложенная методика позволяет учитывать влияние ценового фактора без искажения динамики, вызванной фактором сезонности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нефедов П.П., Дрижд Н.А., Квон С.С., Презент Г.М., Перзадаев М.А. Технология разработки сложных и некондиционных пластов Карагандинского бассейна. Караганда, 1995. 332 с.
2. Алимбаев А.А., Хасенова Р.Г., Аргумбаева К.К. Формирование и развитие рынка угля. Караганда: Санат, 1999. 207 с.
3. Гальчев Ф.И. Маркетинг угля в России. М.: ИНКРУ, 1997. 269 с.