

# УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

## ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

✻ 3 (24)  
2006

---

2000 жылдан бастап шығарылады  
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года  
Периодичность 4 раза в год

---

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

### МЕНШІК ИЕСІ

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

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

### СОБСТВЕННИК

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

Главный редактор

**Г.Г. Пивень**

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

## Редакционный совет

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

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ</b> .....	5
НУРГУЖИН М.Р. Инновации в сфере высшего технического образования .....	5
КЛОК А.Б. Формализация процесса построения интегральных учебных дисциплин .....	9
МАТВЕЕНКОВА Л.Г., АМАНЖОЛОВА М.К. Проблемы повышения качества подготовки инженерных кадров (социологический анализ) .....	13
КАРАСАРТОВА М.М., СИВОДЕДОВА А.В. Система контроля качества знаний студентов технических вузов при изучении дисциплин гуманитарного цикла .....	15
СУЛЕЙМЕНОВА М.Ж., ТЛЕУГАБЫЛОВА К.С. Актуальные проблемы изучения истории Казахстана в высшей школе .....	17
<b>РАЗДЕЛ 2. ГЕОТЕХНОЛОГИИ</b> .....	19
ӘКІМБЕКОВ Ә.Қ., ЖОЛМАҒАМБЕТОВ Н.Р. Қосымша ауа ағынын беру кезінде желдету жүйесінің құбырындағы ауаның жылдамдықты ағынының өзгеруін талдау .....	19
РОМАНОВ В.И. Обеспечение устойчивости уступов при заоткосных работах на карьере .....	21
ДЕМИН В.Ф., УТКИН Д.А. Технология отработки локальных участков, запасов коксующихся углей с оставлением породы в подземных условиях шахт .....	22
ГРАЩЕНКОВ Н.Ф., ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г. Динамика изменения концентрации метана в куполах подготовительных выработок .....	25
САГИНОВ А.С., МАГЗУМОВ А.Е. Исследования усилия закрепления анкерной крепи с патронированными быстротвердеющими составами в шахтных условиях .....	27
ЗАДАВИН Г.Д. Экспериментальные исследования по определению несущей способности сталеполлимерных анкеров .....	28
ЕГОРИНА А.В. Взаимосвязь ороклиматического барьера Большого Алтая с центрами действия атмосферы планетарного масштаба .....	31
<b>РАЗДЕЛ 3. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ</b> .....	33
ЖЕТЕСОВА Г.С., ЖАРКЕВИЧ О.М. Определение технико-экономических показателей механизированной крепи «Глиник» .....	33
МУХАМАДЕЕВА Р.М. Математическая модель натяга, допустимого пределом деформации при комбинированной обработке .....	35
ИСАГУЛОВ А.З., КАЖИКЕНОВА С.Ш. Математическое моделирование течения расплава меди .....	38
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., ЗИМАКОВА М.А. Исследование влияния технологических параметров прокатки на распределение механических свойств марки стали Х60 по длине горячекатаных полос .....	40
ИЛЬКУН В.И., СИТКИН М.И. Исследование температурных режимов работы подшипников скольжения сдвоенных мультипликаторов привода валков двухклетового прокатно-дрессировочного стана 1400 .....	43
ТУРУМБЕТОВ У.А., ЖУМАШЕВ К.Ж., БУКАНОВ Ж.У., НАРЕМБЕКОВА А.К., ШАЯХМЕТОВА Ж.Н. Разработка и оптимизация процесса направленной гидрокаталитической десульфуризации полиметаллического сульфидного сырья .....	45
<b>РАЗДЕЛ 4. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ</b> .....	48
ИСАГУЛОВ А.З., АХМЕТОВА С.С. Выпуск сыпучих материалов из установки с зоной циркуляции .....	48
БАКИРОВ Ж.Б., ЕРАЛИН А.Н., ТАЖЕНОВА Г.Д. Исследование двухмассовой модели привода с упругой муфтой .....	50

ТКАЧ Е.В., ИМАНОВ М.О., МАХМЕТОВ Д.К., НАУРЫЗБАЕВ Г.Д. Высокоэффективные химические модификаторы из побочных продуктов промышленности .....	53
ЕЛЬМУРАТОВ С.К. Поведение тонких оболочек и пластин при динамическом нагружении в срединной поверхности .....	55
ФИЛИМОНОВ А.Т., ДАНИЯРОВ Н.А., ЖУМАНОВ М.А., ЖАЛГАСБЕКОВ А.З. Адаптация горных машин и оборудования к горно-техническим условиям эксплуатации .....	57
КАСИМОВ А.Т. Анализ сходимости метода конечных разностей при решении задач изгиба слоистых пластин .....	59
<b>РАЗДЕЛ 5. ИНФОРМАТИКА. АВТОМАТИКА .....</b>	<b>61</b>
АВДЕЕВ Л.А., ЛИСИЦЫНА И.Н. Автоматический контроль проветривания на выемочных участках шахты .....	61
БРЕЙДО И.В., КАЧУРА Н.В. Исследование механических свойств стальной полосы при термообработке в печи ТХО .....	63
КУНТУШ Е.В. Разработка математической модели изменения провиса полосы горизонтального петлевого устройства .....	64
<b>РЕЗЮМЕ .....</b>	<b>67</b>
<b>Правила оформления и представления статей .....</b>	<b>71</b>

---

---

## Раздел 1

## Проблемы высшей школы

УДК 001.895:378.662

М.Р. НУРГУЖИН

### Инновации в сфере высшего технического образования

В реализации стратегических задач по вхождению нашей страны в число пятидесяти наиболее конкурентоспособных стран мира решающую роль играет подготовка кадров для высокотехнологичных и наукоемких производств будущего, развитие технического и профессионального образования на всех уровнях. Для того чтобы придать современный облик и сделать конкурентоспособной экономику Казахстана, требуются качественно новые производительные силы, технологическое обновление производства, изменение соотношения между ведущими факторами роста (природно-ресурсным, научно-техническим и человеческим). Если в ближайшие годы в стране не будут подготовлены востребованные и конкурентоспособные на рынке труда квалифицированные рабочие и специалисты, никакие внешние ресурсы не смогут обеспечить достижение стратегических целей, поставленных Президентом страны.

Сегодня мы должны обсудить новую роль высшей школы в формировании экономики, построенной на знаниях. Образование, улучшение навыков и генерирование новых идей являются основой для

общественного развития, экономического роста и эффективности рынка. Образование имеет критически важное значение для становления инклюзивного общества. В инновационном обществе первостепенная роль отводится профессиональному образованию, в том числе университетскому. Данному типу образования должна быть присуща способность быстрой адаптации к изменяющимся потребностям общества и рынка труда.

Преобразования будут тем успешнее, чем точнее и вывереннее они будут соотнесены с общей траекторией мирового экономического и технологического развития, чем полнее будут учтены тенденции этого развития. В этой связи особую актуальность и значимость представляют предложения по проведению научной и технологической политики, выработанные на недавно прошедшей в Москве встрече министров образования стран G8, куда впервые был приглашен Казахстан.

**Министры образования государств-членов Группы восьми подтвердили свою готовность содействовать становлению инновационного общества за счет обеспечения надежных основ**

**образования и значительных вложений в область исследований, человеческих ресурсов и профессиональных знаний.** Участники встречи высказались за обеспечение политических условий, которые содействуют инновациям; усиливают обмен в сфере науки и технологии, а также поощряют дальнейшее развитие гибких и эффективных систем приобретения знаний на протяжении всей жизни человека; укрепляют сотрудничество между государственным и частным секторами. При этом частный сектор способен играть важную роль в развитии современных образовательных систем при условии прозрачности соответствующей правовой, нормативной и политической среды, формирующей благоприятную предсказуемую политику, обеспечивающую надежную защиту интеллектуальных прав, поддержку инвестиций, а также стимулирующую принятие инноваций.

**Министры образования в очередной раз выразили свою приверженность улучшению всех аспектов качества образования. Участниками встречи было указано на необходимость создания адекватных и подотчетных систем управления для поддержки систем высококачественного образования, отвечающих потребностям общества и экономики. Повышение качества образования также обеспечивает более эффективное использование государственных ресурсов.**

В этой связи рассмотрим некоторые характеристики конкурентоспособности, состояние которых, по оценкам экономистов, оказывает существенное влияние на способность экономики устойчиво развиваться. При расчете индекса Глобальной конкурентоспособности проводится комплексная оценка множества факторов, в том числе состояния высшего и профессионального образования. По данному индексу Казахстан сегодня занимает 52 место; по качеству системы образования — 49 место, т.е. нам еще предстоит многое сделать для повышения конкурентоспособности и приведения вузовской системы в соответствие с мировыми требованиями, потребностями государства, социально-экономическими условиями.

Вся регулирующая деятельность Министерства направлена на улучшение качества работы нашей отрасли, повышение конкурентоспособности кадров, признание отечественных дипломов в мировом образовательном пространстве, на рынке труда.

Так, например, сегодня в целях экономического стимулирования качества высшего образования, развития конкурентной среды в деятельности высших учебных заведений, обеспечения эффективности использования финансовых ресурсов разрабатывается механизм дифференциации стоимости государственных образовательных грантов в зависимости от статуса и рейтинга вуза.

Дифференцированный подход будет касаться расходов на укрепление материально-технической базы вузов, оснащение современным лабораторным оборудованием, привлечение зарубежных преподавателей и т.д.

При переходе к финансированию на основе дифференцированного подхода вузы, получая разный

объем бюджетных средств в зависимости от качества подготовки кадров, становятся экономически заинтересованы в качестве приема и подготовки специалистов. Это в свою очередь вызовет необходимость материального стимулирования труда преподавателей.

Также для оказания содействия в трудоустройстве выпускников вузов, гармонизации классификаторов специальностей высшего и среднего профессионального образования с Классификатором занятий сегодня подписывается трехстороннее соглашение между уполномоченным органом по вопросам занятости, организациями образования и республиканскими объединениями работодателей.

Основная работа по обеспечению качества подготовки кадров, приближению высшего образования страны к уровню мировых требований должна проводиться вузами. При этом персональная ответственность возлагается на ректоров вузов, от них сегодня требуются навыки лидера и умение управлять академическими учреждениями.

Для эффективной подготовки кадров университет должен стать мощным образовательным, исследовательским и научно-производственным комплексом, тесно связанным с индустрией. Успешность университета сегодня могут обеспечить такие ключевые факторы, как гибкие, вариативные образовательные программы; инновационные технологии обучения, научные исследования для наиболее конкурентоспособных отраслей экономики; корпоративная структура; активная предпринимательская деятельность; современная модель управления; международное позиционирование и использование лучшего мирового опыта. Руководству вузов, используя для этого все необходимые внутренние и внешние ресурсы, нужно проводить постоянную работу по обеспечению качества содержания образовательных программ; качественного отбора абитуриентов; положительной мотивации сотрудников и студентов; технологий обучения; компетентности профессорско-преподавательского состава и других сотрудников; процессов руководства вузом.

В последнее десятилетие под эгидой ЮНЕСКО разработаны требования к инженеру XXI века. Эти требования созданы наиболее авторитетными международными организациями — РЕАШ (Европа) и ЛВЕТ (Северная Америка), а также национальными профессионально-общественными организациями (ассоциациями инженерного образования, ассоциациями и обществами инженеров и др.).

Эти требования должны быть положены в основу подготовки современных инженеров:

- устойчивое, осознанное и позитивное отношение к своей профессии, избранной сфере деятельности, стремление к постоянному личностному и профессиональному совершенствованию и развитию своего интеллектуального потенциала;
- высокая профессиональная компетентность, овладение всей совокупностью фундаментальных и специальных знаний и практических навыков;
- владение методами моделирования, прогнозирования и проектирования, а также методами

исследований и испытаний, необходимыми для создания новых интеллектуальных ценностей и материальной продукции;

- развитая способность творческого подхода к решению профессиональных задач, умение ориентироваться в нестандартных условиях, самостоятельно разрабатывать и реализовывать план необходимых действий;

- владение методами технико-экономического анализа производства с целью его рационализации, оптимизации и реновации, а также методами экологического обеспечения производства и инженерной защиты окружающей среды;

- понимание тенденций и основных направлений развития техники и технологии, научно-технического прогресса в целом;

- высокая коммуникативная готовность к работе в профессиональной (производственной, научно-технической, информационной) и социальной среде;

- осознанная личная гражданская и профессиональная ответственность за результаты своей деятельности.

Таким образом, выпускник технического университета сегодня должен соответствовать триединой задаче: исследователь (ученый) — управленец (менеджер) — практик (инженер).

**Министры образования подчеркнули значимость информационно-коммуникационных технологий для обеспечения качественного образования.** В ходе встречи вновь было заявлено о приверженности ее участников к более эффективному использованию информационно-коммуникационных технологий в образовании в соответствии с положениями Комюнике о глобальном информационном обществе совещания государств-членов Группы восьми на Окинаве и Заявления об информационном обществе по итогам Всемирного саммита в Тунисе.

Для повышения качества обучения необходимо дальнейшее развитие процесса внедрения дистанционной формы обучения и дистанционных технологий в учебные процессы вузов страны. Необходимо сосредоточить внимание на разработке педагогических приемов и методик, адекватных иной технологической образовательной среде, программных и инструментальных средств дистанционного обучения для развития непрерывного образования и обеспечения компьютерного самообразования. Следует активизировать работу вузов, входящих в консорциум по внедрению технологии дистанционного обучения.

**Министры образования указали на то, что профессиональному образованию, в том числе университетскому и иному высшему образованию и обучению, отводится первостепенная роль в инновационном обществе. Данному типу образования должна быть присуща способность быстрой адаптации к изменяющимся потребностям общества и рынка труда.**

Для расширения спектра образовательных услуг и усиления гибкости и вариативности образовательных программ высшего образования в проект новой редакции Закона РК «Об образовании» вводится

понятие «**интегрированная образовательная программа**», под которым подразумеваются гармонизированные образовательные программы, разработанные с учетом непрерывности и преемственности уровней и содержания образования. Интегрированные образовательные программы могут быть междисциплинарными и межуровневыми, межвузовскими и международными.

В целях повышения востребованности специалистов с техническим образованием особое внимание будет уделено формированию высших технических школ, где планируется внедрение интегрированных образовательных программ. Для ВТШ будет целенаправленно выделяться госзаказ. Большое внимание будет уделяться материально-технической базе ВТШ. Высшие технические школы должны иметь тесные связи с производством для проведения практических занятий, стажировок, производственных практик, выполнения дипломных работ.

**Министры-участники встречи в Москве признали факт интернационализации образования. При этом была единодушно выражена готовность развивать инновационную систему трансграничного предоставления образовательных услуг в целях повышения уровня международного понимания, прозрачности и соответствия профессиональных квалификаций и усиления сотрудничества в сфере обеспечения качества и аккредитации.**

Как вам известно, в системе высшего образования Казахстана уже несколько лет внедряется наиболее признанная и распространяемая модель высшей школы: бакалавриат — магистратура — докторантура Ph.D.

Сегодня вузы в условиях ограниченности бюджетных средств должны работать по принципу «образование в течение всей жизни» и давать широкопрофильное образование по 4-летним программам, которые, формируя у студентов базовые умения и навыки, позволяют выпускникам гибко переqualificироваться, осваивать смежные и дополнительные специальности в течение всей профессиональной деятельности.

Фундаментальное базовое образование при разумном соотношении с профессиональной подготовкой преодолевает узкие рамки профиля специалиста и обеспечивает широту подготовки, достаточную для того, чтобы специалист мог перестроить свою работу в соответствии с изменяющимися жизненными задачами.

В настоящее время в проект новой редакции закона «Об образовании» вводится модель, предусматривающая по ряду специальностей, в том числе техническим, присвоение, наряду с академической степенью бакалавра, соответствующей квалификации.

В плане востребованности специалистов на рынке труда вызывают озабоченность данные, характеризующие трудности с трудоустройством и распределением специалистов технического профиля по окончании вуза. Они в первую очередь связаны с недостаточной работой вузов по установлению прочных и устойчивых связей с производством,

работодателями, неразвитостью корпоративной подготовки кадров.

Между тем в мировой практике одним из главных критериев статуса вуза является то, какую заработную плату назначает работодатель выпускникам сразу же после окончания учебного заведения.

Для установления более тесных связей в совместной подготовке кадров сегодня существует множество моделей сотрудничества между вузами и предприятиями:

- участие в работе комиссий по приему на работу на предприятиях;
- создание бюро профессиональной ориентации при университетах;
- создание центров совместных научных исследований и передачи технологий;
- создание центров непрерывного обучения в течение жизни;
- создание бизнес-инкубаторов на базе университетов;
- запуск новых совместных с работодателями предприятий;
- совместное проведение маркетинговых исследований и анализ потребностей в подготовке кадров;
- совместная разработка образовательных программ и обучающих модулей;
- совместные Программы развития предпринимательства;
- обмен сотрудниками между университетами и предприятиями;
- годичный отпуск для стажировки сотрудников университетов на предприятиях и наоборот.

**Министры образования особо отметили важность обеспечения международной образовательной мобильности как за счет официального обмена, так и в форме добровольной мобильности.**

В этом плане нашим техническим вузам нужно много работать: внедрять совместные с ведущими мировыми образовательными брендами новые программы типа «сэндвич-программ», осуществлять валидацию программ зарубежных университетов; увеличивать количество иностранных студентов, привлекать лучших зарубежных профессоров, создавать международные центры и лаборатории, активнее участвовать в международных рейтингах, получении международных грантов.

**Министры образования были единодушны в том, что высокая квалификация преподавателей является одним из обязательных условий их деятельности, при этом уровень их компетентности должен соответствовать запросам инновационного и инклюзивного общества. Задача любого преподавателя — качественная подготовка учащихся и развитие в них понимания гражданских ценностей. Задача повышения привлекательности преподавательской деятельности и совершенствования знаний и навыков преподавательского состава требуют пристального внимания в вузах.**

Разумеется, многое зависит от мотивации труда преподавателя, стимулирования качественного труда.

Следует отметить, что в этом плане в последнее время государством предпринято многое. Ведущим преподавателям вузов присуждается государственный грант «Лучший преподаватель вуза». Для поддержки и поощрения лучших ученых-преподавателей, имеющих международное признание, создана и актуализирована база данных на 253 ведущих ученых и педагогов вузов Казахстана. Предприняты конкретные меры по повышению зарплаты преподавателей, их социального положения.

Однако никакие внешние условия не могут обеспечить высокий профессионализм преподавателя, если нет внутренней потребности к совершенствованию педагогического мастерства, если преподаватель «закрыт» для профессионального развития. К сожалению, мы должны констатировать, что руководители вузов не предъявляют необходимого уровня требований при проведении конкурса на занятие должностей научно-педагогических работников, аттестации преподавателей, не обеспечивают систематического совершенствования методик и технологий преподавания, повышения уровня квалификации преподавателей. И это не может не сказаться на качестве образования и вызывает справедливые нарекания и недовольство со стороны студенчества.

**Министры образования указали на необходимость развития всеобъемлющих систем обучения в течение жизни от раннего детства до зрелого возраста. Обучение в течение жизни укрепляет взаимосвязь между общим обучением, обучением по месту работы и потребностями рынка труда, что позволяет поддерживать объем знаний и навыков отдельного человека на должном уровне.**

Серьезную обеспокоенность руководителей вузов должны вызывать вопросы повышения квалификации преподавателей. Особенно актуальна эта проблема для технических вузов, где в большинстве случаев преподаватели не имеют специального педагогического образования, не знакомы с современными инновационными, активными технологиями обучения, очень редки стажировки в ведущих образовательных и научных центрах.

Всем известно, что лучшие университеты США, ФРГ, Великобритании, Японии являются крупнейшими научными центрами, проводящими крупные договорные исследования по созданию высокотехнологичной продукции, новых технологий. На их долю приходится 90% фундаментальных исследований. Труды ученых этих университетов составляют до 2/3 наиболее авторитетной научной литературы в мире.

При этом без преувеличения можно сказать именно кадрам технического профиля, техническим вузам предстоит реализовывать задачи технологического прорыва Казахстана. Ведь будущие инженеры-разработчики высоких технологий — могут овладеть ключевыми компетенциями и стать высокопрофессиональными специалистами только в стенах современного мощного технического университета.

Сегодня на передний план выступают новые требования — инновационное образование, интегрированное с интенсивной научно-исследовательской деятельностью, междисциплинарность образования и научных исследований, тесная связь обучения с потребностями промышленности и экономики.

Самое серьезное внимание должно быть уделено повышению эффективности фундаментальных и прикладных научных исследований, осуществляемых в вузах.

Развитие научно-исследовательской деятельности высших учебных заведений предполагает соединение вузовской прикладной науки с производством; переориентацию вузовской науки на исследования, направленные на обеспечение экономического и социального прогресса, внедрение наукоемких технологий. Одной из новых форм интеграции образования, науки и производства должны выступить технопарки.

Необходимо проводить работу по коммерциализации результатов прикладных исследований, обеспечивая полный цикл научных разработок, с конечной готовой продукцией.

**Министры образования согласились с утверждением о том, что высокие стандарты в области математики, науки, технологии и иностранных языков обеспечивают серьезный фундамент для инновационного развития общества. Участники встречи решительно**

**высказались в пользу обмена информацией относительно практических методов, имеющих под собой научно-исследовательскую основу.**

В этом отношении вызывает настороженность место, которое занимает Казахстан по качеству математического и научного образования.

В основу системы подготовки в техническом университете необходимо положить проверенные временем принципы:

- специальная система отбора и довузовского обучения одаренной молодежи со всей республики;
- фундаментальная естественно-научная подготовка;
- целевая специальная подготовка на старших курсах в ведущих научных центрах, ориентированных на решение задач практики.

Чтобы занять достойное место в ряду ведущих стран мира, Казахстану необходима высококачественная система образования и подготовки кадров, которая вобрала бы в себя лучшие из мировых достижений, отдавая приоритет национальному опыту.

Для того чтобы успешно выполнить свои образовательные, исследовательские и информационные функции в XXI веке, вузы должны быть способны эффективно реагировать на изменение потребностей в образовании и профессиональной подготовке, осваивать более гибкие формы своей организации и способы функционирования.

УДК 378.147

А.Б. КЛОК

## Формализация процесса построения интегральных учебных дисциплин

**В**ажнейшей целью программы бакалавриата является обеспечение выпускника-бакалавра интегральной методологией профессиональной деятельности, обеспечивающей развитие профессионального творчества и создающей базу для реализации потребности в дальнейшем образовании и самообразовании.

Бакалавр по специальности 050713 — «Транспорт, транспортная техника и технологии» готовится для деятельности в сфере материального производства, которая включает в себя совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, системной по определению, направленных на решение комплексных задач, связанных со всеми стадиями жизненного цикла транспортной техники: созданием, производством, обращением и эксплуатацией.

Поставленные цели подготовки бакалавров, наряду с сокращением сроков обучения и особенностями кредитной технологии обучения, требуют создания интегрированных учебных дисциплин высокого уровня общности, обеспечивающих знаниями, необходимыми для профессиональной деятельности и достаточными для дальнейшего образования и самообразования.

Следует выделить три основные проблемы:

1. Большая номенклатура машин, охватывающая класс транспортной техники.
2. Связь решаемых задач со всеми стадиями жизненного цикла транспортной техники.
3. Смещение акцента при кредитной технологии обучения на самостоятельную работу студентов.

Решение данных проблем требует формирования технологических методов как разработки структуры и содержания учебных дисциплин, так и процесса обучения, базирующихся на системном подходе.

Системный подход позволяет применить ряд формальных моделей [1] и описаний [2], которыми может быть представлена любая техническая система — типа «объект» (машина, прибор, аппарат и т.п.) и типа «процесс», — основываясь на законах и закономерностях создания технических систем, а не на отдельных эмпирических данных, относящихся к техническим системам определенного класса.

Предлагаемый технологический метод разработки структуры и содержания учебных дисциплин включает: постановку цели (анализ или синтез объекта); определение класса объекта (техническая система типа «объект» или типа «процесс»); декомпозицию объекта; создание формальных моделей объекта и его элементов; разработку

рекомендаций по использованию формальных моделей для достижения поставленной цели.

Следует отметить, что основой формирования интегрированных учебных дисциплин является модель высокого уровня общности объекта анализа. Технологический метод использован при разработке ряда авторских учебных дисциплин, включенных в каталог элективных дисциплин по специальности. Цель дисциплины «Классификация и устройство транспортной техники» — формирование исходных знаний, принципов и методологических основ решения задач анализа транспортной техники.

Исходные (первичные) знания формируются на базе существующих классификационных моделей, а решение задач анализа — на разработанных обобщенно-конкретизированных функциональных структурах технологической машины и ее элементов первого уровня (рабочего оборудования, двигателя,

трансмиссии, ходовой системы и систем управления), полученных в результате декомпозиции объекта анализа. Конструктивная функциональная структура (КФС) описывает (рис. 1, табл. 1) состав и назначение элементов. Поточковая функциональная структура (ПФС) — процессы, происходящие в машине (рис. 2, табл. 2).

Представленные функциональные структуры являются формальными моделями для анализа любой транспортной техники. Построение дисциплины «Классификация и структура технологических процессов», целью которой является изучение общих закономерностей построения процессов преобразования, характеризующих стадии жизненного цикла машины, базируется на декомпозиции обобщенной системы преобразования жизненного цикла технической системы (рис. 3) и систем преобразования каждой стадии.

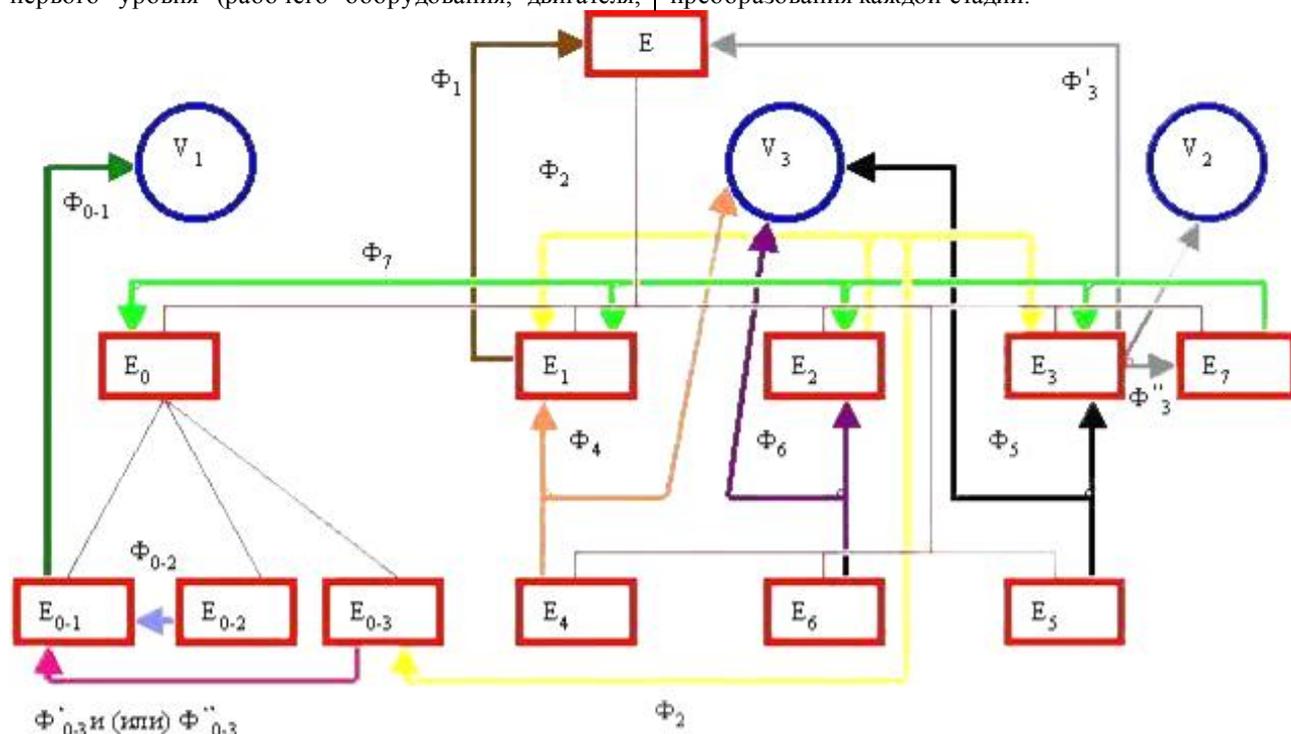


Рис. 1. Обобщенно-конкретизированная КФС технологической машины

Таблица 1

АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ (НАЗНАЧЕНИЯ) ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Наименование элемента	Функция элемента
E — технологическая машина V <sub>1</sub> — операнд V <sub>2</sub> — опорная поверхность V <sub>3</sub> — человек-оператор	$\Phi$ — превращение начальных состояния и (или) свойств операнда (V <sub>1</sub> ) в конечные (требуемые) состояние и (или) свойства, обусловленные выполняемой технологической операцией
E <sub>0</sub> — рабочее оборудование	$\Phi_0$ — обеспечение возможности выполнения машиной технологической операции
E <sub>0.1</sub> — рабочий орган	$\Phi_{0.1}$ — превращение начальных состояния и (или) свойств операнда (V <sub>1</sub> ) в конечные (требуемые) состояние и (или) свойства
E <sub>0.2</sub> — несущие конструкции рабочего оборудования	$\Phi_{0.2}$ — обеспечение определенного расположения и движения в пространстве рабочего органа (E <sub>0.1</sub> )
E <sub>0.3</sub> — механизмы рабочего оборудования	$\Phi_{0.3}$ — обеспечение определенной степени свободы движения рабочего органа (E <sub>0.1</sub> ) и несущей конструкции рабочего оборудования (E <sub>0.2</sub> )

$E_{0.4}$ — привод механизмов рабочего оборудования	$\Phi_{0.4}$ — передача, преобразование энергии и управление механизмами рабочего оборудования ( $E_{0.3}$ )
$E_1$ — двигатель	$\Phi_1$ — получение механической энергии, необходимой технологической машине (E)
$E_2$ — трансмиссия	$\Phi_2$ — передача энергии от двигателя $E_1$ ходовой системе ( $E_3$ ) и приводу механизмов рабочего оборудования ( $E_{0.4}$ )
$E_3$ — ходовая система	$\Phi_3$ — передвижение машины (E); $\Phi_3''$ — передача веса и рабочих нагрузок машины на опорную поверхность ( $V_2$ )
$E_4$ — система управления двигателем	$\Phi_4$ — изменение режимов работы двигателя ( $E_1$ )
$E_5$ — система управления механизмом поворота	$\Phi_5$ — изменение направления движения машины (E)
$E_6$ — система управления элементами трансмиссии	$\Phi_6$ — приведение в действие элементов трансмиссии ( $E_2$ )
$E_7$ — несущий элемент	$\Phi_7$ — размещение и крепление всех элементов машины

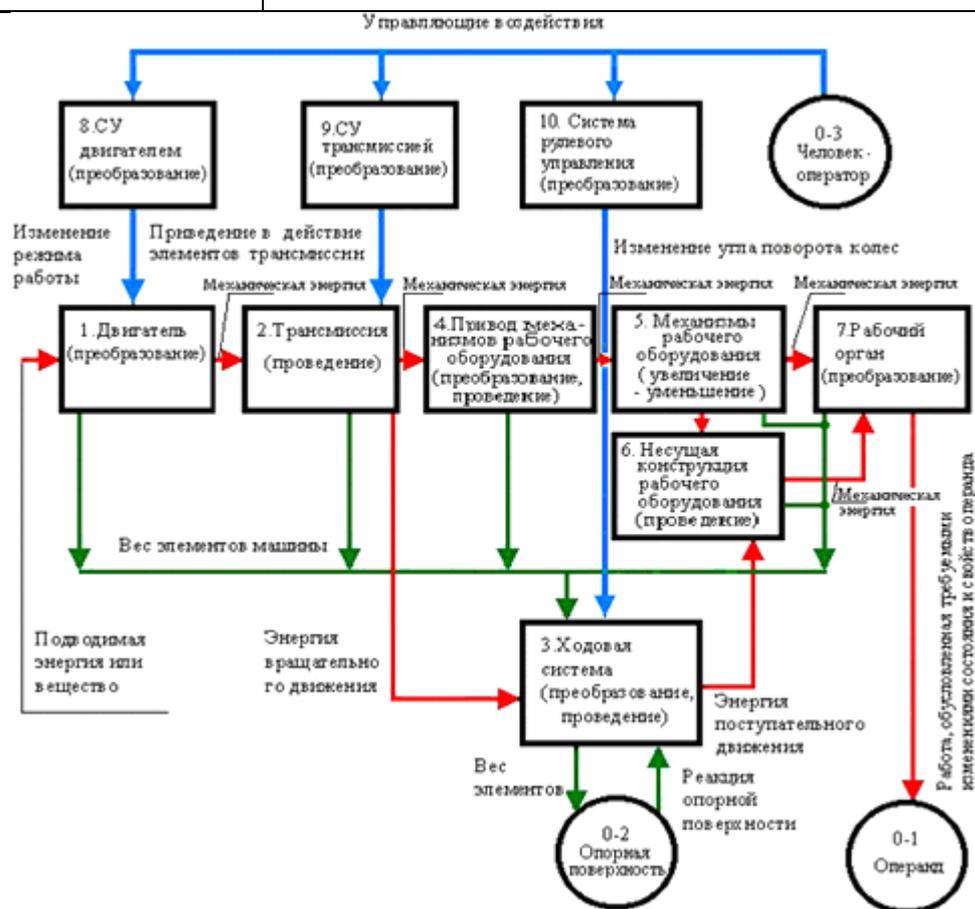


Рис. 2. Обобщенно-конкретизированная ПФС технологической машины

Таблица 2

АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ФИЗИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

ФО технологической машины: Ат — подводимая энергия или вещество; E — преобразование; Ст — работа, обусловленная требуемыми изменениями состояния и свойств объекта воздействия (операнда)

Номер элемента	Наименование элемента	Физическая операция				
		Вход Ат	Номер «источника»	Операция Коллера E	Выход Ст	Номер «приемника»
Элементы окружающей среды						
0-1	Операнд					
0-2	Опорная поверхность					
0-3	Человек-оператор					
Элементы технологической машины						
1	Двигатель	подводимая энергия или вещество		преобразование	механическая энергия	2
2	Трансмиссия	механическая энергия	1	проведение	механическая энергия	3,4

3	Ходовая система	1) энергия вращательного движения	2	преобразование	энергия поступательного движения	6
		2) вес машины				
4	Привод механизмов рабочего органа	подведенная механическая энергия или механическая энергия и вещество	2	1) преобразование; 2) проведение	требуемый вид механической энергии	5
5	Механизмы рабочего оборудования	механическая энергия требуемого вида движения входного звена	4	преобразование	механическая энергия требуемого вида движения выходного звена	6, 7
6	Несущие конструкции рабочего оборудования	механическая энергия	3, 5	проведение	механическая энергия	7
7	Рабочий орган	механическая энергия	5,6	преобразование	работа, обусловленная требуемыми изменениями состояния и свойств объекта воздействия (операнда)	0-1
8	Система управления двигателем	управляющее воздействие	0-3	преобразование	изменение режима работы	1
9	Система управления механизмом поворота	управляющее воздействие	0-3	преобразование	изменение траектории движения машины	машина
10	Система управления элементами трансмиссии	управляющее воздействие	0-3	преобразование	приведение в действие элементов трансмиссии	2

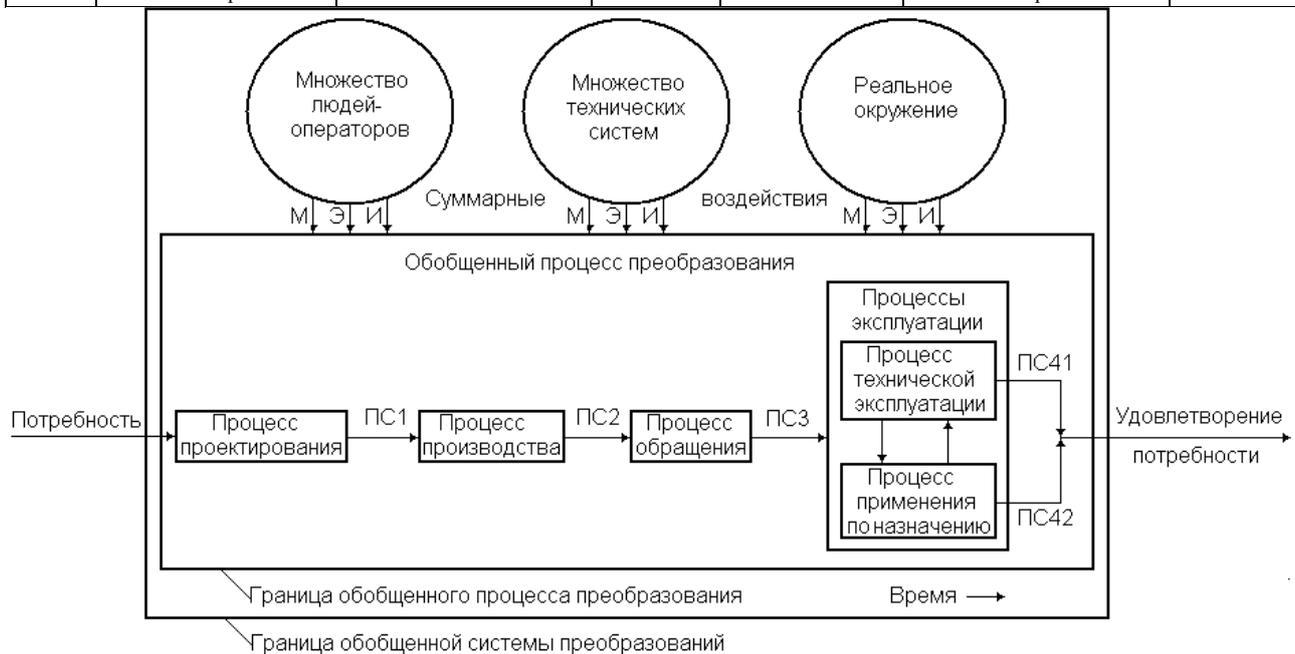


Рис. 3. Модель обобщенной системы преобразования:  
 ПС1 — реализация требований к качеству ТС в конструкторской документации;  
 ПС2 — обеспечение требований к качеству, заложенному в конструкторской документации;  
 ПС3 — сохранение качества, обеспеченного при производстве ТС;  
 ПС41 — поддержание и восстановление качества, обеспеченного при производстве ТС;  
 ПС42 — качество операнда, обеспечиваемого ТС

Система преобразований — совокупность функционально взаимосвязанных технических систем (средств технологического оснащения) и людей-операторов (исполнителей) для выполнения в условиях реального окружения (регламентированных условиях производства) процессов преобразования, обеспечивающих конечное состояние (требуемое качество) операнда (предмета производства).

Обобщенная система преобразований позволяет:  
 - установить глобальную цель системы преобразований;  
 - определить границы систем преобразований каждой из стадий жизненного цикла транспортной техники. Установленные границы позволяют определить и содержательно описать состав системы: объект воздействия (операнд), операторы (люди,

технические системы, реальное окружение), процесс преобразования;  
 - выполнить декомпозицию глобальной цели и установить цели каждой стадии. Цели каждой стадии должны быть достаточно строго согласованы с глобальной целью, для достижения которой создается машина;  
 - установить входы и выходы процессов преобразования каждой из стадий жизненного цикла машины, являющихся подпроцессами обобщенного процесса преобразований. Основой согласования задач и целей каждой стадии жизненного цикла с общей целью являются построение эффективных процессов преобразования, реализуемых различными технологиями, направленных на достижение этой глобальной цели;

- построить содержательные модели процессов преобразования каждой из стадий жизненного цикла транспортной техники. Данные модели являются формальными для подпроцессов и операций, входящих в процесс преобразования;

- установить номенклатуру существующих классификационных моделей элементов систем преобразования каждой стадии жизненного цикла, необходимых для формирования исходных знаний.

Такое построение учебных дисциплин позволило реализовать в учебном процессе новую технологию, основанную на принципе «формальная модель — преобразование — содержательная модель», т.е. на использовании разработанных формальных моделей для формирования содержательных моделей при решении задач анализа объекта в ходе самостоятельной работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хубка В. Теория технических систем. М.: Машиностроение, 1987.
2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М.: Машиностроение, 1988.

УДК 378:001.891

Л.Г. МАТВЕЕНКОВА  
М.К. АМАНЖОЛОВА

### Проблемы повышения качества подготовки инженерных кадров (социологический анализ)

В своем ежегодном Послании народу Казахстана, с которым Президент страны Н.А. Назарбаев выступил 18 января 2006 г. на совместном заседании палат Парламента, в качестве факторов вхождения Казахстана в число наиболее конкурентоспособных стран мира он называет развитие образования и профессиональную подготовку квалифицированных кадров. При этом Президент обращает внимание на то, что в первую очередь надо развивать техническое образование, которое должно обеспечить кадровый задел для высокотехнологичных и наукоемких производств будущего. Для этого, как отмечает Н.А. Назарбаев, «нам нужна система престижных инженерных учебных заведений, возможно, с нестандартными условиями приема и особыми требованиями к выпускникам» (Индустриальная Караганда. 2006. 21 января).

Для того чтобы вуз мог войти в число престижных инженерных учебных заведений, необходимо обеспечить, прежде всего, такое качество предоставляемых образовательных услуг, которое бы удовлетворяло требованиям и запросам современного общества, обеспечивая рынок труда высококвалифицированными инженерными кадрами.

В целях повышения качества обучения, а также своевременного выявления проблем, возникающих в сфере организации учебного процесса, по инициативе учебно-методического управления КарГТУ в 2004-2005 уч. г. нами было проведено анкетирование студентов четвертого курса всех специальностей. Основными задачами исследования было выяснение мотивов поступления в КарГТУ, в том числе на избранную специальность, уровень совпадения представлений об избранной специальности с реальностью, степень удовлетворенности профессиональной, гуманитарной, компьютерной подготовкой, а также определение факторов, мешающих студенту учиться.

Опрашивался каждый второй студент, отобранный случайным способом. Выбравка анкет была незначительной, поэтому полученные

результаты можно считать в достаточной степени репрезентативными.

Анализ результатов социологического исследования показал, что среди мотивов получения высшего образования вообще и в КарГТУ в частности явно доминирует такой фактор, как его престижность. Так, подавляющее большинство студентов (до 91,5 %) отмечают, что высшее образование сегодня является одним из главных условий, которое позволит им найти свое место в жизни и обрести достаточно высокий социальный статус.

Основными мотивами поступления в КарГТУ названы «Желание получить техническое образование» (от 38,7 до 46,8 %), «Широкий выбор специальностей, получение которых позволит найти свое место в жизни» (22-25 %), «Престижность КарГТУ» (16-20 %). Абсолютно несущественными (от 0,5 до 2 %), как показало исследование, оказались такие мотивационные параметры на получение образования в КарГТУ, как «Возможность «уйти» от службы в армии», «В этом вузе учатся мои друзья», «Вуз расположен недалеко от дома».

Обращает на себя внимание то, что значительная доля студентов (до 75 %) на момент поступления в университет имела представление о своей будущей специальности только «В определенной степени». И в этой же «определенной степени» их представления о специальности совпали с реальностью (65-74 %). На наш взгляд, данный факт является в значительной степени результатом недостаточной профориентационной работы, вследствие чего многие студенты поступают на избранную специальность «вслепую», представляя ее очень туманно.

Результаты опроса показывают, что не более 6 % студентов в качестве фактора поступления на избранную специальность называют профориентационную работу вузовских преподавателей в школе. Безусловно, что большое значение в профессиональной подготовке молодого специалиста имеет связь теоретического обучения с практикой, позволяющая максимально быстро и легко адаптироваться к трудовой деятельности.

Анализ результатов анкетирования показал, что более половины опрошенных студентов (от 52 до 65 %) считают, что теоретическое обучение в университете связано с практикой только «в определенной степени», а 20 % отмечают, что такой связи вообще нет. Можно допустить, что наличие данной проблемы на сегодняшний день не позволяет студенту тесно связывать свои жизненные планы с работой по полученной в вузе специальности. Подтверждением этому является тот факт, что, несмотря на то, что до 84,5 % студентов считают свою специальность достаточно востребованной в современных условиях, планируют работать по ней чуть более трети респондентов (некоторое исключение составляют отличники, среди которых работать по специальности планируют 57,5 % — тоже не подавляющее большинство).

При анализе ответов на вопросы, характеризующие степень удовлетворенности профессиональной подготовкой, обращает на себя внимание достаточно хорошая оценка как профессионального уровня преподавателей (4 балла из 5), так и уровня профессиональной подготовки студентов. Значительная часть студентов (48 % «бюджетников», 68 % «коммерсантов», 54 % хорошистов, 55 % троечников), отвечая на вопрос об уровне удовлетворенности профессиональной подготовкой, выбрали варианты ответа «Вполне удовлетворен» и «Скорее да, чем нет». Исключение составляют отличники, среди которых 41,25 % ответили «Скорее нет, чем да». Эта же картина наблюдается по факультетам. Скорее неудовлетворены профессиональной подготовкой 63 % отличников на ИСФ, 44 % — на ФИТ, 63 % на ГЭФ.

Эта же тенденция прослеживается и при ответе на вопрос: «Насколько знания, получаемые в университете, являются современными и отвечают требованиям времени?» В то время как большинство студентов (от 55 до 68 %) считают получаемые знания «достаточно современными», 22,5 % отличников выбирают вариант ответа «знания являются несовременными, достаточно устаревшими». Одним из составляющих хорошей профессиональной подготовки является лабораторная база по специальности, которую студенты достаточно единодушно оценивают низко (от 32 до 43 % выставили оценку «3», исключение составляют ФИТ и ЭМФ — «4»).

Как отмечалось выше, одной из целей социологического исследования было выяснение, во-первых, причин низкой успеваемости части студентов, а во-вторых, факторов, мешающих учиться. И в первом, и во втором случаях безусловный приоритет (до 40 %) был отдан ответу: «Слабая школьная (довузовская) подготовка». Второе место было отдано соответственно таким ответам, как «Этим студентам нужен просто диплом, а не знания» (18-20 %) и «Потеря интереса к избранной специальности» (до 30 %).

Интересно, что от 45 % до 52 % опрошенных студентов считают, что знания, полученные в университете, будут в существенной степени определять их престиж и доход (что предполагает

стремление к знаниям, хорошую учебу). При этом от 61 до 67 % студентов предполагают, что зависимость между успехами в учебе и успехами в будущей работе существует только в определенной степени.

В 2005-2006 уч. г. по инициативе центра менеджмента качества и маркетинга КарГТУ были проведены еще несколько опросов студентов 1-5 курсов. Их целью было выявление степени удовлетворенности студентов полученными в процессе обучения в университете знаниями и качеством предоставляемых образовательных услуг. Так, в декабре 2005 г. было проведено анкетирование студентов пятого курса всех факультетов с целью выявления степени их удовлетворенности знаниями, полученными в университете. Всего были опрошены 468 человек.

Результаты опроса показали, что «удовлетворены полностью» полученными знаниями менее половины (48,19 %) опрошенных студентов. При этом наиболее высокий уровень удовлетворенности отмечается на ГФ (59,92 %), ЭМФ (57,26 %), ТДФ (56,28 %), ИСФ (54,54 %), МФ (50,67 %). Процент студентов, полностью неудовлетворенных полученными знаниями, составляет всего 5,89 %. Обращает на себя внимание достаточно большой процент студентов (45,92 %), которые выбрали вариант ответа: «удовлетворены частично».

В декабре 2005 — январе 2006 гг. было проведено анкетирование, имеющее целью выявление степени удовлетворенности качеством предоставляемых вузом образовательных услуг, среди студентов 1-4 курсов. Были опрошены 262 человека на первом курсе и 791 — на втором, третьем и четвертом курсах. Уровень удовлетворенности оценивался по 5-балльной шкале. Студентам было предложено оценить процесс обучения в КарГТУ по пяти основным критериям: условия обучения; качество организации образовательного процесса; качество результатов обучения; качество преподавания, качество профессорско-преподавательского состава.

Итоги анкетирования показали, что общая оценка деятельности вуза у студентов первого курса составляет 3,48 балла, у студентов 2-3 курсов — в среднем 3,14 балла, а у студентов четвертого курса — только 2,74 балла. Оценка качества результатов обучения (удовлетворенность уровнем полученных теоретических знаний, уровнем приобретенных умений и навыков, соответствие уровня подготовки в целом современным требованиям рынка труда) составляет в среднем 3,44 балла у первокурсников, немного возрастает у 2-3 курса — до 3,66 баллов и падает до 2,77 баллов у четверокурсников.

Представленные результаты социологического исследования позволяют увидеть, что наиболее низкий уровень удовлетворенности качеством результатов обучения (2,77 балла) и наиболее низкую оценку деятельности вуза (2,74 балла) дают студенты четвертого курса. Можно предположить, что более высокий уровень притязаний и требований к процессу обучения в вузе и качеству получаемых профессиональных знаний у них связан с осознанием обострения конкуренции на рынке труда среди молодых людей с высшим образованием. И если

студенты 1-3 курсов еще находятся в состоянии обучения, вследствие чего будущая профессиональная деятельность представляется достаточно неопределенно и отдаленно во временной перспективе, то студенты четвертого курса уже выходят на «финишную прямую» и реально сознают свою потребность в качественном профессиональном образовании как важном факторе престижной и высокооплачиваемой работы в потенциале. Следует отметить, что условиями качественной профессиональной подготовки значительная часть опрошенных называет усиление связи теоретического обучения с практикой, более активное привлечение студентов к научной работе, расширение доступа в Internet.

Поскольку при анкетировании студентов пятого курса применялась иная система измерения (в процентах), не представляется возможным адекватное сравнение результатов их степени удовлетворенности полученными знаниями с подобными результатами по 1-4 курсам. Однако тот факт, что около половины студентов пятого курса удовлетворены полученными знаниями частично, позволяет говорить о существовании проблемы, связанной с качеством предоставляемых образовательных услуг.

Анализ результатов всех упомянутых выше социологических опросов позволил выявить некоторые проблемы подготовки инженерных кадров и обозначить пути их разрешения.

Студенты, поступающие в университет, недостаточно представляют характер и содержание будущей профессии. Поэтому необходимо совершенствовать работу по профориентации абитуриентов с тем, чтобы при поступлении в университет они ориентировались не столько на получение престижного, с их точки зрения, высшего технического образования, сколько на получение конкретной специальности, о которой бы они имели

достаточно полное представление. Это позволит сократить количество случайных студентов, которым в настоящее время, как показало исследование, мешает учиться потеря интереса к избранной специальности (около 30 % ответивших на вопросы анкеты).

Профессиональная подготовка молодого специалиста должна предполагать, во-первых, более тесную связь теоретического обучения с практикой, во-вторых, знакомство студентов в процессе обучения с самыми современными достижениями науки и техники, в-третьих, наличие лабораторной базы, отвечающей необходимым требованиям.

Определенная часть студентов имеет слабую школьную подготовку. Это требует совершенствования методики обучения и усиления контроля за качеством преподавания с тем, чтобы компенсировать пробелы школьного образования и обеспечить качественную подготовку молодого специалиста, который, по мнению самих студентов (до 90 % ответивших на вопросы анкеты), должен быть всесторонне образован, обладать не только профессиональными, но и гуманитарными знаниями.

Таким образом, для того чтобы занять достойное место среди престижных инженерных вузов страны, необходимо обеспечить высокий уровень профессиональной подготовки молодого специалиста. Это предполагает более тесную связь теоретического обучения с практикой, совершенствование форм и методов самостоятельной работы студентов под руководством преподавателей, знакомство студентов в процессе обучения с самыми современными достижениями мировой науки и техники, что, безусловно, будет способствовать повышению качества подготовки специалистов технического профиля в КарГТУ, а производство получит компетентного, инициативного, любящего и знающего свое дело молодого специалиста.

УДК 378.146:3

М.М. КАРАСАРТОВА  
А.В. СИВОДЕДОВА

### Система контроля качества знаний студентов технических вузов при изучении дисциплин гуманитарного цикла

Эффективность функционирования системы высшего образования определяется эффективностью работы высших учебных заведений. Вуз представляет собой, по сути, фирму, которая аккумулирует материальные, физические, интеллектуальные ресурсы и трансформирует их в конечный продукт — знания и навыки, сформированные у выпускников вуза.

Под эффективностью мы будем понимать максимизацию качества знаний и навыков выпускников вуза при минимизации расхода ресурсов, потраченных на обеспечение качественного учебного процесса. Данное определение согласуется с определением Герберта Саймона, который понимает под эффективностью «отношение чистых положительных результатов (превышение

желательных последствий над нежелательными) и допустимых затрат».

Образование отличается от других видов производственной деятельности тем, что его результат (достижения в учебе) трудно измерить. Чтобы оценить базовые познавательные навыки, ввели экзамены и тесты, однако точно измерить социальные и физические навыки — практически невозможно. Такие исследователи-практики, как Гиденс и О'Саливан, считают, что качество образования — величина довольно трудноизмеримая, тем не менее является очень важным показателем эффективности институциональных изменений во внутривузовском механизме.

Вопрос о качестве образования и качестве обучения является актуальным, особенно в последнее время, с увеличением конкуренции на рынке труда.

При организации учебного процесса возникает ряд проблем, связанный с контролем качества обучения студентов. Контроль уровня знаний студентов следует считать двуединым объектом приложения творческих усилий преподавателя. С одной стороны, контроль — это объект практической деятельности лектора дисциплины; с помощью контроля выявляются достоинства и недостатки выбранных методов обучения.

С другой стороны, контроль — это объект для научно-исследовательской деятельности преподавателя, так как в процессе контроля устанавливается взаимосвязь между достигнутым и планируемым уровнем знаний студентов, получается объективная информация для принятия решений по управлению процессом образования; анализ результатов контроля в разных группах и различными преподавателями позволяет усовершенствовать дидактическую систему тестирования обучаемых в соответствии с особенностями циклов дисциплины. Часто высказываемые преподавателями мнения о строгой необходимости при контроле знаний непосредственного (очного) общения со студентами приводят к следующим рассуждениям.

Процесс формирования объективной, с точки зрения преподавателя, оценки уровня знаний студента в действительности осуществляется очень индивидуализировано и, по сути, субъективно. При этом критерии оценивания уровня знаний обучаемого у каждого преподавателя базируются на степени компетентности в предметной области, на личном педагогическом опыте, владении методиками психологической диагностики достигнутого уровня качества знаний и потенциальных творческих способностей студентов. Кроме того, каждый преподаватель вуза обладает индивидуальными представлениями таких характеристик личности студентов, как дисциплинированность, требовательность, работоспособность, исполнительность, ответственность, инициативность, активность, способность к НИР и техническому творчеству.

На выставляемые преподавателями оценки влияют также эмоциональная стабильность (нестабильность) тестируемых, сдержанность (экспрессивность), уверенность в себе (неуверенность), смелость (робость), развитие воображение (неразвитое), реалистичность суждений, стрессоустойчивость (неуверенность в себе, тревога), умение ясно излагать мысли, критическая способность ума, гибкость и оригинальность мышления, способность к анализу и синтезу знаний и др.

Не следует сбрасывать со счетов и эмоциональную составляющую процесса принятия решения преподавателем об истинном уровне знаний. Она выражается в следующих факторах: внешний вид тестируемых, предыдущий опыт общения с конкретными студентами, поведение при подготовке к сдаче экзамена (зачета), степень коммуникабельности, культура речи, воспитанность, тактичность, скромность, самокритичность. При наличии перечисленных выше обстоятельств непосредственное общение преподавателей со студентами

затруднительно, практически невозможно рассчитывать на сопоставимость, объективность и обоснованность.

Кроме того, существует и специфика гуманитарных дисциплин, которые изучаются студентами технических вузов, в частности социологии, политологии и права. Дисциплины гуманитарного цикла могут вызвать негативное отношение студентов технических вузов. И задачей преподавателя является не только качественное знание, но и снятие возможного негативного восприятия этих дисциплин. Компонента дисциплин гуманитарного цикла, будь это базовая дисциплина или дисциплина по выбору, позволяет будущему специалисту ориентироваться в закономерностях развития и функционирования общества в различных сферах. Так, политология — молодая современная наука, раскрывающая природу политического в обществе.

Приобретение знаний о политической системе необходимо для того, чтобы уметь ориентироваться в происходящих изменениях, рационально и критически обосновывать свой выбор и свое мнение, корректировать свою политическую культуру. Курс «Социология» призван поставить на научную основу изучение всех реалий социальной жизни, ориентирован на приобретение студентом знаний, умений и навыков социологического мышления. Основными задачами курса «Основы права» является изучение законов для понимания следующих позиций: какое государство строится в Казахстане, какие права и свободы имеют граждане, кем защищаются законные интересы человека в случае нарушения их должностными лицами, другими гражданами и т.д.

В процессе изучения рассматриваются понятия «право» и «государство», изучаются основные отрасли современного права, а также нормативно-правовые акты, регулирующие определенные общественные отношения. Необходимо знать студентам и социальное назначение законов, какую пользу они приносят в случае неукоснительного, точного выполнения их требований и какой вред наносят нарушители законов другим гражданам. Изучение законов очень важно, поскольку они позволяют правильно ориентироваться в жизненных ситуациях, облегчают жизнь человека.

С целью изучения восприятия дисциплин гуманитарного цикла студентами технического вуза было проведено пилотажное исследование. Вопросы анкеты были заданы с целью выяснения аргументации в пользу изучения социологии и «ненужности» данной дисциплины. Социология как дисциплина была выбрана потому, что в момент разведывательного исследования у студентов четвертого и пятого курсов дисциплины «Основы права» и «Политология» не преподавались.

Пилотажное исследование, направленное на предварительное ознакомление с психологической готовностью изучать и воспринимать дисциплины гуманитарного цикла (социологию) студентов четвертого курса факультета ТДФ, ФИТ, ЭМФ показало, что основной причиной неприятия социологии в качестве изучаемой дисциплины

является «нехватка времени на изучение специальных дисциплин» — 31,5 % от общего количества «отрицательных» ответов, а также «пустая трата времени, наука не по профилю» — 36,9 %. То есть предположение о нерациональном распределении «бюджета времени» студента в дальнейших исследованиях следует проанализировать и выяснить, какая часть времени студентом технического вуза отводится на подготовку к занятиям как по профильным дисциплинам, так и по дисциплинам гуманитарного цикла.

В качестве аргументов в пользу изучения социологии все ответы можно сгруппировать:

1. Практическое применение. «Социология позволяет изучать общественное мнение», «можно научиться составлять анкеты», «узнать полезную статистическую информацию» — 14,4 %.

2. Познавательный интерес. «Интересно изучать общество», «для открытия чего-то нового, полезного для себя» — 33,2 %.

3. Работа с людьми. «Для инженера важно научиться взаимодействовать с людьми», «поможет в общении», «чтобы найти общий язык с будущими коллегами» — 16,3 %.

4. Общее развитие. «Для расширения кругозора», «для общего развития» — 25,7 %.

В целом студенты аргументировали положительную сторону изучения социологии,

подчеркивали и находили каждый для себя важность изучения этой науки. Также неявно (неосознанно) формировалась доброжелательная установка к данной дисциплине («социология интересна и тем, что изучается само общество, сам индивид, а значит и я» — ответ студента), что позволит усилить мотивацию студентов в дальнейшем изучении дисциплины. Данный прием может быть вполне применен на первой лекции, когда в ходе первой темы раскрываются общие теоретические положения науки.

В условиях перехода к кредитной технологии обучения повышается степень самостоятельности студента, которую формировать в условиях постсоветских обществ бывает проблематично. Следовательно, задачей преподавателей, осуществляющих на своем уровне контроль уровня знаний студентов, является формирование позитивных образов дисциплин гуманитарного цикла, повышение общей культуры студента, совершенствование дидактической системы тестирования обучаемых в соответствии с особенностями циклов дисциплины, повышение объективности оценки уровня знаний студентов, посредством применения новых методик обучения (лекций-дискуссий, применением методики деловых игр, лекций-конференций, лекций с «ошибками» и т.д.).

УДК 63.3(2К)

*М.Ж. СУЛЕЙМЕНОВА  
К.С. ТЛЕУГАБЫЛОВА*

### **Актуальные проблемы изучения истории Казахстана в высшей школе**

В последние годы в казахстанской высшей школе наблюдается рост числа студентов, вызванный потребностью общества в высококвалифицированных специалистах. Приток ресурсов выводит казахстанскую школу из кризиса, в котором она оказалась в начале 90-х гг. Постепенно поднимается уровень оплаты труда и восстанавливается престиж профессии преподавателя; происходит существенное обновление содержания и методов обучения, внедрение современных информационных технологий.

Радикальному пересмотру подверглись программы, учебные планы и квалификационные требования, принципы набора студентов, методы административного и финансового менеджмента. Современное состояние экономики и общества особо нуждается в высшем образовании, что создает основу для дальнейшего развития отрасли. О необходимости современной системы образования, соответствующей потребностям экономической и общественной модернизации, говорится в Послании Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана «Стратегия вхождения Казахстана в число 50 наиболее конкурентоспособных стран мира. Казахстан на пороге нового рывка вперед в своем развитии». В свете этих задач не последнее место принадлежит и гуманитарным дисциплинам.

Гуманитарная наука изучает уникальные, индивидуальные объекты, а естественная — имеет

дело лишь с обобщениями (законами), в которых особенности единичного не представлены. Что же касается объектов гуманитарных наук, то они имеют ценностную и рефлексивную природу, т.е. теоретическое знание об объекте, полученное исследователем, влияет на исследуемый объект.

История Казахстана — учебный предмет, в изучении которого наблюдались как негативные, так и положительные моменты. Историческая наука, призванная укреплять единство морально-этических отношений, воспитывать мудрость, благородство, честность, правдивость, целеустремленность, как и общество в целом, пережило тяжелый кризис. В течение долгих десятилетий история Казахстана рассматривалась с узкопартийных позиций, скрывались негативные явления как в области экономики, так и в общественно-политической жизни. Поэтому и изучение этого предмета в советской системе образования вызывало много нареканий. Учебники по истории Казахстана тех лет и по качеству, и по объему не отражали действительности, т.е. по существу они были небольшим разделом «Истории СССР». В методике преподавания господствовал диктаторский принцип — отсутствовал плюрализм мнений, дискуссий, главенствовала идеологизированная политика.

Но времена меняются, и с 90-х годов начался трудный, но крайне необходимый процесс очищения исторической науки от лжи, полуправды и умолчаний,

возрождения ее доказательности, достоверности. «История Казахстана» как специальная дисциплина начала обретать свой статус. За последние годы в содержании этого предмета произошли значительные изменения. Разработаны новые рабочие программы (силлабусы), учебно-методический комплекс, по-новому отбирается и излагается материал, меняются учебники, учебные пособия.

Большое значение имело возвращение таких работ, как «История Казахстана» С. Асфандиярова, «Казахстан. Летопись трех тысячелетий» С. Кляшторного и «Қазақтың көне тарихы» Т. Сулпанова. Крупным событием явился выход трех томов четырехтомной «Истории Казахстана». Увидели свет «Учебное пособие по истории Казахстана с древнейших времен до наших дней» (авторский коллектив под руководством М. Козыбаева), «История Казахстана: белые пятна» и другие.

Это свидетельствует о той большой работе по воспитанию казахстанского патриотизма, о первостепенном значении которого неоднократно говорил Президент Н.А. Назарбаев. Нынешняя ситуация развития нашего государства, когда предпринимаются важные шаги по модернизации политической системы, расширение демократических основ требует более ответственного подхода к изучению истории Казахстана, изменения форм и методов преподавания, которые в первую очередь должны начинаться со средней школы. Вчерашние ученики не знают, как надо записывать лекции, конспектировать дополнительный материал, выстраивать содержательный ответ на заданные вопросы; они не ориентированы на предстоящую работу. Одной из главных задач является оказание учебно-методической помощи вчерашним абитуриентам. Очень важно научить их работать не только с основной, но и с широким кругом периодической литературы, дать возможность обмениваться мнениями, научить аргументированно излагать свою точку зрения, ориентироваться в политической ситуации. И здесь, на наш взгляд, очень полезными источниками являются такие журналы, как «Қазақ тарихы», «Мысль», «Акикат», на страницах которых систематически публикуются апробированные материалы.

История Казахстана — это гуманитарная наука, формирующая логическое мышление, умение делать анализ и подводить итоги. А это достигается именно на лекциях, семинарских занятиях, т.е. при непосредственном, тесном контакте преподавателя и студента. Согласно учебному плану, утвержденному министерством, «История Казахстана» изучается только на первом курсе, а с переходом к новой системе обучения изучение истории Казахстана в технических вузах завершается в первом семестре государственным экзаменом.

Вот тут-то и начинаются основные проблемы студентов в изучении данного предмета. В течение первого семестра они приступают к изучению всей программы курса, всех тем, периодов, событий, проблемных вопросов, многие из которых либо не успели изучить по школьной программе, либо уже

забыли. Кроме того, первый месяц обучения у студентов идет как адаптация к институтской форме учебы, затем нужно время, чтобы они «взяли» ориентацию на предмет, а уже надо пройти чуть ли не половину курса. Оставшееся время уходит на получение аттестации и на изучение сложного по содержанию материала. По окончании семестра студенты выходят к рубежному старту — сдаче государственного экзамена по истории Казахстана, который занимает определенное место в фундаментальной подготовке специалистов, о чем сказано в Концепции гуманитарного образования Республики Казахстан.

Практика показывает, что не все студенты за такой короткий промежуток времени могут изучить, усвоить, да еще сдать на хорошую оценку данный предмет, экзаменационные вопросы которого включают все темы курса, начиная с древнейшего периода и до современного развития Казахстана. Здесь большая ответственность возлагается на преподавателя, его профессиональную подготовленность, умение применять различные формы проведения занятий, организацию консультаций, самостоятельной работы студентов, самостоятельной работы студентов с преподавателем.

Немало проблем возникает перед студентами и в процессе сдачи государственного экзамена по истории Казахстана. На наш взгляд, они заключаются в следующем: во-первых, студенты первого курса, поступив в университет или институт, не ознакомились с другими предметами гуманитарных дисциплин, еще не успели психологически настроиться на сдачу государственного экзамена; во-вторых, государственный экзамен проводится в разгар учебного процесса вместе с другими текущими экзаменами, но в отличие от них оценка, полученная по истории Казахстана, будет выставлена в диплом об окончании университета; в-третьих, трудности для студентов заключаются еще и в том, что из-за уплотнения учебного цикла дается мало дней для подготовки к государственному экзамену; в-четвертых, нам нельзя забывать, что гуманитарные дисциплины, в том числе и история Казахстана, изучаются и преподаются в техническом вузе, что требует от преподавателей обязательно учитывать специфику вуза и стараться оказать максимальную помощь студентам.

Подводя итоги обсуждения этого вопроса, хотелось обратить внимание на следующие моменты:

1. Для полного изучения студентами курса «История Казахстана» необходимо вернуться к двухсеместровому обучению данного предмета со сдачей зачета в конце первого семестра, что являлось положительным моментом в прошлые годы.

2. Государственный экзамен по истории Казахстана сдавать студентам либо в начале сессии, «на свежую голову», пока материал закреплен в памяти, либо в конце сессии, освободившись от других экзаменов и сосредоточившись только на нем. Сдача государственного экзамена будет более эффективной и продуктивной.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Стратегия вхождения Казахстана в число 50 наиболее конкурентоспособных стран мира. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана. 1 марта 2006 года. Караганды, 2006.
2. Государственная программа развития образования в Республике Казахстан на 2005-2010 годы (Утверждено Указом Президента Республики Казахстан от 11.10.2004. № 1459) // Каз.правда. 2004. 16 октября.

ӘОЖ 622.807:622.7(574.3)

Ә.Қ. ӘКІМБЕКОВ  
Н.Р. ЖОЛМАҒАМБЕТОВ

### Қосымша ауа ағынын беру кезінде желдету жүйесінің құбырындағы ауаның жылдамдықты ағынының өзгеруін талдау

Аспирациялық жүйедегі құбыр ішіне отырған шаңмен күресу бүгінгі күні өзекті мәселелердің бірі, себебі құбыр ішіне отырып қалған шаңды тазалау үшін аспирациялық жүйені толықтай тоқтатып шаң отырып қалған аймақтарын бөлшектеп алу арқылы тазалау үшін біршама уақытты қажет етеді және құбырлардың орналасуына байланысты мұндай жұмыстарды іске асыру қауіпті болып табылады. Бұл дегеніміз осы жұмыстар толықтай атқарылғанша барлық технологиялық процестер толықтай тоқтатылып, осының салдарынан өнеркәсіптің өнімділігі төмендейтіні белгілі. Сонымен қатар шаң ұстау процесі кезінде циклондар мен скрубберлардың тиімді жұмыс істеуіне кері әсерін тигізуі, жүйенің тез істен шығуына септігін тигізеді.

Шаң-ауа ағыны кезінде шаңның құбыр бойына отырып қалуы шаңның құбыр қабырғаларымен байланысы және шаң қабаты пайда болғанда шаң бөлшектерінің өзара байланысынан байқалады. Бұл құбылыстың біріншісі адгезия (жабысу), ал екіншісі — аутогезия деп аталады.

Ауа ағынымен үрлеп ұшқындату кезінде үрлеу күші шаң қабатындағы барлық бөлшектеріне әсерін тигізеді. Бұл шаң қабатының беріктігі тек шаң бөлшекте-

рімен құбыр бетінің өзара байланысы адгезияға ғана емес сонымен қатар шаң бөлшектерінің өзара байланысы аутогезияға да байланысты болады. Егер құбыр ішіне отырған шаң қабатына ауа ағынымен әсер етсе, онда шаңды ұшырып әкетудің адгезиялық-денудациялық, аутогезиялық-эрозиялық және адгезиялық-аутогезиялық [1,2] үш түрі байқалады.

Денудациялық ұшыру кезінде шаң қабатының үстіңгі бетін шекаралай ұшырып әкетеді, ал эрозиялық кезінде шаң қабатының бетін бөлшектеп ұшыру байқалады [1]. Жоғарыда айтылған мәселелерден мынаны қорытындылауға болады, аспирациялық жүйенің құбыры ішіне отырған шаңның адгезиялық отырып қалуын ауа ағыны көрсеткішін күшейту арқылы жету мүмкіншілігі бар.

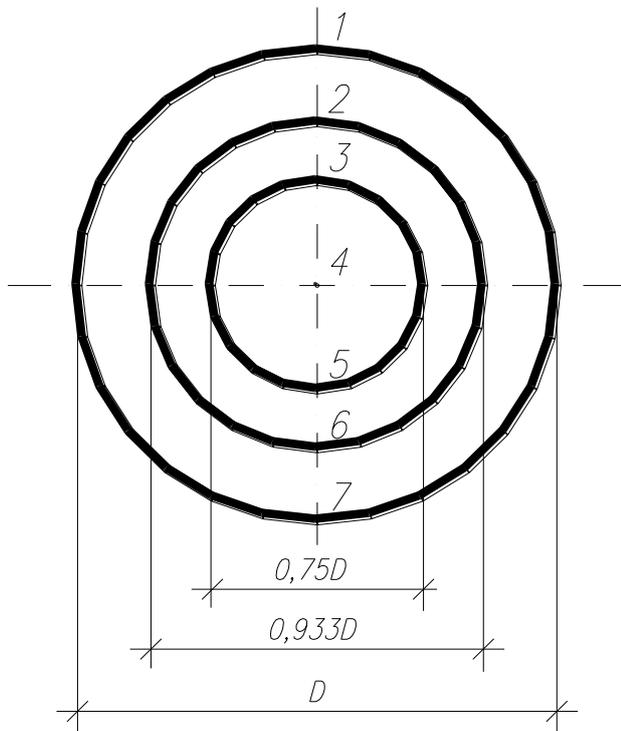
Дегенмен ауа ағынының жылдамдығын жоғарылату [1,2,3] көрсетілгендей құбырдың мерзімінен бұрын тозуына және аспирациялық жүйенің істен шығуына әкеледі, ауа ағынының әр түрлі шаңдарды тасымалдау кезінде ауа ағынының жылдамдығы 20-25 м/с болуы ұсынылады. Дегенмен көптеген өнеркәсіптерде бірқалыпты мұндай көрсеткішті қамтамасыз ету мүмкін болмай жатады.

Талдау жасай келе мынадай тұжырым жасауға болады, аспирациялық жүйені жобалау және қолдану кезінде әр өнеркәсіптің өндірген өніміне сәйкес, шаңның өзіне тән қасиеттеріне (жабысқақтығы, тығыздығы, дымқылдығы, химиялық құрамы т.б.) және аспирациялық жүйенің техникалық көрсеткіштерін (құбырдың диаметрі, ұзындығы т.б.) ескере отырып, ауа ағыны жылдамдығының ең қолайлы көрсеткішін анықтаған жөн. Себебі, осы ауа-шаң ағыны жылдамдығының төмен не жоғары болуының салдарынан, көптеген зерттеулер нәтижесі бойынша шаңның құбыр ішіне отырып қалуы жиі байқалады.

Өнеркәсіптердегі шаңның дисперсиялық құрамын зерттеулер нәтижелері бойынша [4], аспирациялық жүйенің құбыры бойымен шаңды тасымалдау кезінде аспирациялық жүйенің бастапқы нүктелеріндегі шаңның ірі бөлшектері (25 мкм) 70 %, ұсақ бөлшектері (5 мкм) 6-25 % құрады. Жүйенің орталық тұсында шаңның ұсақ бөлшегінің мөлшерінің көбейуі байқалды, ұсақ 50 %, ірі 10-20 %. Желдеткішке жақын тұсында ұсақ шаңның мөлшері 90 %, ал ірі шаңның мөлшері 6 %-ға дейін болды.

Мұндай көріністің байқалуы аспирациялық жүйенің құбырының бастапқы нүктесінен желдеткішке дейінгі арақашықтықтың ұзақ болуы, иірімдерінің көп болуы және горизонтал аймақтарының ұзақ болуы салдарынан ірі бөлшектерді тасымалдауға қажетті ауа ағыны жылдамдығының қажетті көрсеткіштен төмен болуынан, ірі бөлшектердің құбыр ішіне отырып қалып уақыт өте келе құбыр бойын жартылай немесе толық бітеп тастайтындығы белгілі.

Жоғарыда келтірілген проблеманы шешу жолдарын қарастыру бойынша мынадай эксперименттік жұмыс жүргізілді.



1-сурет — Сынақ жүргізу үшін қажет құбыр қимасы бойындағы өлшем жүргізу нүктелері

Кәсіпорын ғимаратында жұмыс істеп тұрған желдету жүйесінің диаметрі 250 мм және ұзындығы 3,5 м горизонтал орналасқан (себебі шаңның отырып қалуы көп кездеседі) бөлігі таңдап алынды. Бастапқыда желдеткіштің қалыпты жұмыс істеп тұрған уақытындағы ауа ағыны жылдамдығын анықтаймыз. Ол үшін белгілі әдіс [3] бойынша (1-сурет) құбыр диаметрі өсі бойынша 2 шеңбер жүргізіп, оның вертикал өспен қиылысқан тұстарымен, құбырдың тең ортасы бойында орналасқан 1-7 нүктелерін белгілейміз. Осы нүктелер бойынша микроанометр ММН-240(5)-1 аспабы және Пито түтігінің көмегімен ауа-ағыны жылдамдығының көрсеткіштерін өлшейміз. Ең үлкен көрсеткіш 13 м/с құбыр бойының өсінде байқалды.

Осыдан кейін А нүктесі арқылы құбырдың үстіңгі бөлігінен диаметрі 10 мм форсунка арқылы жылдамдығы 50, 100, 150 м/с ауа ағынымен үрлейміз. Форсунка 20°C бұрыш бойынша орналастырылды. Себебі осы бағытта жүргізілген басқа да эксперименттік жұмыстар кезінде дәлелденгендей форсунканы қолдану тиімділігінің осы бұрыш кезінде жоғары болатындығы байқалды. Форсунка арқылы берілген әр түрлі ауа ағыны жылдамдығын пайдалану кезіндегі құбыр ішіндегі ауа ағыны жылдамдығының қаншалықты өзгеретіндігін және қандай арақашықтыққа дейін әсер етуін байқау үшін, А нүктесінен 0,5 және 1 м арақашықтығындағы Б және В нүктелері арқылы, құбыр ішіндегі ауа ағыны жылдамдығының 1-7 нүктелеріндегі көрсеткіштерін анықтадық (1-кесте).

1-кесте

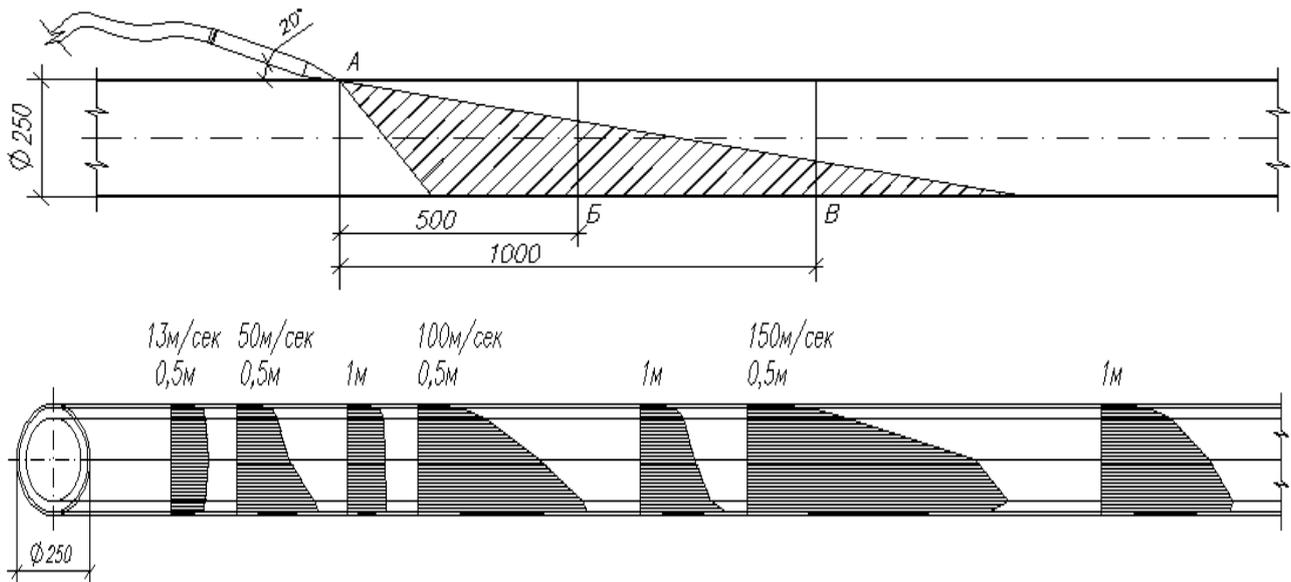
ЭКСПЕРИМЕНТ НӘТИЖЕЛЕРІ

Форсунка арқылы берілген ауа ағыны жылдамдығы, $V_f$ , м/сек	Өлшеу нүктелеріндегі ауа ағыны жылдамдығы, м/сек													
	Б нүктесі бойында							В нүктесі бойында						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
50	0	12	14	23	27	28	0	0	11	12	13	13	13	0
100	0	15	23	41	53	57	0	0	12	14	18	24	27	0
150	0	21	33	65	73	67	0	0	16	24	37	45	41	0

Көрсеткіш нәтижелері бойынша жылдамдық эпюраларын саламыз (2-сурет). Эпюраларды салу кезінде 1 және 7 нүктелеріндегі жылдамдық әдебиеттерде [3] көрсетілгендей 0-ге тең деп алынды.

Эпюралардан көрініп тұрғандай форсунка арқылы берілетін ауа-ағыны жылдамдығын көбейткен сайын, құбырдың төменгі жарты бөлігіндегі жылдамдық мөлшері жоғарғы жағына қарағанда едәуір көп екендігі байқалады.

Аспирациялық жүйелердегі жиі кездесетін шаңның құбыр ішіне отырып қалуын болдырмау мақсатында құбырдың диаметріне, ұзындығына және сондай-ақ, шаңның өзіне тән қасиеттеріне байланысты, шаңның жиі отырып қалатын аймақтарында, осы форсункалар арқылы ауа ағыны жылдамдығы көрсеткішін бақылап өзгертіп отыру мүмкіндігі арқылы, құбыр бойындағы шаң бөлшектерін тасымалдауға қажетті ауа ағыны жылдамдығын реттеп отыру мүмкіншілігі барлығын дәлелдейді.



2-сурет — Эксперимент нәтижелері бойынша салынған құбыр ішіндегі ауа ағыны жылдамдығының эпюралары

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. М.: Химия, 1976.
2. Фильней М.И. Проектирование вентиляционных установок. М.: Высшая школа, 1966.
3. Сатарин В.И. Движение и обеспыливание газов в цементном производстве. М.: Высшая школа, 1986.
4. Гращенков Н.Ф. Исследование и разработка рекомендаций по борьбе с пылеотложением в воздухопроводах аспирационных систем сталеплавильных цехов Карагандинского металлургического комбината (Заключительный отчет) / КарПТИ. Караганда, 1982.

УДК 622.271  
В.И. РОМАНОВ

### Обеспечение устойчивости уступов при заоткосных работах на карьере

Обеспечение устойчивости уступов при заоткосных работах и постановке их в предельное положение является одним из актуальных вопросов, решение которого позволяет снизить воздействие взрывных работ на законтурный массив, уменьшить объем вскрышных работ за счет увеличения углов наклона карьерных откосов, создать устойчивость стационарных уступов на требуемый срок.

С целью уменьшения деформации прибортового массива от сейсмического воздействия взрывов на карьерах наибольшее распространение получило предварительное щелеобразование. Щель создается взрыванием рассредоточенных малых зарядов в наклонных скважинах, пробуренных по проектному контуру на всю высоту уступа до подхода массивов взрывов на 40-50 м, то есть в зоне нетронутого массива. В результате одновременного взрывания зарядов создается наклонная зона нарушения переменной величины. Наибольшая ширина зоны наблюдается в местах расположения скважин, а наименьшая — по оси симметрии между скважинами. Такая зона служит экраном для отражения ударной волны массивов взрывов.

Состояние горного массива в значительной степени зависит от импульса давления в зарядной скважине, который определяется типом ВВ и скоростью детонации. Давление, возникающее в заоткосной сква-

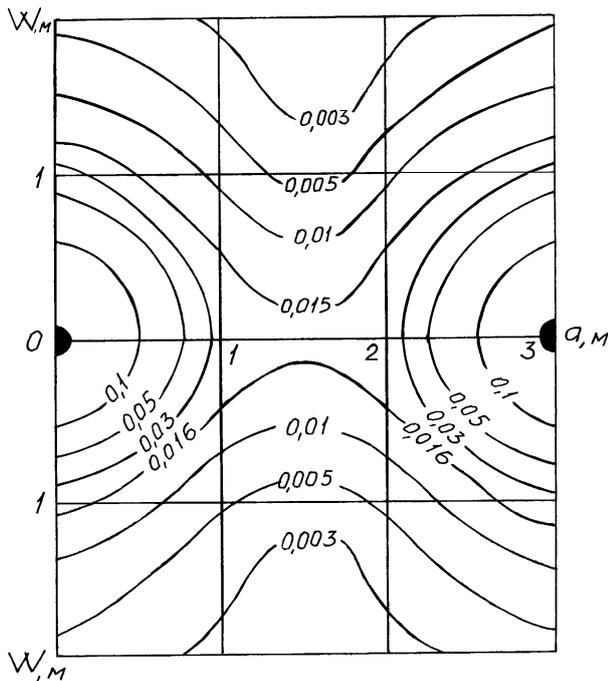
жине, намного превышает прочностные характеристики пород и распространяет в ней волны напряжений, которые способствуют ее разрушению. Между напряжениями, возникающими вокруг зарядов при взрыве, и разрушениями существует однозначная связь [1,2]. Следовательно, для изучения формирования предварительной щели взрывом необходимо знать напряженное состояние массива.

Используя статические методы теории упругости и расчета суммарных растягивающих напряжений от взрыва двух зарядов в скважинах диаметром 243 мм (станок СБШ-250), получена зависимость изменения растягивающих напряжений, имеющая вид

$$\sigma_p = \frac{d^2 \cdot p \cdot \lambda}{\alpha \cdot K_{\delta\delta} \cdot \hat{E}_{\omega\omega} \cdot L},$$

где  $d$  — диаметр скважины, м;  
 $P$  — давление на стенки скважин, Па;  
 $M$  — коэффициент Пуассона;  
 $\alpha$  — расстояние между скважинами, м;  
 $K_{mp}$  — коэффициент трещиноватости массива;  
 $K_{вmp}$  — коэффициент трещиноватости массива от действия взрыва;  
 $L$  — удаление в глубь массива от линии скважины, м.

Исследовались варианты с расположением зарядов на расстоянии друг от друга от 1 до 4 м. На рисунке показано распределение  $\sigma_{np}$  от действия взрыва двух скважинных зарядов с расстоянием между ними  $\alpha=3$  м. Используя подобные картины распределения напряжений при различных значениях расстояний между скважинами с учетом давления, создаваемого взрывом в заоткосных скважинах, определялась величина заряда ВВ, позволяющая создать необходимую ширину экранирующей зоны по оси симметрии между скважинами. Установлено, что для вскрышных пород Николаевского карьера ширина экранирующей зоны составляет порядка 0,7 м.



Распределение приведенных растягивающих напряжений при взрыве двух заоткосных зарядов ( $\alpha=3$  м)

Промышленной проверкой результатов теоретических исследований определено, что наиболее качественная экранирующая щель со следами скважин на откосе уступов получится для пород при расходе ВВ на 1 пог.м скважины от 1,1 до 1,6 кг/пог.м. при расстоянии между скважинами  $\alpha=2,0$  м; от 1,8 до 2,5 кг/пог.м. — при  $\alpha=2,5$  м; от 2,0 до 2,8 кг/пог.м. — при  $\alpha=3,0$  м. Здесь меньшее значение расхода ВВ принято для алевролитов, а наибольшее — для туфов. Экспериментальные данные по расходу ВВ в скважинах предварительной щели при среднем коэффициенте трещиноватости  $K_{mp}=1,08$  дают возможность уменьшить деформации в законтурном массиве, возникающие при взрыве.

Особенно качественная предварительная щель получается на участках, где основными системами трещин являются продольные согласно падающие с откосом крутого залегания. В этом случае поверхности подобных трещин служат дополнительным экраном для отражения ударных волн массовых взрывов.

Промышленные наблюдения показывают, что создание предварительной щели снижает сейсмическое воздействие массовых взрывов для скальных пород в 3-5 раз. При этом полностью отсутствует зона заколов (открытых трещин), а зона остаточных деформаций прослеживается не более, чем на 10-15 м. Преимущество создания предварительной щели заключается и в том, что не требуется перехода на специальную технологию ведения буровзрывных работ при отработке приконтурной полосы шириной 40-50 м, то есть перехода на одновременное поочередно с замедлением взрывание малых количеств ВВ при общем массовом взрыве, исчисляемом десятками и сотнями тонн ВВ. И только при отбойке последней заходки шириной 10-12 м удельный расход ВВ во взрываемом блоке не должен быть более 0,4-0,7 кг/м<sup>3</sup>.

Уменьшение деформирования законтурного массива созданием по проектному контуру предварительной щели позволяет увеличить углы наклона карьерных откосов с обеспечением их устойчивости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханукаев А.Н. Экспериментальное исследование процесса разрушения горных пород взрывом. Изд-во АН. Кирг.ССР. 1961. 216 с.
2. Кольский Г.Н. Волны напряжений в твердых телах. М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. 192 с.

УДК 622.33.012.2.06

В.Ф. ДЕМИН  
Д.А. УТКИН

#### Технология отработки локальных участков, запасов коксующихся углей с оставлением породы в подземных условиях шахт

На шахтах Карагандинского угольного бассейна в настоящее время имеются значительные запасы ценных коксующихся углей марок КЖ и К, не вовлеченных в отработку. Эти запасы сосредоточены: в охранных, предохранительных и барьерных целиках; в маломощных и сложноструктурных (забалансовых) пластах.

При существующей в настоящее время технологии отработки локальных участков на маломощных и

сложноструктурных пластах не учитывается фактор выхода значительного объема пустой породы. Проходка подготовительных выработок по маломощным и сложноструктурным пластам из-за необходимости присечки боковых пород по их сечению будет сопровождаться значительным объемом выхода породы (до 15-20 % и более). Выдача таких объемов пустой породы на поверхность приведет к существенному увеличению себестоимости добываемого угля. Между тем

рядом работ [1] доказано, что оставление породы в шахте экономически выгоднее и целесообразнее, нежели транспортирование по горным выработкам, подъем, транспортирование к месту складирования и утилизация в отвалах. Возникает необходимость разработки новой технологической схемы отработки маломощных и сложноструктурных пластов, а также локальных участков шахтного поля с возможностью оставления пустой породы в подземных условиях шахт.

Новая технология должна отвечать следующим требованиям: возможности утилизации породы в шахте; относительно небольших капитальных вложений; возможности использования уже имеющейся техники на шахтах; максимально возможной нагрузки на очистной забой; безопасного ведения работ. Предлагаемая технология в полной мере отвечает таким критериям. Сущность данной технологии состоит в полном извлечении угольной массы из обрабатываемого участка и складирования пустой породы на месте отработки.

Для примера взят конкретный локальный участок на шахте «Абайская» УД АО «МИТТАЛ STEEL TEMIRTAU», предохранительный целик, оставшийся после отработки лавой 31К10-с (рис. 1). Ранее предпо-

лагалось оставить целик в этом районе шириной 50 м, но из-за сложных горно-геологических условий, в частности увеличения угла наклона лавы до 34 градусов, вынуждены были ее демонтировать и эти запасы угля, залегающие в выемочном поле, отошли в общешахтные потери. Данный целик в настоящее время составляет по длине 200 м, а по ширине — от 300 до 350 м, мощность пласта К10 здесь достигает 4,1 м, марка угля ЮС. Запасы угля на локальном участке составляют 399,700 т.

Механизм применения данной технологии состоит в том, что в целике проходческим комбайном 1 проводится сбоечная печь между конвейерным штреком 31К10-с и вентиляционным штреком 31К10-с. От сбоечной печи проходческим комбайном проводится первая (нечетная) выемочная полоса. Предварительно в соседний конвейерный штрек 31К10-с посредством ленточного конвейера 2 и метательной закладочной машины 3 складировается пустая порода. Порода, в данном конкретном случае полученная при проходке южного откаточного штрека К10 горизонта +0, транспортируется в вагонетках по главному откаточному штреку горизонта +0, затем на рельсовый уклон К10, а после через опрокид 4 перегружается на ленточный конвейер 2.

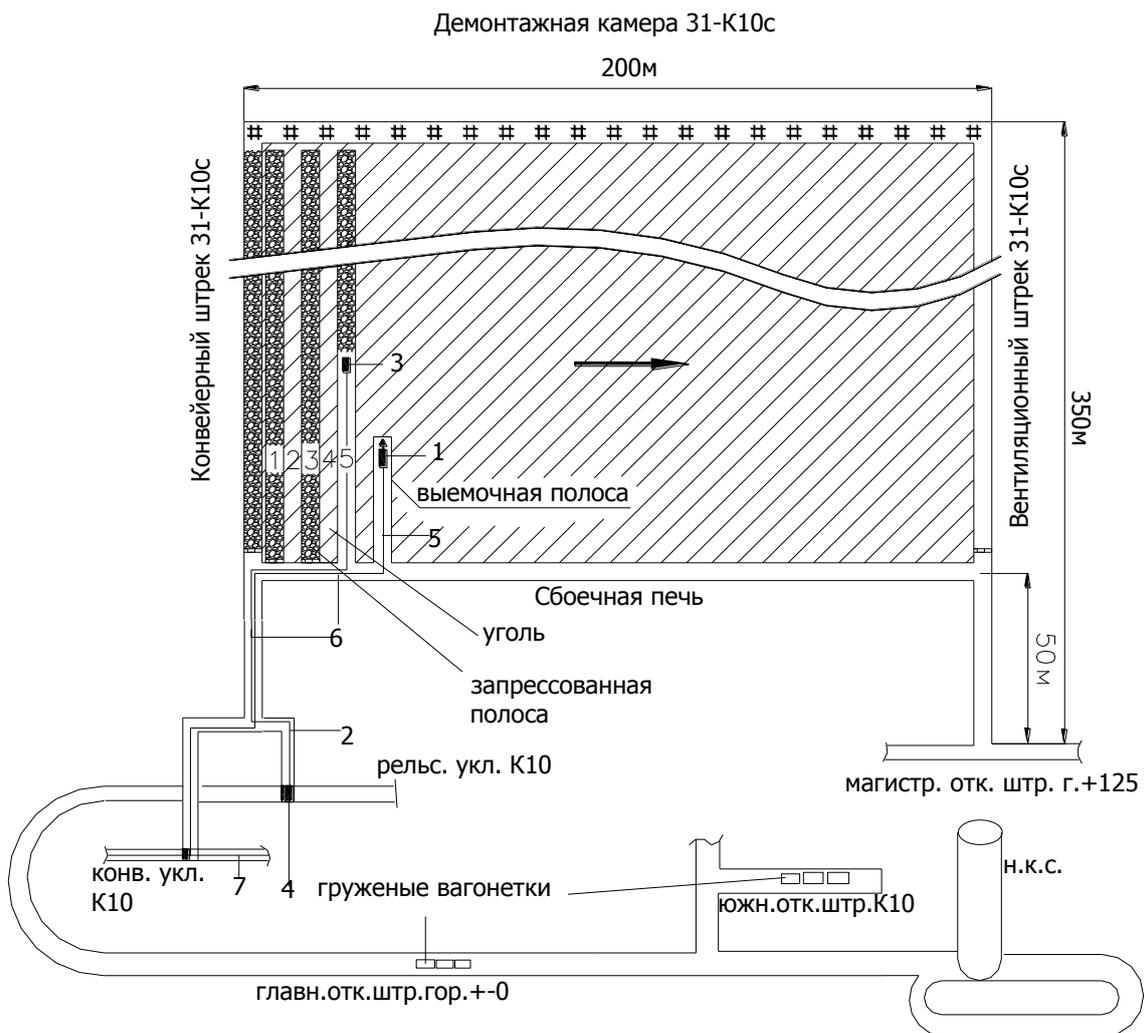


Рис. 1. Технология отработки предохранительного целика в условиях шахты «Абайская»:

1 — проходческий комбайн; 2 — ленточный конвейер; 3 — метательная закладочная машина; 4 — опрокид; 5 — забойный скребковый конвейер; 6 — участковый ленточный конвейер; 7 — магистральный ленточный конвейер

После проходки первой нечетной выемочной полосы проходческое оборудование перемещается на третью полосу, а в первую полосу размещается шахтная порода. Крепление нечетных полос производится при помощи анкеров и металлической арочной крепи типа СВП, для того чтобы после запрессовки пустой породы уменьшить осадки кровли. Угольная масса из проходимых выемочных полос транспортируется забойным скребковым конвейером 5, далее участковым ленточным конвейером 6 и магистральным ленточным конвейером 7.

После того как в отработываемом целике была извлечена последняя нечетная полоса, выемка угля производится в обратном порядке в четных полосах 2, 4, 6 и т.д. (рис. 2). Крепление кровли в четных выемочных полосах производится посредством анкерования. По мере выемки четных полос в них также складывается пустая порода. Нагрузку на очистной забой при использовании мощного проходческого оборудования и, следовательно, подвигание очистного забоя до 15-20 м/сутки, возможно довести до 400-540 т/сутки, или 12 150-16 200 т/месяц.

Пустая порода для запрессовки в отработанные выемочные полосы может поступать и из других общешахтных источников, таких как: подрывка горных выработок; перекрепление горных выработок; вывалов из кровли в лавах.

В итоге, имея минимальное количество проходческого оборудования, мы обеспечиваем возможность отработки целиков угля, а также утилизации пустой породы, полученной от проходки южного конвейерного штрека К10 гор.+0, без выдачи ее на поверх-

ность. Кроме того, на шахте «Абайская» имеется сложноструктурный пласт К7, мощность которого колеблется от 2,0 до 3,7 м, тридцать процентов площади этого пласта составляют размывы и нарушения, что в свою очередь делает практически невозможным применение традиционной столбовой системы разработки. Запасы пласта составляют около 55 516 000 тонн угля марки ЮС. Применение представленной технологии позволяет вовлечь этот пласт в разработку.

Обработка маломощных пластов производится по той же технологической схеме, с той лишь разницей, что выемка угля в выемочных полосах ведется селективным методом (т.е. отдельно), а присекаемая порода из отработываемых выемочных полос складывается в отработанные ранее выемочные полосы посредством дробильно-закладочных комплексов. Таким образом, основная породная масса после измельчения остается в зоне ведения очистных работ без выдачи ее на поверхность.

Технология обработки локальных участков ценных пород угля с оставлением пустой породы в подземных условиях шахт может уже сейчас найти свое широкое применение в условиях Карагандинского угольного бассейна, так как только на действующих шахтах около двадцати процентов всех запасов угля сосредоточено в маломощных и сложноструктурных пластах, а общешахтные потери достигают 30-40%. Данная технология позволяет отработать забалансовые запасы угля, тем самым увеличить срок службы действующих горизонтов и шахт в целом. Также данная технология позволяет обеспечить максимально возможное извлечение полезного ископаемого.

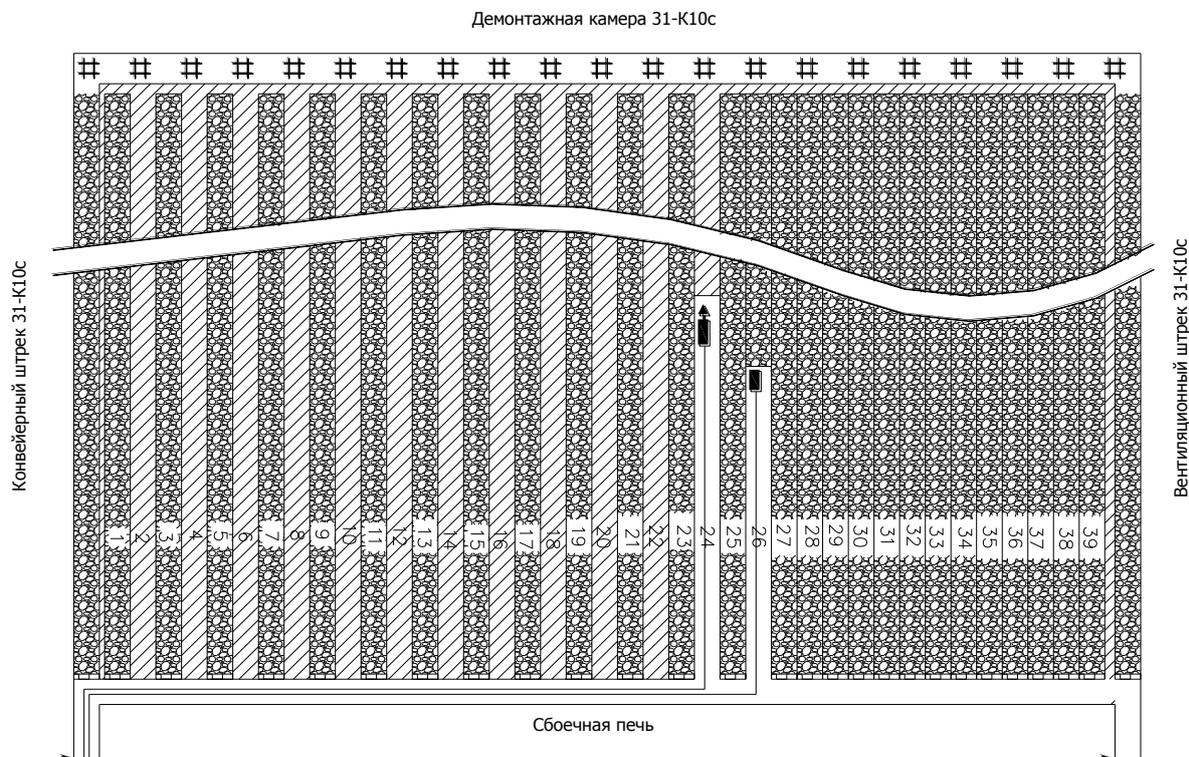


Рис. 2. Обратный порядок выемки, в четных выемочных полосах

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы разработки маломощных и сложноструктурных пластов Карагандинского бассейна / С.С. Квон, Э.Г. Роот, В.Ф.

Демин, К.К. Кушеков. Караганда, 2003.

УДК 622.411.332 (574.31)

Н.Ф. ГРАЩЕНКОВ  
Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ**Динамика изменения концентрации метана  
в куполах подготовительных выработок**

Внос метана из куполов небольших размеров ( $\leq 0,5$  м по высоте) осуществляется в основном за счет действия свободных турбулентных струй. Динамика изменения средней концентрации метана в таких местах достаточно хорошо описывается уравнением турбулентной диффузии для камерообразных выработок. Однако для куполов большой высоты такой подход к решению задачи мало приемлем, поскольку концентрация газа может существенно меняться по высоте.

Распределение концентрации по высоте куполов может быть описано уравнением диффузии для непостоянного во времени источника газовой выделения

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{Sqt^{n-1}}{V}. \quad (1)$$

$$\tilde{n}(x, 0) = c_0; \quad 0 \leq x \leq L;$$

$$\left. \begin{aligned} c(0, t) &= c; \\ c(L, t) &= \frac{Sqt^{n-1}}{Q} \end{aligned} \right\}, \quad t > 0.$$

Уравнение (1) неоднородное с неоднородными граничными условиями. Введем новую переменную

$$v(x, t) = c(x, t) - c - \frac{x \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{L}, \quad (2)$$

которая удовлетворяет следующим начальным и граничным условиям:

$$\left. \begin{aligned} v(x, 0) &= c_0 - c - \frac{x \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{L}, \\ v(0, t) &= 0, \\ v(L, t) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

С учетом (2) уравнение (1) примет вид

$$\frac{\partial v}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right). \quad (4)$$

Ищем решение уравнения (4) в виде суммы тригонометрического ряда

$$v(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} T_m \sin \frac{\pi m x}{L}. \quad (5)$$

Разложим в ряд Фурье по синусам свободный член в уравнении (4).

$$Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m \sin \frac{\pi m x}{L} dx,$$

где

$$\begin{aligned} b_m &= \frac{2}{L} \int_0^L Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin \frac{\pi m x}{L} dx = \\ &= \frac{2}{\pi m} Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) (1 - \cos \pi m). \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) &= \\ &= \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{\pi m} Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) 2 \sin^2 \frac{\pi m}{2} \sin \frac{\pi m x}{L} dx. \end{aligned} \quad (6)$$

Продифференцировав (5) по  $t$  и два раза по  $x$ , получим

$$v_t = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{dT_m}{dt} \sin \frac{\pi m x}{L}, \quad (7)$$

$$v_{xx} = - \sum_{m=1}^{\infty} T_m \sin \frac{\pi m x}{L} \cdot \frac{\pi^2 m^2}{L^2}. \quad (8)$$

Подставим (6), (7) и (8) в уравнение (4):

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{dT_m}{dt} \sin \frac{\pi m x}{L} + \sum_{m=1}^{\infty} DT_m \frac{\pi^2 m^2}{L^2} \sin \frac{\pi m x}{L} &= \\ &= \sum_{m=1}^{\infty} \frac{4}{\pi m} Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin^2 \frac{\pi m}{2} \sin \frac{\pi m x}{L}. \end{aligned}$$

Сумма слагаемых в левой части полученного уравнения, будет равна соответствующему выражению в правой части только в том случае, если коэффициенты при синусах будут равны, т.е.

$$\frac{dT_m}{dt} + DT_m \frac{\pi^2 m^2}{L^2} = \frac{4}{\pi m} Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin^2 \frac{\pi m}{2}. \quad (9)$$

Обозначим

$$A = DT_m \frac{\pi^2 m^2}{L^2};$$

$$B = \frac{4}{\pi m} Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin^2 \frac{\pi m}{2}$$

и запишем уравнение (9) в следующем виде:

$$\frac{dT_m}{dt} = -T_m A + B. \quad (10)$$

После разделения переменных и интегрирования, получим

$$\frac{1}{A} \ln |AT_m - B| = -t + \frac{1}{A} \ln C.$$

Откуда следует

$$AT_m - B = Ce^{-At}. \quad (11)$$

Определим начальные условия для  $T_m$ . Из (5) при  $t = 0$  следует

$$v(x, 0) = \sum_{m=1}^{\infty} T_m(0) \sin \frac{\pi m x}{L}. \quad (12)$$

Разложим в (3) значение  $v(x, 0)$  в ряд Фурье по синусам, получим

$$v(x, 0) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m \sin \frac{\pi m x}{L}. \quad (13)$$

Сравнивая (12) с (13), приходим к выводу, что

$$T_m(0) = b_m, \text{ где } b_m = \frac{2}{L} \int_0^L v(x, 0) \sin \frac{\pi m x}{L} dx.$$

Подставляя вместо  $v(x, 0)$  его значение из (3), получим

$$T_m = \frac{2}{L} \int_0^L \left[ c_0 - c - \frac{x \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{L} \right] \sin \frac{\pi m x}{L} dx =$$

$$= \frac{4(c_0 - c)}{\pi m} \sin^2 \frac{\pi m}{2} - \frac{2 \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{\pi m} \left( \frac{1}{\pi m} \sin \pi m - \cos \pi m \right).$$

В полученном выражении слагаемое  $\sin \pi m = 0$  при любых значениях  $m = 1, 2, 3, \dots$

Тогда

$$T_m(0) = \frac{4(c_0 - c)}{\pi m} \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{2 \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{\pi m} \cos \pi m. \quad (14)$$

Учитывая (14), находим константу в уравнении (11). При  $t = 0$

$$C = ATm(0) - B.$$

Произведя обратную подстановку, получим

$$T_m = \frac{1}{A} \{ [AT_m(0) - B] e^{-At} + B \}.$$

Подставляя полученное выражение в (5), находим решение уравнения (4)

$$v(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{A} \{ [AT_m(0) - B] e^{-At} + B \} \sin \frac{\pi m x}{L}. \quad (15)$$

Совершая обратный переход, согласно (2) получим решение уравнения (1)

$$c(x, t) = v(x, t) + c + \frac{x \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{L}.$$

Произведя все замены, окончательно получим

$$c(x, t) = c + \frac{x \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{L} + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \left[ \frac{4(c_0 - c)}{\pi m} \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{2 \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{\pi m} \cos \pi m - \frac{4L^2 Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin^2 \frac{\pi m}{2}}{D \pi^3 m^3} \right] \times \right. \quad (16)$$

$$\left. \times e^{-\frac{\pi^2 m^2}{L^2} t} + \frac{4L^2 Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin^2 \frac{\pi m}{2}}{D \pi^3 m^3} \right\} \sin \frac{\pi m x}{L},$$

где  $S$  — площадь поверхности купола;

$Q$  — количество воздуха, поступающего в купол;

$D$  — коэффициент диффузии;

$L$  — высота купола;

$x$  — текущая координата высоты;

$c$  — концентрация метана в куполе;

$t$  — время от начала образования купола;

$V$  — объем купола;

$q$  — интенсивность метановыделения с  $1 \text{ м}^2$  площади обнажения;

$n$  — коэффициент, зависящий от свойств пласта.

Выполненные расчеты показали, что для достижения приемлемой точности ( $\pm 5 \%$ ) достаточно ограничиться значением  $m = 10$ . Кроме того, под знаком суммы произведение многочлена в квадратных скобках, умноженное на экспоненту, невелико и им можно пренебречь, тогда расчетная формула упростится и примет вид:

$$c(x, t) = c + \frac{x \left( \frac{Sqt^{n-1}}{Q} - c \right)}{L} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{4L^2 Sq t^{n-1} \left( \frac{1}{V} - \frac{n-1}{Qt} \right) \sin^2 \frac{\pi m}{2}}{D \pi^3 m^3} \sin \frac{\pi m x}{L}. \quad (17)$$

Анализ выражения (17) показывает, что концентрация метана в куполах большой высоты нарастает неравномерно. На участках, прилегающих к контуру выработки, идет плавное ее увеличение, а в верхних точках купола концентрация метана резко увеличивается и может достигать 100 %. Таким образом, полученная зависимость дает возможность оценить распределение концентрации метана в куполах больших объемов с различным сроком их существования, образующихся при проведении подготовительных выработок, или в иных местах на газоопасных направлениях.

УДК 622.284(574.32)

А.С. САГИНОВ  
А.Е. МАГЗУМОВ**Исследования усилия закрепления анкерной крепи с патронированными быстротвердеющими составами в шахтных условиях**

В настоящее время в Карагандинском угольном бассейне для закрепления металлических анкерных стержней в шпурах применяются ампулы на основе смол. Составы для ампул на основе карбамидных смол являются относительно дешевыми, однако и менее прочными ( $\sigma_{сж}$  до 10-15 МПа). Более прочные (до 80-120 МПа) твердеющие составы — из полиуретановой и эпоксидной смолы, но они дорогие (в 3-5 раз даже при использовании в составах наполнителей).

В ТОО «ИПКОН» разработана ампула АЦД с быстротвердеющим составом на минеральной основе. В 2005 г. были проведены испытания опытной партии ампул на шахте «Шахтинская» УД АО «Миттал Стيل Темиртау». Конструкция ампулы на минеральной основе с быстротвердеющей смесью (рис. 1) состоит из длинномерной двухполостной полиэтиленовой оболочки, заполненной компонентами минеральной твердеющей смеси: внутренняя полость 2 — жидким компонентом, наружная 1 — сыпучим.

Испытания опытной партии ампул АЦД с быстротвердеющим составом на минеральной основе проводились при проведении пром. штрека 322 — Д<sub>б</sub> — Ц. Выработка проходила по пласту Д<sub>б</sub>, сечением в проходке 17,3 м<sup>2</sup>, в свету 14,4 м<sup>2</sup>. Ширина выработки — 5,57 м, высота — 3,79 м. Угольный пласт Д<sub>б</sub> в зоне испытаний характеризуется мощностью 4,15 м. Прочность угля на одноосное сжатие составляет 8,5 МПа.

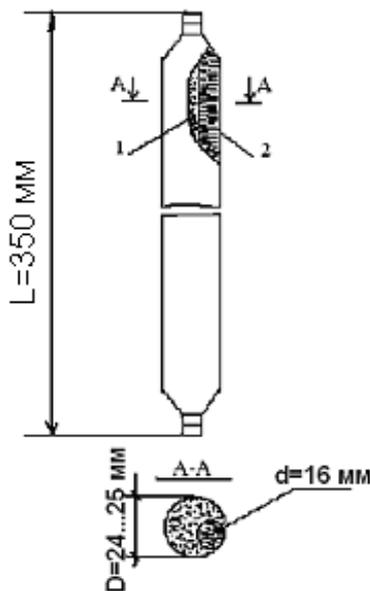


Рис. 1. Ампула АЦД

Непосредственная кровля представлена аргиллитами мощностью 3 м и прочностью 20 МПа. В основной кровле залегает мелкозернистый песчаник

мощностью до 9,0 м и прочностью 45 МПа. В непосредственной почве пласта находится слоистый алевролит мощностью 3,4 м и прочностью 45 МПа, ниже которого залегает аргиллит мощностью 3,5 м и прочностью 33 МПа. Средняя глубина разработки 500 м.

Крепление пром. штрека 322 Д<sub>б</sub> — Ц — комбинированное: металлическая крепь КМП — А3 в сочетании с анкерами. Плотность установки металлической арочной крепи — одна рама на погонный метр и семь анкеров в кровле выработки (рис. 2). Длина анкера 2,4 м, диаметр 22 мм. Затяжка кровли осуществлялась сеткой ММ.

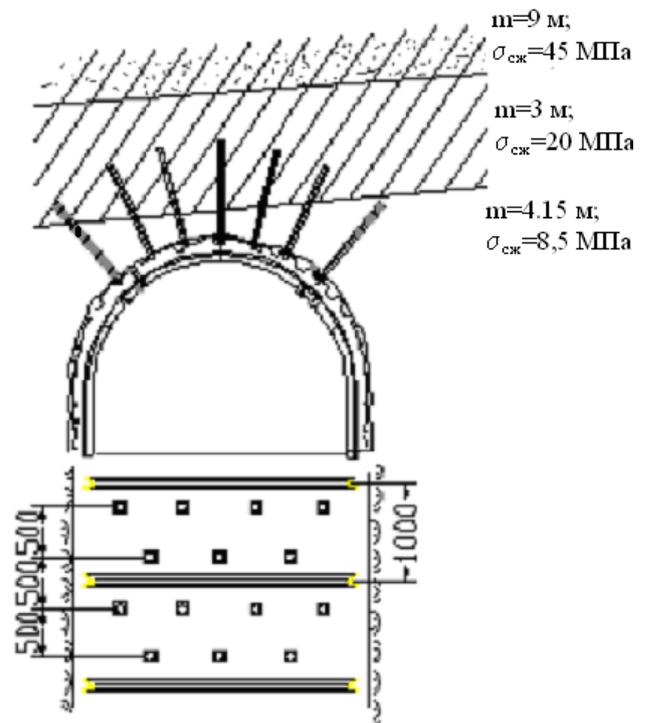


Рис. 2. Паспорт крепления

Для бурения и установки анкерной крепи в забое выработки применялся английский анкероустановщик «Супер-Турбо». Закрепление металлических стержней в шпуре производилось двумя ампулами АЦД диаметром 25 мм при диаметре шпура 30 мм и тремя ампулами диаметром 29 мм при диаметре шпура 35 мм. Усилие закрепления анкера в контрольных шпурах определялось через 10-20 минут и через 1, 7 и 24 суток. Измерения производились с помощью прибора ПКА с пределом измерения 110 кН.

При проведении пром. штрека за июль-август установлено 250 анкеров, закрепленных ампулами АЦД. Контрольная проверка усилия закрепления анкерных стержней в шпуре показала, что они

обладают несущей способностью свыше 100-110 кН (большее усилие ограничено пределом измерения прибора ПКА) через 10-20 минут после установки. Испытанию были подвергнуты 20 анкеров, установленных в шпурах диаметром 35 мм, и 20 анкеров, установленных в шпурах 30 мм. В ходе испытаний наблюдался рост несущей способности анкеров (рис. 3).

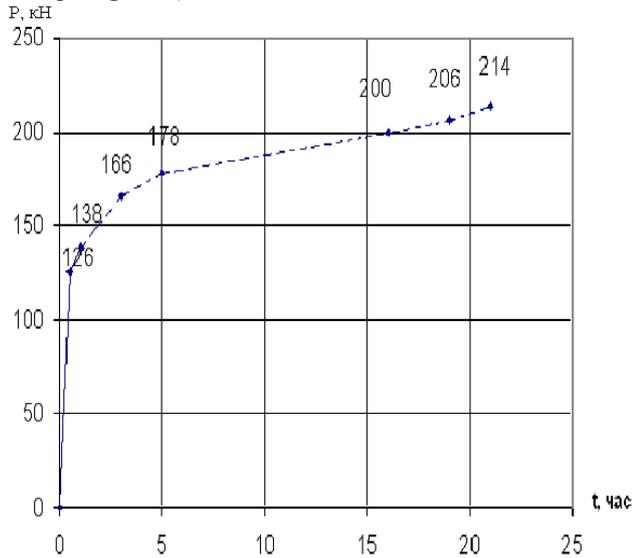


Рис. 3. Рост несущей способности анкера при установке двух ампул в шпур диаметром 30 мм:  
 — фактические замеренные величины;  
 - - - - - расчетные величины несущей способности

В ходе испытаний было пройдено 35 м выработки с закреплением анкерных стержней ампулами АЦД. Пром. штрек 322 дб — Ц — находится вне влияния опорного давления в зоне разгрузки. Наблюдательные реперные станции были установлены на пикетах: 1 (ПК 1+3 м), 5 (ПК 5), 16 (ПК 16+3 м). За время наблюдений смещения кровли не превысили 30 мм (рис. 4). Скорость смещений имеет тенденцию к затуханию, а время активных смещений не превышает двух месяцев. Репера, установленные на реперных станциях на глубине 2,5 и 4,5 м, имеют одинаковые смещения. Расслоений и вывалов породы на экспериментальном участке не наблюдалось. Выработка сохраняла устойчивость на протяжении всего времени наблюдений.

Таким образом, проведенные испытания показали,

что анкера, закрепленные минеральным составом ампул АЦД, имеют высокую несущую способность. Это позволило предотвратить расслоение кровли выработок. Кроме того, этот состав имеет следующие преимущества по сравнению с составами на основе различных синтетических смол: не токсичен, не боится влажных условий (допускает бурение шпуров с промывкой), имеет длительный срок хранения (свыше 12 мес.). Усилие закрепления анкерных стержней минеральной смесью ампул АЦД составило более 110 кН (через 10 минут после установки). Установленные усилия закрепления анкерных стержней ампулами АЦД превышают нормативные значения. Использование ампул АЦД позволяет увеличить межкольцевой зазор (разность диаметров шпура и анкерного стержня) до 13 мм. Ампулы АЦД, наполненные быстротвердеющей минеральной смесью, являются эффективным средством для закрепления металлических анкерных стержней в шпуре, обеспечивают высокую несущую способность анкера.

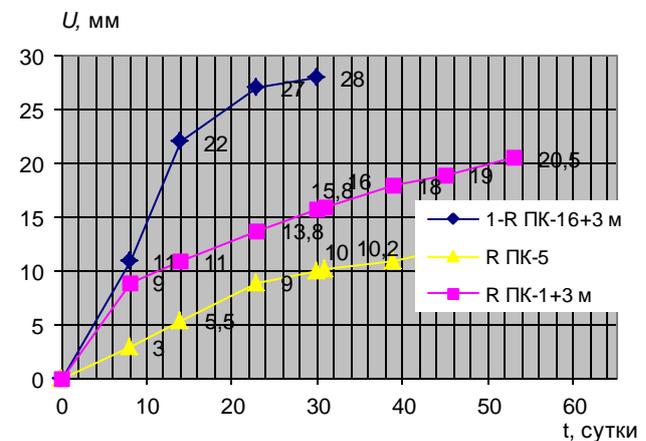


Рис. 4. Смещение кровли выработки (U) в пром. штреке 322 дб — Ц

УДК 622.284.74

Г.Д. ЗАДАВИН

### Экспериментальные исследования по определению несущей способности сталеполимерных анкеров

В зарубежной и отечественной практике применяют следующие конструкции анкеров: металлические анкера распорного типа, железобетонные анкера, сталеполимерные, анкера со штангами из полимерных материалов, податливые анкера, скользящие анкера и др. [1, 2]. Широкое применение в практике крепления горных выработок нашли сталеполимерные анкера [3, 4]. Принцип действия этих анкеров заключается в том, что патрон с

искусственной смолой и отвердителем устанавливается в шпур. В шпур вводится анкерная штанга, посредством которой патрон разрушается и шпур заполняется смолой, которая под действием отвердителя быстро затвердевает. Ввиду относительно короткого времени схватывания и высокой несущей способности анкерам этого типа отдается предпочтение перед железобетонными анкерами распорного вида.

При исследовании адгезии закрепляющих составов с горными породами необходимо определять адгезию в зависимости от состояния контактной поверхности породы, её влажности, прочности и температуры. Данные экспериментальных исследований [5] показывают, что из составов на полиэфирных смолах наибольшей адгезией с металлом обладает состав АЗ-3. Адгезия этого состава с гладким стержнем составляет 14,8-17,8 МПа. Адгезия закрепляющего состава с металлическим стержнем периодического профиля в 2-3 раза превышает адгезию с гладким стержнем. При этом закрепляющий состав главным образом работает на срез.

Удельная адгезия во всех случаях с увеличением длины закрепления уменьшается, что указывает на неравномерную работу закрепляющего состава по длине закрепления анкеров: отрыв анкера происходит со стороны приложения нагрузки и постепенно перемещается к концу участка закрепления.

Для исследований адгезии закрепляющих составов с горными породами принимались породы, имеющие преимущественное распространение на угольных месторождениях (аргиллит, алевролит, песчаник, уголь). Предел прочности пород на одноосное сжатие в основном не превышал 30-40 МПа. Испытания проводили на образцах, изготовленных из углебетона и гипсобетона. Эти образцы имитировали очень слабые породы (2-3 МПа). Данные опытов показаны на рис.1.

Проведённые исследования показали, что адгезия закрепляющих составов обуславливается прочностными свойствами пород. Особенно это характерно для пород с пределом прочности на одноосное сжатие до 10 МПа. Дальнейшее повышение прочности пород не оказывает существенного влияния на адгезию и составляет до 4 МПа (рис. 16). С этим утверждением можно не согласиться, т.к. результаты других опытов дают величины сцепления, которые отличаются от вышеприведённых. Поэтому и были проведены опыты по установлению влияния прочности пород и величины заделки анкера на адгезию.

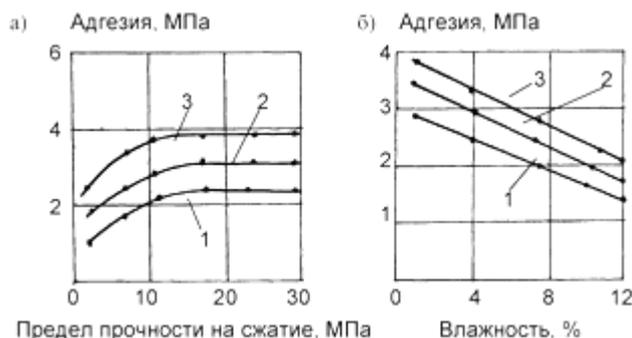


Рис. 1. Адгезия закрепляющего состава к горным породам: а) — от прочности пород; б) — от влажности: 1 — аргиллит; 2 — алевролит; 3 — песчаник

Основной целью экспериментальных исследований являлось изучение предельной несущей способности анкерного стержня диаметром 22 мм на выдёргивание в зависимости от прочности породы и

величины анкерной заделки. Опыты проводились в шахтных условиях. Физико-механические свойства породы были следующие: аргиллит средней крепости с прочностью на одноосное сжатие  $R_{сжс} = 8-15$  МПа; аргиллит неустойчивый с прочностью на одноосное сжатие  $R_{сжс} = 20-25$  МПа; аргиллит неустойчивый с прочностью на одноосное сжатие  $R_{сжс} = 30-35$  МПа.

Анкерные болты устанавливались в шпур диаметром 30 мм и закреплялись на определённой длине с помощью ампул КАКС-П. Испытания производились через 6 часов после заделки анкера. Нагрузка прикладывалась с помощью гидравлического испытательного прибора (рис. 2).

Методика проведения испытаний по определению несущей способности анкерной заделки была следующей. Качанием рукоятки рычага перекачивают масло из нижней части прибора в верхнюю часть: под давлением поршень отжимается вниз, увлекая за собой шток с анкером. Развиваемое давление в поршне цилиндра фиксируется манометром, показания которого с помощью переводной таблицы переводятся в выдёргивающее усилие в кН. Нагрузка повышалась ступенями и выдерживалась до стабилизации деформации, после чего производились необходимые измерения: показания манометра и индикатора. Затем нагрузка плавно повышалась до следующей степени. Величину степени нагружения назначали равной 1/5-1/10 от предельной. Результаты проведённых испытаний анкерных устройств фиксировались в журнале.

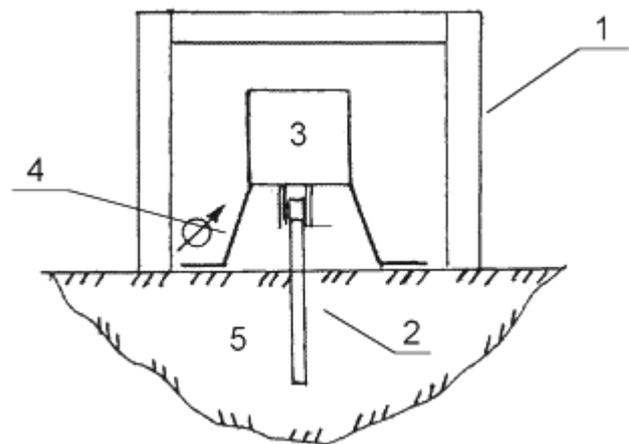


Рис. 2. Схема испытания анкера на выдёргивание: 1 — силовая рама; 2 — анкерный стержень; 3 — гидравлический испытательный прибор; 4 — индикатор; 5 — массив породы

Первоначально были проведены предварительные опыты, в результате которых устанавливалось влияние тех или иных факторов на несущую способность анкерной заделки. На основании результатов предварительных испытаний было установлено, что несущая способность анкера ( $Y$ ) зависит, главным образом, от прочности породы на сжатие ( $X_1$ ) и глубины заделки ( $X_2$ ).

Уровни факторов ( $X_1$ ,  $X_2$ ) и интервалы их варьирования определялись из конкретных условий выполнения экспериментов. В дальнейшем задача сводилась к тому, чтобы методами математического

планирования экспериментов выяснить, какие из факторов ( $X_1$ ), ( $X_2$ ) оказывают существенное влияние на величину максимальной несущей способности ( $Y$ ) анкера, а также определить степень этого влияния.

В качестве математической модели функции отклика выберем полиномиальную модель первой степени в виде:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n, \quad (1)$$

где  $b_0, b_1, b_2, b_n$  — коэффициенты модели, определяемые по результатам.

Процесс деформирования анкерной заделки при выдёргивающей нагрузке зависит от многих факторов и является сложной системой. Задача поиска оптимальных условий получения максимальной несущей способности, т.е. задача оптимизации, решается наиболее успешно с помощью планирования эксперимента. В качестве параметра оптимизации была выбрана несущая способность анкерного устройства.

На несущую способность анкерной заделки оказывают влияние глубина расположения анкерной заделки, прочность породы, диаметр скважины, угол внутреннего трения породы и др. Несущая способность анкера является функцией следующих параметров:

$$P = f \cdot (R_{сж}, l_3), \quad (2)$$

где  $R_{сж}$  — прочность породы на одноосное сжатие, МПа;

$l_3$  — величина заделки анкера за зону разрушения породы кровли, м.

Величина параметров, влияющих на несущую способность анкерной заделки, принималась следующая:

- прочность породы на сжатие, МПа — 25,0; 35,0; 45,0;

- величина заделки анкера, м — 0,2; 0,3; 0,4.

После реализации полного факторного эксперимента получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 37,5 + 10,0 \cdot x_1 + 12,5 \cdot x_2. \quad (3)$$

Таким образом, планирование эксперимента, проведённое на основе предварительных опытов, показало, что основными факторами, влияющими на несущую способность анкерного устройства, являются глубина заделки анкера за зону обрушения кровли, прочность породы на одноосное сжатие и в меньшей степени их произведение. В связи с этим в основной серии опытов была поставлена задача найти функциональную зависимость определения несущей способности анкерного устройства от указанных выше факторов.

За начало сдвига анкера относительно породы принято считать тот момент, когда нарастание смещений загруженного конца анкера резко увеличивается. Максимальная нагрузка, достигнутая при выдёргивании и соответствующая полному нарушению сцепления анкера с породой, фиксировалась при испытании по манометру и индикатору.

Было исследовано влияние на сцепление прочности породы и длины заделки анкера (рис. 3).

Результаты испытаний анкеров показывают, что начало сдвига анкера относительно породного массива, как и полное нарушение сцепления по контакту «порода-заделка», обуславливается в основном величиной пластических деформаций породы. Из графиков (рис. 3) следует, что с увеличением прочности породы или с увеличением длины заделки несущая способность анкера повышается. При этом длина заделки анкера на несущую способность имеет более существенное влияние по сравнению с прочностью породы.

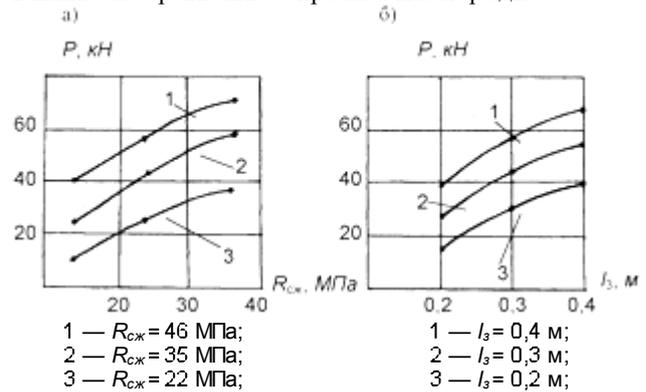


Рис. 3. Графики изменения несущей способности анкера в зависимости: а) — от прочности породы  $R_{сж}$ ; б) — от длины заделки  $l_3$

Во всех опытах разрушение анкерного крепления происходило по контакту «заделка-порода», т.е. по стенкам скважины. Поэтому сопротивление породы и прочность её сцепления с заделкой имеют решающее значение в обеспечении работы этого узла. На основании полученных результатов представлен график зависимости от её прочности (рис. 4), который аппроксимируется выражением:

$$\tau = 0,05 \cdot R_{сж}, \text{ МПа} \quad (4)$$

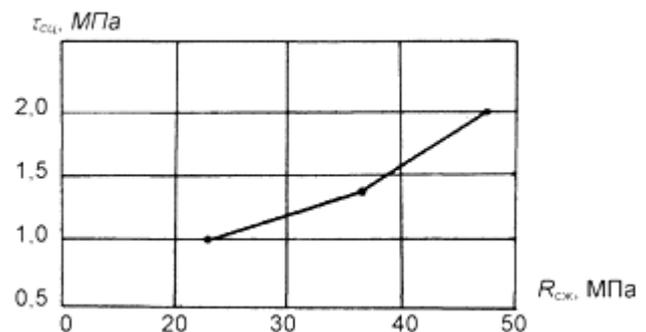


Рис. 4. График изменения сцепления по контакту «заделка-порода» в зависимости от прочности породы

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что для определения длины заделки анкера в породном массиве необходимо использовать эмпирическое выражение (4), согласно которому определяется величина сцепления по контакту «заделка-порода» в зависимости от прочности породы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якоби О. Практика управления горным давлением / Пер. с нем. М.: Недра, 1987. 566 с.
2. Дрижд Н. А., Задавин Г. Д., Булкин А. В. Опыт применения анкерной крепи в условиях шахты «Шахтинская». Караганда: ЦНТИ, 2005. 93 с.
3. Тимофеев О. В., Власов Н. И. Исследование и опыт промышленного применения сталеполлимерной штанговой крепи на шахтах СУБРа // Горный журнал. 1974. № 10. С. 26-28.
4. Дзауров М.А. Высокая несущая способность сталеполлимерной крепи // Шахтное строительство. 1981. №3. С. 29-31.
5. Мельников Н. И. Совершенствование и опыт применения анкерной крепи. М.: ЦНИЭИуголь, 1977. 45 с.

УДК 551.4035(23)

А.В. ЕГОРИНА

### Взаимосвязь ороклиматического барьера Большого Алтая с центрами действия атмосферы планетарного масштаба

Годовой и сезонный ход давления воздуха над северным полушарием обуславливается в основном положением и состоянием планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) и деятельностью двух наиболее мощных климатологических центров действия атмосферы, развитием и повторяемостью основных (зональной и меридиональной) форм атмосферной циркуляции [1].

Атмосферные колебания в режиме циркуляции северного полушария существенно отражаются и на циркуляции, развивающейся непосредственно над Алтаем, Западной Сибирью и Казахстаном. Прежде всего это сказывается на усилении западно-восточного переноса воздушных масс на континенте и приводит к усиленному поступлению влажных океанических масс воздуха в пределы Казахстана, а затем и на Алтай. Существенное влияние на циркуляционный фон Алтая оказывает меридиональная преобразованная планетарная циркуляция. Она обуславливает на территории Алтая адвекцию теплых, из пределов Средней Азии и Казахстана, либо холодных арктических воздушных масс через Западную Сибирь, чаще всего с Таймыра [2].

Барическое поле холодного полугодия формируется через взаимодействие факторов планетарного масштаба: Азиатского (сибирского) антициклона, в виде его мощного западного отрога, охлаждения поверхности суши и особенностей ороклиматического барьера пояса гор юга Сибири.

Условия орографии Большого Алтая оказывают немаловажную роль в создании режима атмосферного давления. Мощный орографический барьер Большого Алтая в существенной мере трансформирует все циркуляционные процессы северного полушария и накладывает яркие отпечатки на местные условия циркуляции в горной стране.

Особенности ороклиматического барьера Большого Алтая связаны с сезонностью атмосферной циркуляции, а в холодное полугодие прежде всего задаются сибирским антициклоном, центр которого почти совпадает с географическим центром материка. Примерно вдоль 50° параллели по широте хребтов Сарымсақты, Нарымского и Калбинского проходит ось западного отрога сибирского максимума. Эта полоса повышенного давления протягивается до южных районов Центральной Европы, представляя

четко выраженную климатическую границу и ветрораздельную линию на материке. В географической литературе она получила название «Большая климатическая ось континента» А.И. Воейкова. Интенсивность развития западного отрога сибирского антициклона определяется положением ПВФЗ [3].

Зимний характер циркуляции атмосферы и распределение барического поля над территорией Большого Алтая и сопредельными регионами устанавливается с ноября и сохраняется до марта, но перелом к зиме заметен уже в сентябре. Область сибирского барического максимума формируется в результате орографического, циркуляционного и термического факторов. Согласно Н.М. Калмыковой [4], в сентябре главную роль играет первый фактор, в октябре примерно одинаково действие первого и второго, в ноябре же ведущим фактором становится термический.

Начало формирования западного отрога сибирского максимума проявляется достаточно ощутимым понижением температуры воздуха, увеличением потоков восточной слагающей при выносе континентального арктического воздуха из Восточной Сибири, наблюдаются вторжения арктических воздушных масс с Таймыра.

В октябре центр сибирского антициклона очерчен изобарой 1026 мб. Он несколько смещен на юго-запад и располагается над Алтаем и Тувой. В этом месяце происходит резкое понижение температуры воздуха, увеличивается число и интенсивность полярных и ультраполярных вторжений, давление заметно растет в целом на материке.

В последующие месяцы, то есть в ноябре и декабре, рост давления над Алтаем и Казахстаном продолжается за счет усиления западного отрога азиатского центра действия атмосферы. В декабре максимум давления на Алтае — 1035 мб, а в центре антициклона 1040 мб, большая часть Казахстана очерчена изобарой 1024 мб. В декабре в основном завершается формирование зимнего режима давления воздуха, западный отрог сибирского максимума достигает наибольшего развития, пересекает Алтай и Казахстан с востока на запад. Наибольшие градиенты давления отмечаются в районе Алтая и бассейна р. Ишим.

В январе усиливается восточно-сибирский очаг антициклона, в частности, его северо-восточный отрог (предбайкальский, забайкальский, оймяконский антициклоны) [5,2]. Сохраняются области высокого давления над западными частями Большого Алтая и другими горными системами юга Казахстана: Джунгарским Алатау, Северным Тянь-Шанем. С февраля по март в целом сохраняется конфигурация изобар, но намечается повсеместное уменьшение давления, что обусловлено положительным изменением термических условий на континенте и изменением ПВФЗ.

К марту ось западного отрога смещается к северу, что обуславливает активизацию циклонической деятельности в предгорно-равнинной части, но сибирский антициклон тем не менее сохраняет свое планетарное значение, так как циклоническая и антициклоническая деятельность быстро сменяют друг друга.

Согласно А.А. Каминскому [6], апрель является месяцем перелома зимнего барического режима к летнему, хотя все же сохраняются некоторые черты зимнего режима давления. Начинается более интенсивный прогрев континента, ослабляется интенсивность фронтов, ПВФЗ смещается к северу. Ось отрога, пересекающая Саяны, Большой Алтай и Казахстан, также приподнимается к северу. Внутри отрога выделяется очаг повышенного давления с изобарой 1023 мб в районе верховий Иртыша, предгорий Алтая, Салаира и Кузнецкого Алатау, на Прииртышской равнине и востоке Казахского мелкосопочника (по линии Семипалатинск-Павлодар-Караганда). Южнее этой линии давление снижается от 1020 до 1017 мб, что связано с началом проявления летнего сезона среднеазиатской термической депрессии.

Итак, апрель — это месяц значительных колебаний давления в пределах Большого Алтая и начала перелома режима барического поля при сохранении основных его зимних черт и ветрового режима. В переходные сезоны года (сентябрь, апрель) в зоне сибирского антициклона над котловинными формами рельефа формируются самостоятельные области высокого давления. Под влиянием радиационного выхолаживания и гравитационного стока холодного воздуха в котловинах зимой давление воздуха выше, чем на окружающих их территориях, а температура воздуха внутри котловин оказывается намного ниже, чем на вышерасположенных склонах [7]. В апреле западный отрог сибирского антициклона начинает интенсивно разрушаться под влиянием частого выноса теплых воздушных масс с юга.

С режимом сибирского антициклона многие авторы [8, 9, 5, 2] связывают погодные условия значительной части Азии и условия атмосферной циркуляции над ней. Для ороклиматического барьера Большого Алтая, предгорий юга Западной Сибири и Казахстана считают, что формирование отрога сибирского барического образования — наиболее существенная особенность синоптических процессов зимы (в среднем около 50-60 % времени этого сезона удерживается антициклональный режим давления и погоды). Но расположение западного отрога

сибирского антициклона не остается зимой неизменным. При его ослаблении и смещении к юго-востоку происходят вторжения прогретого континентального воздуха с юга, поэтому временно в горном регионе может господствовать южный поток. В Южном и Горном Алтае в таких случаях характерны фёновые явления, но для каждого конкретного района они проявляются в зависимости от орографических, барьерных особенностей и типа циркуляции. Бывают зимы, когда сибирский отрог является явно доминирующим процессом, в частности, зима 2000-2001 г., и распространяется на запад вплоть до Центральной Европы, но встречаются зимы, когда активность этого отрога чрезвычайно ослаблена (ярким примером может стать зима 2001-2002 г.) [10]. Тем не менее, роль сибирского максимума для Большого Алтая, Казахстана и других районов Азии несколько преувеличивается.

Представление о его особой роли возникло из-за значительных величин давления в районе климатологического максимума [9]. Такая интенсивность сибирского барического максимума создает впечатление о его большой устойчивости. Анализ последовательного преобразования поля давления над Азией за зимний сезон показывает, что около одной трети этого времени районы обычного (климатического) расположения центральной части сибирского антициклона заняты циклонической деятельностью. Это же положение относится и к западному его отрогу [9, 5, 2].

По-нашему мнению, роль сибирского максимума можно обозначить через понятие «устойчивость изменчивости» его во времени и пространстве, которая выражается и внутри года, то есть сезонно, а также изменяется от года к году и по эпохам циркуляции [10]. Подобное состояние барического максимума могут подтвердить исследования Ф.Г. Жиляева [11] о том, что пространственная очаговая структура максимума не есть монолитное образование. Поэтому, вероятно, правильнее характеризовать особенности режима сибирского антициклона и его западного отрога, исходя из связи и зависимости от общей циркуляции атмосферы и, в частности, от циркуляции атлантико-евразийского сектора северного полушария.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагенгейм Г.Я. О колебаниях атмосферной циркуляции над северным полушарием // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. и геофиз. № 3. 1948. С. 36-42.
2. Сорочан О.Г., Петрушина Н.Ф. Характеристика свойств воздушных масс в Азии в зимний и летний сезоны // Тр. ГГО. Вып. 182. 1965. С. 53-60.
3. Бугаев В.А., Джорджио В.А. Планетарная высотная фронтальная зона // Тр. ЦИП. Вып. 25, 1951. С. 19-27
4. Калмыкова Н.М. О формировании сибирского антициклона // Метеорология и гидрология. № 4. 1957. С. 141-153.
5. Максимов И.В., Карклин В.П. Сезонные и многолетние изменения географического положения и интенсивности сибирского максимума атмосферного давления // Изв. ВГО. Вып. 4. 1969. С. 41-46.
6. Каминский А.А. Давление воздуха в СССР по месячным средним // Климат СССР. Ч. 2. Вып. 1 (с атласом). 1932. С. 32-66.
7. Воейков А.И. Климат области муссонов Восточной Азии // Зап. Русск. ГО. Вып. 5. 1948. С. 19-61.
8. Климат Казахстана / Под ред. С.А. Утешева. Л.: ГИМИЗ, 1959. С. 46-59.
9. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы и колебания климата Казахстана. Ч. 1 и 2. Л.: ГИМИЗ, 1964. 369 с.
10. Климат Юго-Западного Алтая / Под ред. А.В. Егориной. Усть-Каменогорск, 2002. 240 с.
11. Жилиев Ф.Г. Синоптические условия гололеда и ледяной корки: Информ. письмо № 10. Изд. УГМС Каз ССР. Алма-Ата, 1958. 19 с.

УДК 622.232.8

Г.С. ЖЕТЕСОВА  
О.М. ЖАРКЕВИЧ

## Определение технико-экономических показателей механизированной крепи «Глиник»

Обоснованное определение технико-экономических показателей крепи «Глиник» имеет первостепенное значение для оценки ее уровня качества. Конструктивные размеры крепи «Глиник» и ее технико-экономические показатели определяются горно-техническими условиями (табл. 1) [1].

Помимо показателей, указанных в табл. 1, к технико-экономическим показателям крепи относятся показатели технологичности, а именно:

- удельная трудоемкость изготовления крепи;
- удельная технологическая себестоимость изготовления крепи;
- удельная материалоемкость;
- относительная трудоемкость изготовления крепи;
- относительная себестоимость изготовления крепи.

Удельная трудоемкость изготовления крепи  $q_m$  определяется по формуле

$$q_m = T/B, \quad (1)$$

где  $T$  — трудоемкость изготовления крепи, равная 350 нормо-часам;

$B$  — основной параметр крепи (ширина секции —

1590 мм).

Удельная технологическая себестоимость изготовления крепи  $q_c$  определяется по формуле

$$q_c = C_m/B, \quad (2)$$

где  $C_m$  — технологическая себестоимость изготовления крепи, равная 2 000 000 тенге.

Удельная материалоемкость  $q_m$  определяется по формуле

$$q_m = M/B, \quad (3)$$

где  $M$  — масса готовой крепи, равная 8,3 т.

Относительная трудоемкость изготовления крепи  $T_{ов.р}$  определяется по формуле

$$T_{ов.р} = T_{в.р}/T, \quad (4)$$

где  $T_{в.р}$  — трудоемкость профилактического обслуживания или монтажа крепи, равная 45 нормо-часам.

Относительная себестоимость изготовления крепи  $C_{ов.р}$  определяется по формуле

$$C_{ов.р} = C_{в.р}/C_m, \quad (5)$$

где  $C_{в.р}$  — суммарная себестоимость ремонтов или

суммарная себестоимость профилактического обслуживания крепи, равная 400 000 тенге.

Результаты расчетов показателей технологичности крепи приведены в табл. 2.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРЕПИ «ГЛИНИК»

Наименование	Значение
Удельное сопротивление крепи: - на 1 м <sup>2</sup> поддерживаемой площади, кН/м <sup>2</sup> ; - на 1 м лавы, кН/м	300 480
Коэффициент начального распора	0,4
Коэффициент гидравлической раздвижности	1,5
Удельное сопротивление на конце передней консоли перекрытия, кН/м	115
Рабочее сопротивление стойки, кН	1300
Шаг установки, м: - комплектов секций; - секций в комплекте	3,0 1,5
Шаг передвижки, м	0,65
Скорость крепления, м <sup>2</sup> /мин	5,0
Усилие при передвижке, кН: - крепи; - конвейера	339 188
Давление питания, МПа	30
Давление срабатывания предохранительного клапана гидростойки при номинальном сопротивлении секции, МПа	40
Коэффициент затяжки кровли	0,75
Максимальное давление на почву, МПа	1,3
Максимальное давление на кровлю, МПа	0,48
Габаритные размеры, м: - максимальная высота крепи; - минимальная высота крепи; - ширина; - длина	2,2 0,8 1,59 5,14
Рабочий диапазон крепи, м	1,0-2,0
Масса секции, т	8,3

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КРЕПИ «ГЛИНИК»

Наименование	Значение
Удельная трудоемкость изготовления крепи $q_m$ , нормо-часов/мм	0,0126
Удельная технологическая себестоимость изготовления крепи $q_c$ , тенге/мм	1257,8
Удельная материалоемкость $q_m$ , т/мм	0,0052
Относительная трудоемкость изготовления крепи $T_{о.в.р}$	0,128
Относительная себестоимость изготовления крепи $C_{о.в.р}$	0,20

Показатели технологичности характеризуют эффективность конструктивно-технологических решений при производстве и эксплуатации крепи [2]. Также в совокупность технико-экономических показателей крепи «Глиник» входят показатели надежности, расчет которых приведен ниже.

В теории надежности такие сложные ремонтируемые объекты, как крепь, которая работает при наличии потока отказов  $\hat{\lambda}_1$  и восстановлений  $\hat{\lambda}_2$ , рассматриваются после устранения очередного отказа

и до следующего отказа как самостоятельный объект выборки  $N$ , не ремонтируемый и не заменяемый новым. Такое рассмотрение позволяет определить минимально необходимое число интервалов безотказной работы  $N_p$ , до достижения которого следует производить наблюдения за работой крепи.

Имея в виду вышеизложенное, определим параметры закона распределения времени безотказной работы и времени восстановления крепи «Глиник», а также доверительные границы характеристик надежности крепи по результатам хронометражных наблюдений на шахте им. И.А. Костенко, если наблюдением в течение недели установлено, что имело место  $N = 9$  отказов с суммарным временем ремонта  $\sum t_{np} = 60$  мин.

При расчете принимаем, что никаких других простоев крепи не было. Общее время наблюдения при 40-часовой рабочей неделе и двухсменной работе составляет  $t_{набл} = 80$  ч.

Суммарное время безотказной работы определяется по формуле

$$\sum t_p = t_{набл} \quad (6)$$

Подставив значения в формулу (6), суммарное время безотказной работы крепи составляет 79 ч.

Для определения точечных оценок параметров потока отказов  $\hat{\lambda}_1$  (в час) и потока восстановлений  $\hat{\lambda}_2$  (в минуту) используем формулы:

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{N_p}{N_p} \cdot \sum_{i=1}^{N_p} t_{p,i} \quad (7)$$

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{N_a}{N_a} \cdot \sum_{i=1}^{N_a} t_{p,i} \quad (8)$$

Подставив значения в формулы, имеем:  $\hat{\lambda}_1 = 0,11$ ;  $\hat{\lambda}_2 = 0,15$ .

Односторонние доверительные границы параметра количества отказов в час с вероятностью  $\beta$  определяют по формулам:

$$\lambda_i = \hat{\lambda}_1 \frac{\chi_{P,n}^2}{2N} \quad (9)$$

$$\lambda_a = \hat{\lambda}_1 \frac{\chi_{P,n}^2}{2N} \quad (10)$$

где  $\lambda_i, \lambda_a$  — нижняя и верхняя доверительная граница;

$\hat{\lambda}$  — точечная оценка потока отказов;

$\chi_{1-\beta,2N}^2, \chi_{\beta,2N}^2$  — квантиль распределения  $\chi^2$ ;

$P$  — доверительная вероятность (при определении нижней границы  $P = 1 - \beta$ , при определении верхней границы  $P = \beta$ );

$\beta$  — принятая доверительная вероятность;

$n$  — число степеней свободы ( $n = 2N$ );

$N$  — число интервалов наблюдений (число отказов).

Для определения доверительных границ показателей надежности необходимо найти по ГОСТ 27.503-81 [3] квантиль  $\chi^2_{P,n}$  для распределения  $\chi^2$ .

Принятая доверительная вероятность  $\beta = 0,9$ .

Следовательно, для значений  $P = 1 - \beta = 1 - 0,9 = 0,10$ ,  $P = \beta = 0,9$  и  $n = 2N = 2 \times 9 = 18$  квантили равны:

$$\chi^2_{P,n} = \chi^2_{1-\beta,2N} = \chi^2_{0,10;18} = 10,09;$$

$$\chi^2_{P,n} = \chi^2_{\beta,2N} = \chi^2_{0,90;18} = 26,0.$$

Подставив значения в формулы (9), (10), имеем:  $\lambda_{1,n} = 0,07$ ,  $\lambda_{1,g} = 0,16$ .

Тогда точечное значение средней наработки на отказ, по данным недельного наблюдения, равно:

$$\hat{T}_0 = \frac{1}{\hat{\lambda}_1} = \frac{1}{0,11} = 9,1 \div = 546 \text{ мин.}$$

Находим нижнюю и верхнюю границу — доверительные границы среднего времени безотказной работы:

$$\hat{\Delta}_{i,f} = \frac{1}{\lambda_{1,f}} = \frac{1}{0,16} = 6,25 \div = 375 \text{ мин.}$$

$$\hat{\Delta}_{i,g} = \frac{1}{\lambda_{1,g}} = \frac{1}{0,07} = 14,3 \div = 858 \text{ мин.}$$

Найденные доверительные интервалы 375-858 мин с доверительной вероятностью 90 % покрывают

истинное значение средней наработки на отказ  $\hat{\Delta}_0$ . Аналогично находят доверительные интервалы среднего времени восстановления  $\hat{\Delta}_a$ . Подставив значения в формулы (9), (10), получаем нижнюю и верхнюю границу потока восстановлений  $\hat{\lambda}_2$  (в минуту):

$$\lambda_{2,f} = 0,15 \cdot \frac{10,9}{18} = 0,09;$$

$$\lambda_{2,g} = 0,15 \cdot \frac{26,0}{18} = 0,22.$$

Тогда точечное значение среднего времени восстановления, по данным недельного наблюдения, равно:

$$\hat{T}\hat{a} = \frac{1}{\hat{\lambda}_2} = \frac{1}{0,15} = 6,7 \text{ мин.}$$

Нижняя и верхняя доверительные границы среднего времени восстановления равны:  $T_{g,n} = 4,5$  мин,  $T_{g,g} = 11,1$  мин. Следовательно с вероятностью 90 % можно утверждать, что среднее время восстановления  $\hat{T}_a$  находится в границах  $T_{g,n} = 4,5$  мин и  $T_{g,g} = 11,1$  мин. Полученные доверительные границы можно сузить, если продлить наблюдение за работой крепи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник ограждающей крепи лавы ГЛИНИК-08/22 — ОзК. — Горлице, 1986. 150 с.
2. Жетесова Г.С. Основы квалиметрии: Учеб. пособие / Г.С. Жетесова, А.Ш. Жунусова. Караганда: КарГТУ, 2003. 65 с.
3. ГОСТ 27.503-81 Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Методы определения точечных оценок показателей по результатам наблюдений.

УДК 621.9

Р.М. МУХАМАДЕЕВА

### Математическая модель натяга, допустимого пределом деформации при комбинированной обработке

Комбинированная обработка, совмещающая процесс резания и пластического деформирования, создает упрочнение и повышение механических характеристик материала детали, что благоприятно сказывается при ее эксплуатации. При поверхностном пластическом деформировании отверстий в деталях типа втулок и труб изменяются все размеры заготовки: увеличиваются наружный диаметр и диаметр отверстия, утоньшается стенка и изменяется длина. Эти изменения зависят от размеров заготовки, условий взаимодействия инструмента с изделием, геометрических параметров деформирующих элементов и степени деформации. Спрос на сплавы марганца, выплавляемые из казахстанских низкофосфористых концентратов, возрастает, наращиваются объемы добычи марганцевых руд. За последние двенадцать лет наблюдается подъем уровня погашения запасов (рост объема добычи) с 330 тыс. т

в 1991 г. до 2930,0 тыс. т в 2003 г., т.е. добыча марганцевых руд горно-добывающей отраслью Казахстана увеличилась в 8,5 раз [3].

Результаты исследований ряда авторов [1, 2, 3], пытавшихся теоретически получить уравнения, по которым можно было бы рассчитать изменения размеров обрабатываемых заготовок при ППД, не являются окончательными и допускают значительные расхождения с практически полученными размерами.

Изменения размеров зависят от размеров заготовки, условий взаимодействия инструмента с изделием, геометрических параметров деформирующих элементов и степени деформации. Деформация по толщине стенки детали распределяется неравномерно, так как у обработанной поверхности в процессе трения создается слой текстуры с очень высокими степенями деформации и по сравнению с остальным металлом повышенным

упрочнением. Толщина слоя с повышенной твердостью зависит от величины натяга, вида смазки, материала детали и толщины стенки. Глубина упрочненного слоя определяется удельным давлением на контактной площади и ее размерами. Степень же упрочнения зависит только от давления.

В теории пластической деформации разработаны экспериментальные и экспериментально-расчетные методы определения напряжений в пластической области:

- 1) метод делительных сеток;
- 2) метод оптически активных покрытий;
- 3) метод фотопластичности;
- 4) метод месдоз;
- 5) метод линий скольжения.

Метод делительных сеток — наиболее наглядный при определении качественной картины деформаций. Однако низкая точность этого метода при определении сравнительно малых деформаций во внутренних областях исследуемого образца не позволяет его применить при комбинированной обработке.

Метод оптически активных покрытий повышает точность определения малых деформаций, но сложность определения деформаций во внутренних областях образцов является его органическим недостатком.

Метод фотопластичности этих недостатков лишен, но требует специального оборудования, материалов и изготовления точных моделей, что затрудняет его применение.

Метод месдоз — экспериментальный метод определения контактных давлений. Однако монтировать месдозы достаточно сложно из-за малых размеров инструментов.

Для экспериментальной проверки результатов теоретического исследования влияния конструктивных параметров комбинированного инструмента на качество обработанной поверхности использовалась разъемная модель детали. Обработка велась на вертикально сверлильном станке. Измерение деформаций производилось с помощью цифрового тензометрического моста ЦТМ-5. С целью преобразования единиц относительной деформации (1 ЕОД =  $10^{-6} \Delta l/l$ ) в измерении наружного диаметра производилось тарирование измерительного прибора. Для определения качества поверхностного слоя были проведены измерения микротвердости прибором ПМТ-3 и высоты неровностей микроинтерферометром МИИ-4.

ЦТМ-5 предназначен для измерения деформаций в деталях и узлах машин, конструкций и т.п. при помощи тензорезисторов, включаемых по полумостовой схеме. Диапазон измерений от 0000 до 3999x5 ЕОД — единиц относительной деформации, цена одной единицы дискретности показаний прибора 5 ЕОД, время одного измерения не более 1,2 с., питание от сети переменного тока напряжения  $220^{+22}_{-33}$  В, частотой  $50 \pm 1$  ГЦ, сопротивление применяемых тензорезисторов от 50 до 200 Ом, основная погрешность показаний прибора не более 20 ЕОД.

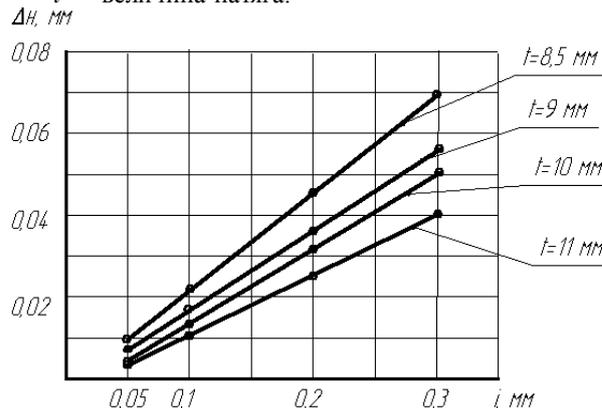
При исследовании влияния натяга на деформацию детали использовались заготовки с различной толщиной стенки. Результаты экспериментальных исследований влияния натяга на увеличение наружного диаметра приведены в табл. 1.

В ходе эксперимента было получено семейство характеристик (рисунок). Проведенная линейаризация полученных результатов имела отклонение от средней характеристики 1..2 %, что позволило ввести коэффициент изменения размеров ( $a$ ), тогда

$$tg a = \Delta H/i, \quad (1)$$

где  $\Delta H$  — изменение наружного диаметра;

$i$  — величина натяга.



Влияние натяга на характеристику обработки

Максимальная величина натяга, допустимая параметром шероховатости, может быть абсолютно не допустима степенью деформации наружного диаметра тонкостенной детали.

Таблица 1

ВЛИЯНИЕ НАТЯГА НА УВЕЛИЧЕНИЕ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА

$i$ , мм	$\Delta H$ , мм			
	$t = 8,5$ мм	$t = 9$ мм	$t = 10$ мм	$t = 11$ мм
0,05	0,01	0,008	0,006	0,004
0,1	0,025	0,02	0,015	0,013
0,2	0,045	0,035	0,03	0,028
0,3	0,07	0,055	0,05	0,04
0,4	0,085	0,07	0,06	0,055

Как видно, изменение наружного диаметра от натяга имеет прямую зависимость. Коэффициент  $a$  является функцией толщины, поэтому нашей задачей стало связать этот коэффициент с толщиной стенки детали. Для этого надо было получить аналитическую зависимость толщины стенки от коэффициента изменения размера (табл.2).

Таблица 2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА А ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ С ОПРЕДЕЛЕННОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ, Т

Толщина стенки $t$ , мм	11	10	9	8,5
Значение коэффициента $a$	0,1333	0,1666	0,1833	0,2333

Использовался метод наименьших квадратов, чаще всего применяемый при обработке

статистических данных и основанный на минимизации дисперсии.

Данный метод математической статистики позволил получить аналитические зависимости:

$$t = 20,932 \cdot a^{-4,425a}; \quad (1^*)$$

$$t = 3,655 \cdot a^{-0,536}; \quad (2^*)$$

$$t = 5,655 + \frac{0,579}{a}; \quad (3^*)$$

$$t = \frac{1}{0,422a + 0,036}. \quad (4^*)$$

С использованием программы Excel рассчитаны значения толщины для любого коэффициента изменения размера из диапазона от 0,1 до 0,3.

Выбрав за контрольные точки значения коэффициента из табл. 2, получим величину расхождения результатов (табл. 4).

Как видно из таблицы, более точной является формула (4\*).

Тогда величина толщины стенки:

$$t = \frac{1}{0,422a + 0,036}. \quad (2)$$

Следовательно, определение величины натяга, допустимого изменением наружного диаметра, возможно

$$i = \frac{0,422 \cdot \Delta H \cdot t}{1 - 0,036 \cdot t}. \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой установленную математическую модель натяга, допустимого пределом деформации при комбинированной обработке. При этом величина натяга является функцией толщины стенки изделия, что позволяет использовать эту зависимость для обеспечения прогнозируемых качественных характеристик поверхностного слоя. Эта зависимость применима только для деталей с отношением  $D_0/d_0 \leq 1,6$ . Зависимость была проверена на контрольных точках и на точках, не вошедших в эксперимент. Расхождение не превысило 3 % (рис. 2).

На величину собственной случайной погрешности при комбинированной обработке наибольшее влияние может оказать непостоянство механических свойств материала заготовок. Например, колебания предела текучести в партии заготовок  $T(\sigma_T) = 200$  МПа при диаметре  $d_0 = 40$  мм,  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа может привести к возникновению случайной погрешности операции  $d_0/E \cdot T(\sigma_T) = 40$  мкм. Поэтому для повышения точности можно рекомендовать предварительную термическую обработку, обеспечивающую стабильные механические свойства материала [3].

Из-за неодинаковых условий пластического деформирования отверстия в цилиндрах на расстоянии 2-4 мм от торцов имеют диаметр, отличающийся на 0,02-0,1 мм от диаметра на остальной длине цилиндра (у толстостенных деталей диаметр увеличивается, у тонкостенных — уменьшается). В связи с этим целесообразно вести изготовление длинных заготовок и затем разрезать их на отдельные детали.

Для вновь проектируемого процесса часто возникает необходимость проведения экспериментальной проверки размеров комбинированного инструмента. С учетом фактических значений размеров отверстий и свойств обрабатываемого материала может проводиться корректирование величины натяга деформирующего элемента развертки.

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ

Коеф. <i>a</i>	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3
ф-ла (1)	13,488	12,353	11,313	10,361	9,489	8,691	7,959	7,29	6,676	6,114	5,6
ф-ла (2)	12,079	10,955	10,086	9,389	8,815	8,331	7,916	7,555	7,238	6,956	6,704
ф-ла (3)	11,445	10,48	9,79	9,27	8,87	8,55	8,286	8,067	7,881	7,722	7,585
ф-ла (4)	12,787	11,542	10,517	9,659	8,932	8,305	7,761	7,284	6,82	6,486	6,15

Таблица 4

ВЕЛИЧИНА РАСХОЖДЕНИЯ

Толщина стенки	Значение коэффициента <i>a</i>	Ф-ла (1*)	Ф-ла (2*)	Ф-ла (3*)	Ф-ла (4*)
8,5	0,2333	8,136783	7,437565	7,670904	7,50743
9	0,1833	8,813756	8,82203	8,729589	9,35256
10	0,166	9,142952	9,429337	9,205999	10,09142
11	0,133	10,00838	10,8547	10,36727	11,66655
Ср. значение расхождения		1,654413	1,847394	2,05169	0,381949

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Розенберг А.М., Розенберг О.А. О раздаче трубных заготовок внутренним давлением // Прикладная механика. 1976. №10. С. 133-137.
2. Монченко В.П. Обработка отверстий с большими натягами в деталях втулок. Технология обработки давлением. М.: НИИМАШ, 1965. 126 с.
3. Шнейдер Ю.Г. Технология финишной обработки давлением. СПб.: Политехника, 1998. 412 с.

УДК 531+681

А.З. ИСАГУЛОВ  
С.Ш. КАЖИКЕНОВА

**Математическое моделирование течения расплава меди**

В связи с потребностями металлургической промышленности возник значительный интерес к методам интегрирования уравнений гидродинамики, являющихся уравнениями составного типа. Численное моделирование сложных течений высокотемпературных расплавов в технологическом оборудовании стало возможным путем решения уравнений Навье-Стокса. Рассмотрим течение расплава в наклонном желобе плавильного оборудования линии SCR-2000 (рис. 1).

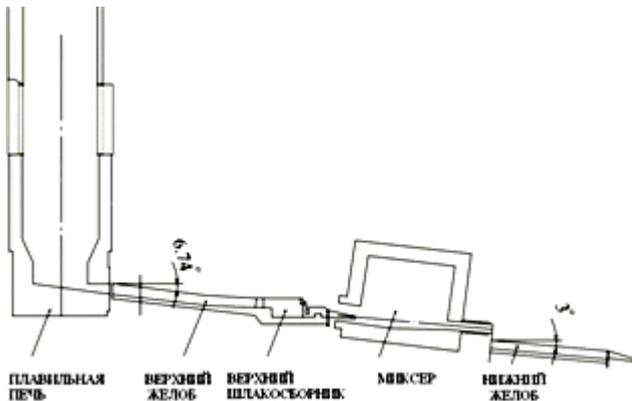


Рис. 1. Эскиз расположения плавильного оборудования линии SCR-2000

Уравнения Навье-Стокса для течения расплава меди в нижнем желобе с углом наклона  $3^\circ$  можно трактовать и записать следующим образом. Направим ось  $Oz$  по оси желоба, предполагая, что конструкция желоба бесконечно длинная, а поток расплава направлен вдоль оси желоба так, что из трех компонентов скорости  $u, v, w$  остается лишь один  $w$ , поэтому  $u=0, v=0$ . Пусть поток расплава будет изотермическим, тогда плотность  $\rho$  и коэффициент вязкости  $\mu=const$ . Следовательно, уравнения Навье-Стокса запишем в виде:

$$\begin{aligned}
 -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0, \\
 -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0, \\
 w \frac{\partial w}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \gamma \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \\
 \frac{\partial w}{\partial z} &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Как видно из системы уравнений (1), скорость  $w$  представляет функцию только от координат  $x, y$ , кроме того, функция давления  $p$  является функцией от  $z$ . На основании (1) получаем уравнение:

$$\frac{dp}{dz} = \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right). \tag{2}$$

Правая часть уравнения (2) представляет функцию от  $x, y$ , тогда как левая часть является функцией  $z$ . Из основных положений гидродинамики следует:  $dp/dz = -\Delta p/l$ , где  $\Delta p$  — падение давления на произвольно выбранном участке,  $l$  — длина желоба. Кроме того, благодаря наличию свободной поверхности расплава в желобе давление равно атмосферному. Поскольку желоб наклонен к горизонту под некоторым углом  $\alpha$ , то возникает объемная сила, проекция которой на ось  $Oz$  равна  $F_z = g \sin \alpha = \Delta p/l$ .

Тогда уравнение движения (2) в направлении  $Oz$  примет вид:

$$\mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \rho g \sin \alpha = 0. \tag{3}$$

Для решения полученного уравнения необходимы граничные условия. Эти условия будут определяться прилипанием расплава к дну желоба и отсутствием трения на свободной поверхности расплава. Обозначим глубину потока через  $h_2$ , а ширину желоба через  $h_1$ . Тогда граничные условия задачи записываются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 w &= 0 \text{ при } y = 0, \\
 \frac{\partial w}{\partial y} &= 0 \text{ при } y = h_1, \\
 \frac{\partial w}{\partial x} &= 0 \text{ при } x = h_2.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Таким образом, уравнение (3) с граничными условиями (4) будет описывать процесс течения расплава в конкретных конструкциях типа желоба. Сечение нижнего желоба представлено в соответствии с рис. 2 и в нем показан уровень расплава. Численные параметры определены по следующим расчетам:

площадь сегмента есть  $S = \frac{[lr - a(r-h)]}{2}$ , где  $\alpha$  — хорда (83 мм),  $h$  — стрела (18 мм),  $r$  — радиус сегмента (57,5 мм),  $l$  — длина дуги ( $l \approx \sqrt{a^2 + (16h^2/3)}$  = 92,8 мм).

Следовательно, 
$$S = \frac{\left[ 92,8 \cdot \frac{115}{2} - 83 \left( \frac{115}{2} - 18 \right) \right]}{2} = 1029 \text{ мм}^2.$$

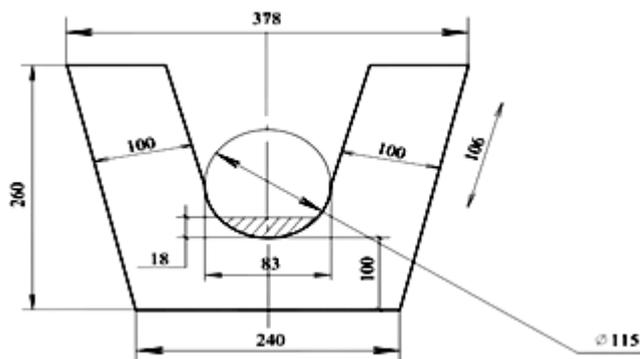


Рис. 2. Сечение нижнего желоба

Тогда секундный расход расплава составляет  $Q=3,61$  кг/с. С учетом этого можно определить среднюю скорость течения расплава, которая равна  $v_{cp}=0,45$  м/с. В расчетах использовались постоянные размеры шагов  $\Delta x=\Delta y=0,02$ . Временной шаг в расчетах был выбран равным  $\Delta t = 0,001$ .

Распределение скоростей течения в нижнем желобе при температурах 1358, 1398, 1438, 1478, 1518, 1558, 1598, 1638 К в проекциях на плоскость XOY и также в пространстве XYZ представлены в соответствии с рис. 3. Видно, что линии постоянной скорости, то есть изотакхи, меняются от 0,64 до 0,01 м/с. Причем максимальная скорость течения достигается на самой поверхности, а на дне желоба она практически равна нулю. То есть полностью согласуется с условиями уравнений (4). Средняя величина изолинии скорости примерно равна средней скорости течения расплава  $v \approx 0,40$  м/с. Шаг расчета для всех температур оставался постоянным.

По логике построения изолиний количество их должно оставаться постоянным. Но в данном случае

ситуация другая. Число изолиний при соответствующих температурах следующее:

T, К	1358	1398	1438	1478	1518	1558	1598	1638
n — число изолиний	19	21	23	24	26	28	12	12

Эти данные показывают, что число изолиний проходит через максимум при температуре 1558 К. При меньших температурах, например при 1358 К, а также при больших температурах, например при 1598 К, распределение скоростей не так плотно. Это, возможно, связано с тем, что расплав вблизи температуры плавления неоднороден из-за существования в нем кластерных образований. А неоднородность при температурах 1598 К и выше связана с тепловым разрыхлением структуры расплавленного металла.

Данный метод расчета может быть непосредственно применен, например, для расчета движения расплава меди при розливе из конвертеров, из анодных печей, а также в линии непрерывного литья и прокатки при производстве медной катанки. Нужно сказать, что неоднородность при 1598 К и более не является технологически целесообразной, поскольку связана с тепловым разрыхлением, что приводит к образованию механических дефектов готовой продукции.

Примечательно, что эта температура близка к оптимальной температуре литья розлива меди на СП «Казкат» в Жезказгане.

Таким образом, теоретические выкладки по расчету оптимальной температуры текучести (вязкости) в равновесной системе и с учетом скорости движения расплава являются согласованными, находясь в интервале оптимума 1423-1558 К, близкого к температурам реального движения расплавов в промышленных условиях.

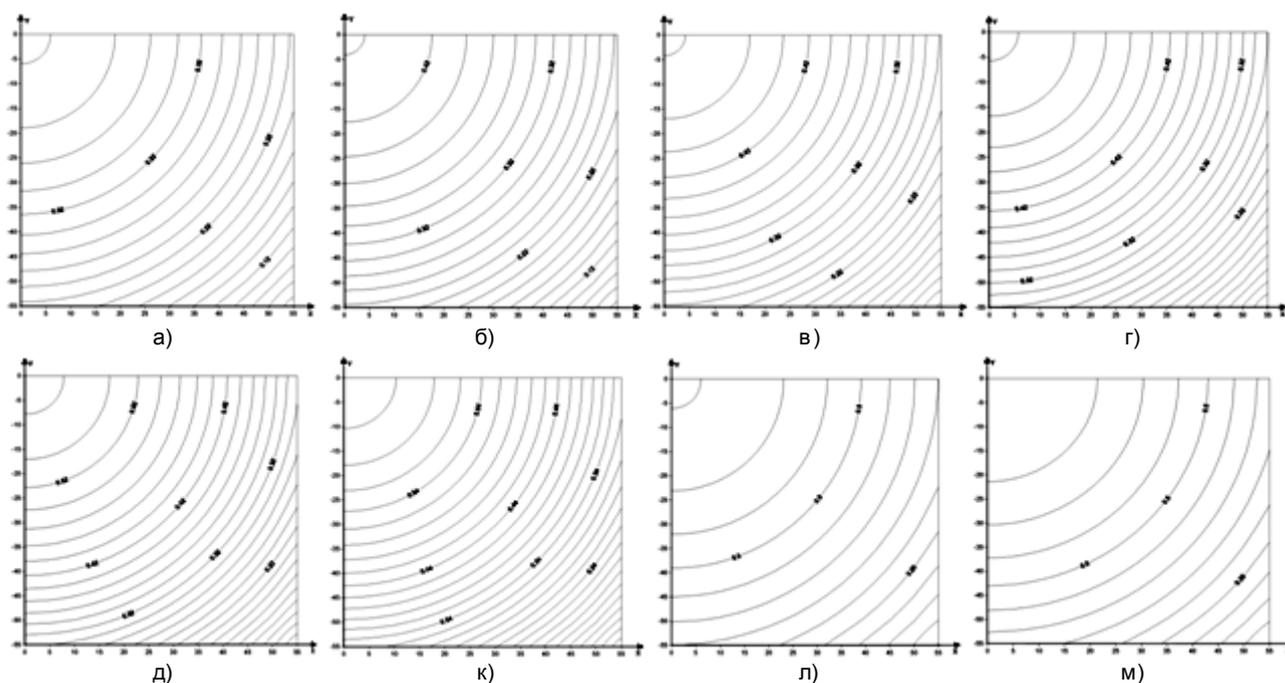


Рис. 3. Изолинии скорости — а), б), в), г), д), к), л), м) при температурах 1358 К, 1398 К, 1438 К, 1478 К, 1518 К, 1558 К, 1598 К, 1638 К, соответственно

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кажикенова С.Ш.  $\varepsilon$ -аппроксимация температурной модели неоднородных жидкостей с учетом диссипации энергии // Вестник КазНУ. Сер. мат., мех., инф. 2002. №3 (31). С. 96-98.
2. Нурмагамбетова А.М., Кажикенова С.Ш., Абдрахманов Б.Т. Вязкость и текучесть расплава меди с точки зрения концепции хаотизированных частиц // Вестник КазНУ. Сер. Химия. 2005. № 4. С. 113-122.

УДК 621.771.23

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ  
М.А. ЗИМАКОВА

### Исследование влияния технологических параметров прокатки на распределение механических свойств марки стали X60 по длине горячекатаных полос

Для горячекатаного проката, предназначенного для производства труб, требования к механическим свойствам более жесткие, чем к конструкционному прокату.

На механические свойства горячекатаных полос влияет много факторов:

- химический состав стали;
- температурные режимы конца прокатки и смотки;
- деформационные и скоростные режимы прокатки и режимы охлаждения полос на отводящем рольганге;
- нагрев слябов в методических печах.

Дополнительными условиями являются: углеродный эквивалент, характеризующий свариваемость материала; испытания на удар при температуре, соответствующей наиболее низкой температуре региона, где будет эксплуатироваться трубопровод; соотношения между пределом прочности и пределом текучести. Одним из основных требований, предъявляемых к трубным сталям, является обеспечение химического состава и механических свойств по длине и ширине горячекатаных полос. Для получения таких данных на УД АО «Миттал Стил Темиртау» в соответствии с существующим заказом прокатали партию металла марки X60 ( $C$  — 0,08 %;  $Mn$  — 1,3 %;  $Si$  — 0,3 %;  $P$  — 0,010 %;  $S$  — 0,003 %,  $N$ —0,004 %;  $Nb$  — 0,04 %) толщиной 6 мм.

Минимальную температуру нагрева слябов профилем 200x1300 мм в методических печах определили из условия полного растворения в аустените карбидов и карбонитридов ниобия. Длительность томления 210 мин при температуре 1250-1280 °С выбирали из учета того, что перепад температур по сечению сляба не должен превышать 30 °С. Прокатку полос толщиной 6 мм производили с температурой конца прокатки 860-900 °С и температурой смотки полос 630-670 °С.

Для проведения анализа распределения механических свойств по длине и ширине полосы образцы отбирались в соответствии со схемой (рис. 1). Для этого рулон порезали листами на агрегате поперечной резки. Отбор карт производили из пяти

мест по длине полосы и из трех мест по ширине полосы.

Произведенный анализ химического состава полученных образцов показал, что распределение содержания химических элементов по длине и ширине полос очень равномерное, следовательно, на равномерность распределения механических свойств будет оказывать влияние не только распределение температур конца прокатки и смотки, а также разница охлаждения по длине, ширине и толщине полос.

При опытной прокатке марки X60 на НШПС 1700 наблюдалась неравномерность распределения температур конца прокатки и смотки по длине полос (рис. 2). Головная и хвостовая части полосы имели более высокие температуры, чем средняя часть, что указывает на неравномерность температур по длине подката перед чистовой группой и неравномерность охлаждения на отводящем рольганге. Из литературных источников [1-3] известно, что большой градиент температур по длине полосы отрицательно сказывается на равномерности распределения механических свойств трубных сталей в готовом продукте.

Распределение механических свойств по длине и ширине полос толщиной 6 мм марки X60 имело следующие интервалы:

- предел текучести находился в диапазоне от 480 до 510 МПа и в среднем составил 497 МПа (по API 5L для X60 не менее 414 МПа);
- предел прочности находился в диапазоне от 550 до 580 МПа и в среднем составил 573 МПа (по API 5L для X60 не менее 517 МПа);
- относительное удлинение — от 31 до 41 % и в среднем составило 35 %;
- поглощенная энергия KV0 — от 63 до 112 Дж и в среднем составила 81 Дж (по API 5L для X60 не менее 27 Дж).

Полученный разбег значений механических свойств по длине и ширине полосы объясняется неравномерностью распределения температуры конца прокатки и смотки по телу полосы. Испытания на изгиб на 180° при внутреннем радиусе  $1,5 \cdot h$  прошли удовлетворительно — расслоения на образцах не отмечалось.

**Схема отбора и маркировки образцов для горячекатаных полос марки X60**

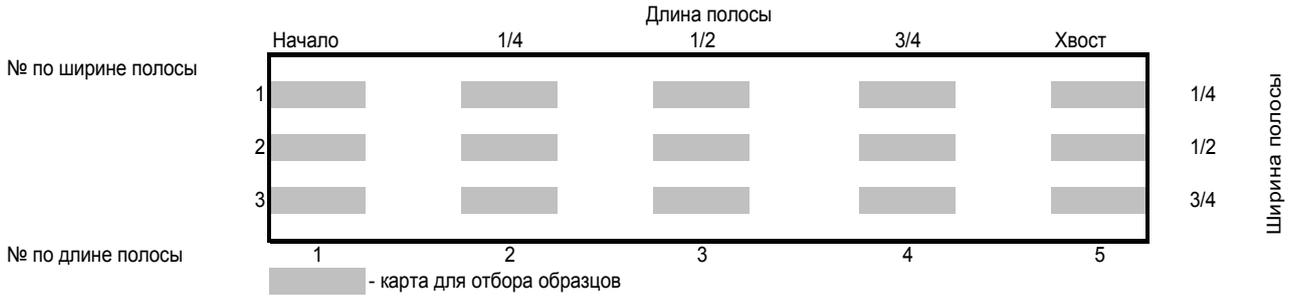


Рис. 1. Схема отбора карт для проведения механических испытаний

Микроструктура получаемого зерна также неоднородна по длине полосы (рис. 3), особенно на хвостовых участках, что связано с неравномерным распределением температур конца прокатки и смотки по длине полос, а также неудовлетворительной работой существующей системы ламинарного охлаждения полос в линии стана горячей прокатки. Система ламинарного охлаждения полос не успевает компенсировать температурные колебания и стабилизировать температуру на первых метрах полосы.

Анализ полученных данных с помощью математической модели позволил получить регрессионные модели зависимости механических свойств от температурных режимов прокатки и смотки. Зависимость предела прочности полос толщиной 6 мм от температур конца прокатки и смотки приведена на рис. 4.

Из полученных зависимостей (рис. 4г, 4д) видно, что при увеличении температуры смотки горячекатаных полос пределы прочности и текучести уменьшаются, а с увеличением градиента температур (рис. 4е) поглощенная энергия увеличивается. Полученный разбег значений механических свойств по длине и ширине полосы в зависимости от

распределения температуры конца прокатки и смотки по телу полосы наглядно представлен на рис. 4 (а,б).

Проведенные исследования влияния технологических параметров прокатки на распределение механических свойств позволяют дать заключение, что в условиях УД АО «Миттал Стіл Темиртау» прокатка полос трубной марки X60 толщиной 6 мм с температурой конца прокатки 860-920 °С и температурой смотки 630-680 °С обеспечивает механические свойства, соответствующие требованиям стандарта API 5L PSL2 [4] для марок X60.

С целью повышения равномерности распределения механических свойств и микроструктуры по длине и толщине полос следует:

- соблюдать равномерный нагрев непрерывно-литых слябов в методических печах;
- производить прокатку полос в черновой группе стана с соблюдением равномерности градиента температур по телу подката;
- производить прокатку полос в чистовой группе стана с равномерностью температур конца прокатки и смотки в диапазоне  $\pm 15$  °С;
- произвести реконструкцию системы ламинарного охлаждения полос и скорректировать стратегию охлаждения горячекатаных полос.

**Температура конца прокатки и смотки полос толщиной 6 мм марки X60**

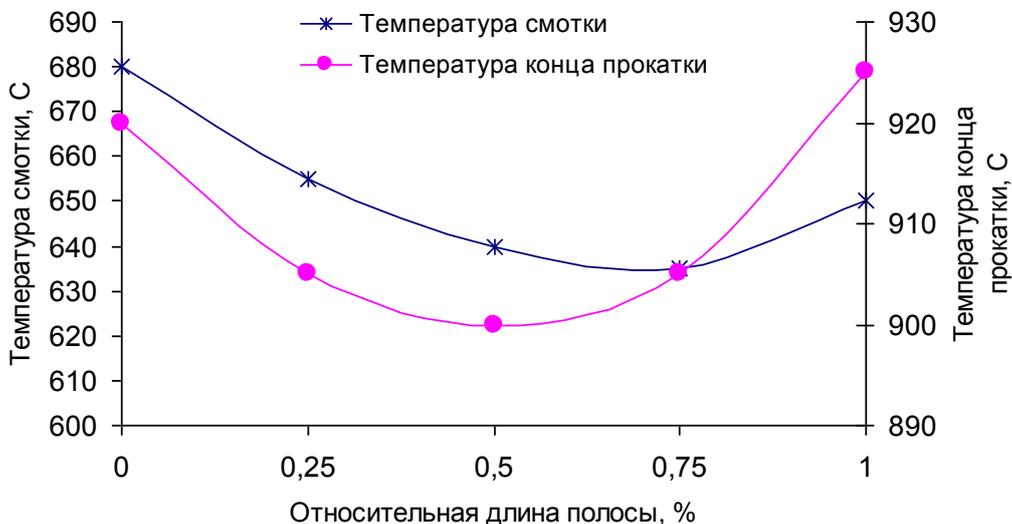


Рис. 2. Распределение температур конца прокатки и смотки по длине горячекатаной полосы марки X60

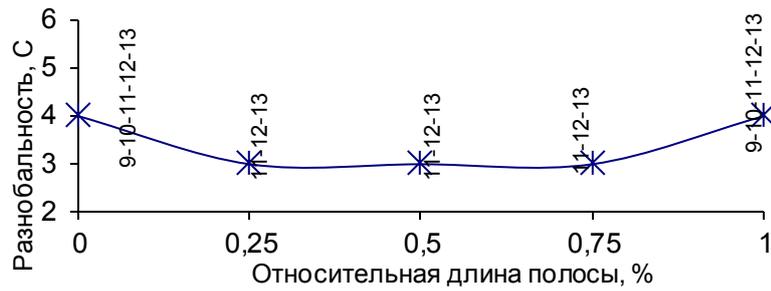
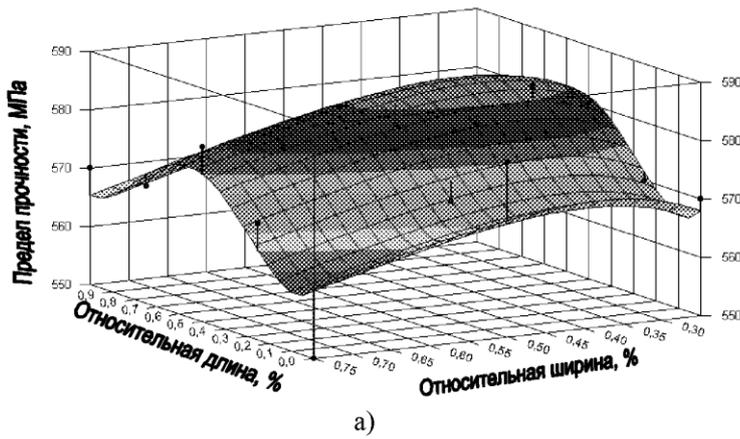
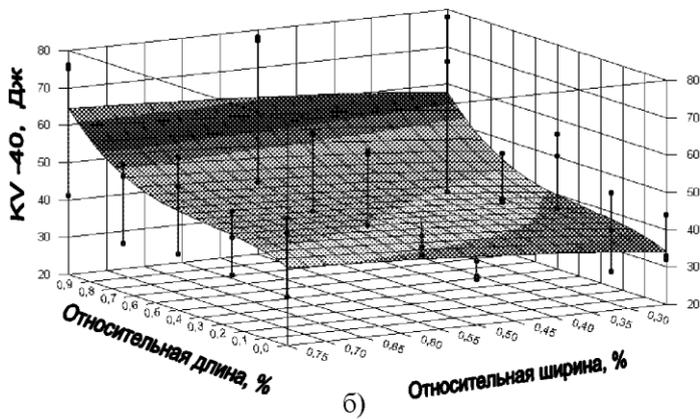
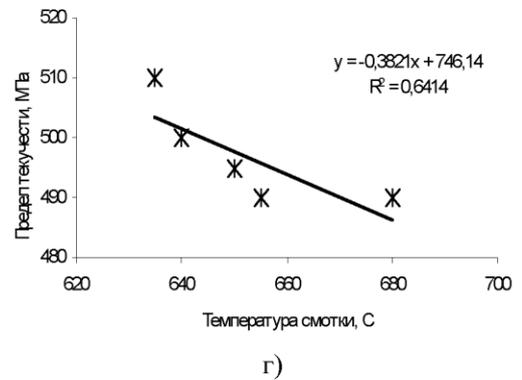


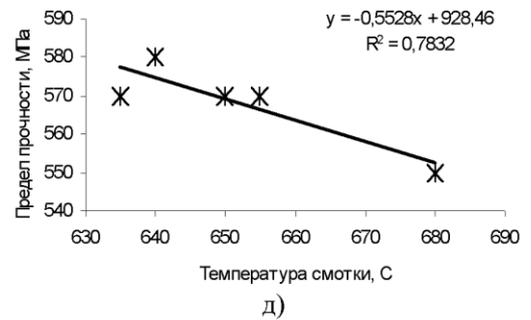
Рис. 3. Распределение балла зерна по длине горячекатаной полосы марки Х60



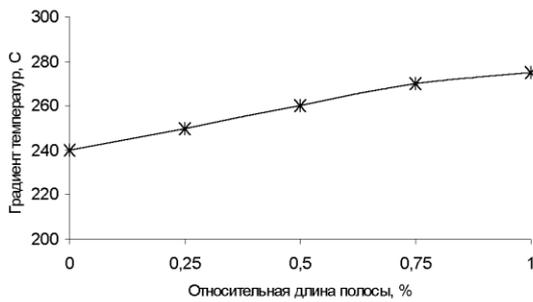
Зависимость предела текучести от температуры смотки - толщина 6 мм марка Х60



Зависимость предела прочности от температуры смотки - толщина 6 мм марка Х60



Градиент температур (Ткп-Тсм) по длине полосы толщиной 6 мм марки Х60



Зависимость работы удара (KV-40С) от градиента температур (Ткп-Тсм) - толщина 6 мм марка Х60

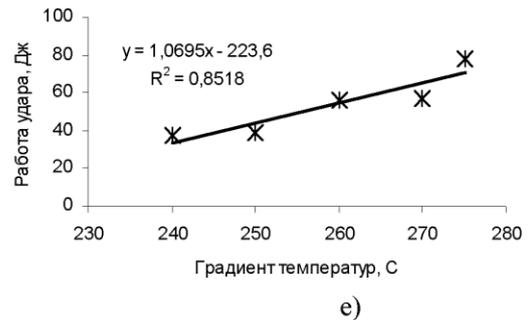


Рис. 4. Распределение механических свойств по длине и ширине горячекатаной полосы толщиной 6 мм из марки стали X60

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контролируемая прокатка / В.И. Погожельский, Д.А. Литвиненко, Ю.И. Матросов, А.В. Иваницкий. М.: Metallургия, 1979. 184 с.
2. Ниобийсодержащие низколегированные стали / Ф. Хайстеркамп, К. Хулка, Ю.И. Матросов, Ю.Д. Морозов, Л.И. Эфрон, В.И. Столяров, О.Н. Чевская. М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. 94 с.
3. Сталь для магистральных трубопроводов / Ю.И. Матросов и др. М.: Metallургия, 1989. 288 с.
4. API Spec. 5L Технические условия на трубы для трубопроводов. Издание 42, апрель 2000.

УДК 621.771.41:662.614

В.И. ИЛЬКУН  
М.И. СИТКИН

### Исследование температурных режимов работы подшипников скольжения сдвоенных мультипликаторов привода валков двухклетевого прокатно-дрессировочного стана 1400

Для привода рабочих валков некоторых двухклетевых прокатно-дрессировочных станов (далее ДПДС) применяют индивидуальный привод каждого рабочего валка через сдвоенные мультипликаторы, называемые комбинированными редукторами (рис. 1). Сдвоенный мультипликатор представляет собой корпус, в котором расположены две не связанные между собой повышающие зубчатые передачи (мультипликаторы), каждая из которых от индивидуального электродвигателя передает крутящий момент на отдельный рабочий валок (рис.1). В связи с работой ДПДС-1400 АО «Миттал Стил Темиртау» в весьма тяжелом режиме провели оценку изменения температур подшипников скольжения шестеренных валков мультипликатора клетки № 2 (в качестве опор шестеренных валков используются высокоскоростные подшипники скольжения жидкостного трения). Техническая характеристика привода клеток № 1 и № 2 ДПДС-1400 приведена в табл.

Для регистрации текущих значений температур указанных подшипников скольжения каждого из сдвоенного мультипликаторов применяются устройства контроля и регистрации ФШЛ 501-05 (ТУ 25-7217. 9009-89), при скорости диаграммной ленты 20 мм/ч. Сигнал к регистрирующим приборам поступает от термометров сопротивления ТСМ 6097,  $L=160$  мм, установленных на каждом подшипнике всех шестеренных валков (всего 8 точек замера на каждом сдвоенном мультипликаторе) (рис. 1).

Для определения температур подшипников скольжения обработали термограммы сдвоенного мультипликатора клетки № 2 ДПДС-1400 за один месяц. Термограмма температур подшипников скольжения показаны на рис. 2.

Значения средних температур  $\bar{t}_{\max}$  и  $\bar{t}_{\min}$  определили по формулам

$$\bar{t}_{\max} = \frac{t_{1\max} \cdot n_{1\max} + t_{2\max} \cdot n_{2\max} + \dots + t_{n\max} \cdot n_{n\max}}{100\%}, \quad (1)$$

$$\bar{t}_{\min} = \frac{t_{1\min} \cdot n_{1\min} + t_{2\min} \cdot n_{2\min} + \dots + t_{n\min} \cdot n_{n\min}}{100\%}, \quad (2)$$

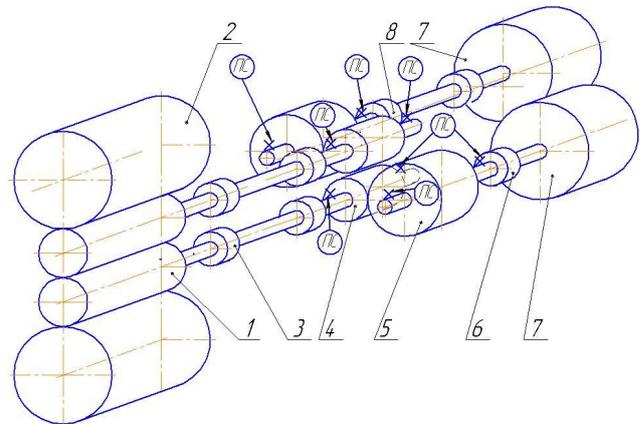


Рис. 1. Кинематическая схема привода рабочих валков клеток № 1 и № 2 ДПДС-1400: 1 — рабочие валки; 2 — опорные валки; 3 — шпindelь; 4 — шестеренный валок выходной; 5 — шестеренный валок входной; 6 — муфта; 7 — электродвигатель; 8 — промежуточный вал; x-места установки термометров сопротивления на подшипнике скольжения шестеренных валков мультипликатора; ПС-подшипник скольжения. Примечание: В приводе валков клетки № 1 ДПДС-1400 в отличие от клетки № 2 каждый валок приводится во вращение от двух последовательно установленных электродвигателей

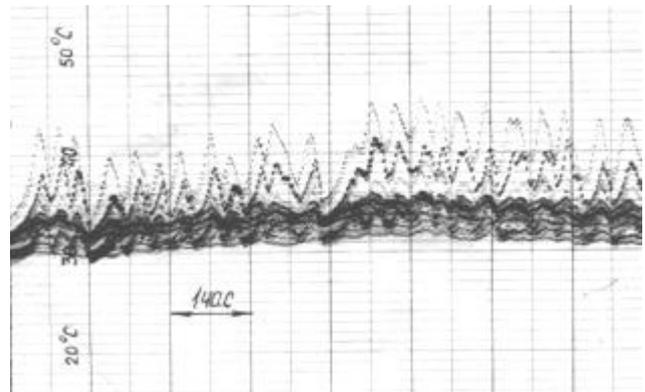


Рис. 2. Термограмма изменения температур подшипников скольжения сдвоенного мультипликатора привода рабочих валков клетки № 2 ДПДС-1400 (кривая отражает изменения температур у восьми подшипников скольжения)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИВОДА РАБОЧИХ ВАЛКОВ КЛЕТЕЙ ДПДС-1400

№	Параметр	Клеть № 1	Клеть № 2
1	Суммарный крутящий момент на выходных валах редуктора, кН·м	52	78
2	Частота вращения выходных валов редуктора, мин <sup>-1</sup>	475÷1890	500÷1280
3	Передаточное число редуктора	0,844	0,626
4	Модуль зубчатого зацепления, мм	6	6
5	Межосевое расстояние, мм	500	560
6	Электродвигатель: -тип электродвигателя -мощность, кВт -частота вращения, мин <sup>-1</sup>	2МП 1250-400 2×630/400 400/1000/1600	2МП 200-315 2000 315÷800
7	Смазка зубчатой передачи и подшипников скольжения	От централизованной системы жидкой смазки, с вязкостью масла 60 сст	

где  $t_{1\max}, t_{2\max}, \dots, t_{n\max}$  — среднее значение максимальных температурных интервалов (°C) на гистограммах (рис. 3 а);

$n_{1\max}, n_{2\max}, \dots, n_{n\max}$  — частоты соответствующих максимальных температурных интервалов (%) на гистограммах (рис. 3 а);

$t_{1\min}, t_{2\min}, \dots, t_{n\min}$  — среднее значение минимальных температурных интервалов (°C) на гистограммах (рис. 3 б);

$n_{1\min}, n_{2\min}, \dots, n_{n\min}$  — частоты соответствующих минимальных температурных интервалов (%) на гистограммах (рис. 3 б).

В результате расчетов по формулам (1) и (2) данных расшифровки термограмм (рис. 2), представленных в виде гистограмм на рис. 3, получили средние температуры вкладышей подшипников скольжения  $t_{\max} = 40,05$  °C,  $t_{\min} = 30,09$  °C, при допустимой температуре отводимого от подшипников масла не более 60 °C.

Учитывая, что регистрация температур подшипников проводилась в летний период, можно заключить об их незначительном нагреве. Вычисление дисперсий проводили по методике [1] с использованием формулы:

а) для максимальных значений температур

$$S_{\max}^2 = \frac{1}{n_{i\max}} \left[ \sum t_{i\max}^2 - \frac{(\sum t_{\max})^2}{n_{i\max}} \right],$$

где  $n_{i\max}$  — количество интервалов максимальных температур (рис. 3 а);

б) для минимальных значений температур

$$S_{\min}^2 = \frac{1}{n_{i\min}} \left[ \sum t_{i\min}^2 - \frac{(\sum t_{\min})^2}{n_{i\min}} \right],$$

где  $n_{i\min}$  — количество интервалов минимальных температур (рис. 3 б).

После подсчета числовых значений, взятых из гистограмм, получили

$$S_{\max}^2 = 43,37; S_{\min}^2 = 6,67 \quad (n_{\max} = 12; n_{\min} = 5).$$

Для проверки гипотезы о значимости (незначимости) расхождений максимальных и минимальных температур подшипников скольжения шестеренных валков сдвоенного мультипликатора сравнивали максимальные  $S_{\max}^2$  и минимальные  $S_{\min}^2$  дисперсии, пользуясь критерием Фишера [1]:

$$F = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} = \frac{43,37}{6,67} = 6,5.$$

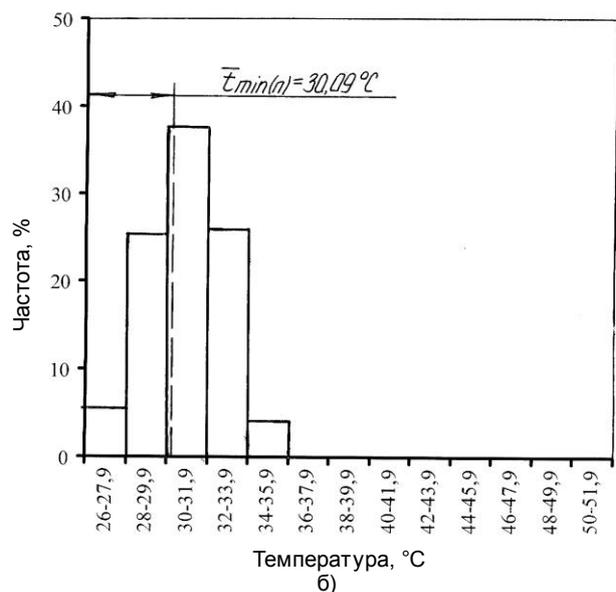
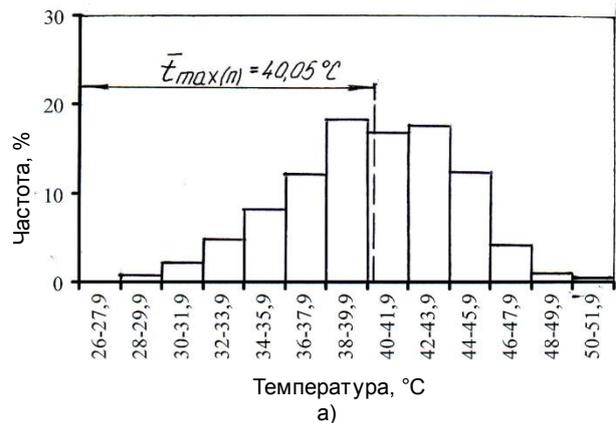


Рис. 3. Гистограммы: а)-максимальных и б)-минимальных температур подшипников скольжения шестеренных валков сдвоенного мультипликатора клетки № 2 ДГДС-1400

По [1] (табл. 8, Приложение 3) имеем, что при  $\kappa_1 = (n_1 - 1) = 11$  и  $\kappa_2 = (n_2 - 1) = 4$  критерий Фишера  $F_{0,999} = 10,4$ .

Таким образом,  $F < F_{0,999} \quad (6,5 < 10,4)$ . Следовательно, расхождение в дисперсиях между  $t_{\max}$ ,  $t_{\min}$  можно считать незначимым и принять для расчетов среднее значение температур:

$$\bar{t}_{\text{нб}} = \frac{\bar{t}_{\text{max}} + \bar{t}_{\text{min}}}{2} = \frac{40,05 + 30,09}{2} = 35,7 \text{ } ^\circ\text{N},$$

что свидетельствует о нормальном температурном режиме работы подшипников скольжения

шестеренных валков сдвоенных мультипликаторов (комбинированных редукторов) привода валков ДПДС-1400.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968. 288 с.

УДК 669.2.8.66.093.3:549.31

У.А. ТУРУМБЕТОВ

К.Ж. ЖУМАШЕВ

Ж.У. БУКАНОВ

А.К. НАРЕМБЕКОВА

Ж.Н. ШАЯХМЕТОВА

### Разработка и оптимизация процесса направленной гидрокаталитической десульфуризации полиметаллического сульфидного сырья

Существующие технологии обогащения сульфидных руд не обеспечивают цветную металлургию качественными селективными концентратами. Извлечение меди, свинца и цинка из сырья в среднем составляет соответственно 80-85, 70-75, 60-65 %. При этом в отвалах накапливаются миллионы тонн пиритных хвостов обогащения, которые не используются в цветной металлургии из-за сложности их переработки, а в черной — ввиду низкого содержания железа.

Опыт многолетней практики показывает, что эффективность комплексного использования пиритосодержащего сырья достигается использованием высококачественных пиритных концентратов, применением способов, позволяющих получать элементарную серу или серную кислоту, кондиционный железный концентрат и концентрат цветных металлов.

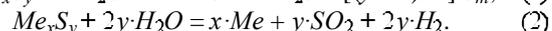
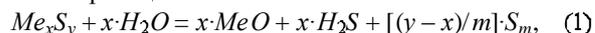
Сырьевые ресурсы пиритных полиметаллических руд и концентратов Казахстана отличаются многокомпонентным составом, наличием значительных количеств пустой породы и цветных металлов, что не позволяет достичь высокой степени комплексности их использования. По этой причине до сих пор из пиритного сырья извлекаются только сера в виде серной кислоты, а огарки, содержащие большое количество ценных металлов, миллионами тонн складываются в отвалах. Расчеты эффективности перспективных технологических рекомендаций показывают, что наиболее выгодным процессом является гидрокаталитический обжиг пиритных концентратов с получением элементарной серы и огарка, который после восстановительного обжига разделяется магнитной сепарацией на магнетитовый концентрат и концентрат цветных металлов.

В этой связи практический и научный интерес представляет комбинированная схема терромагнитного обогащения, которая заключается в гидрокаталитическом обжиге пиритосодержащего полиметаллического сырья с восстановительным обжигом десульфуризованного промпродукта с целью разделения магнитной сепарацией концентратов цветных металлов и железа.

По данным лабораторных исследований, применение этой комбинированной схемы

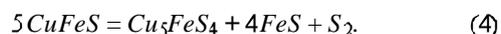
обеспечивает перевод до 70-90 % пиритной серы в элементарную и газовую фазу, извлечение до 80 % железа в магнитную фракцию, при этом в немагнитной фракции концентрируются цветные металлы.

К числу способов, позволяющих осуществлять направленные превращения, относится процесс автогидрокаталитического обжига. Сущность метода сводится к перестройке структуры минералов. В зону десульфурации подается паровоздушная смесь, где протекают реакции:

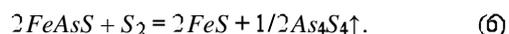
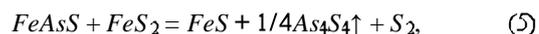


Сульфиды  $Cu_3S_5$ ,  $Co_3S_4$ ,  $WS_2$ ,  $CuFeS_2$  в интервале температур 200-800 °С взаимодействуют с парами воды, реагируют с выделением сероводорода (реакция 1),  $PbS$ ,  $ZnS$ ,  $CdS$  — с выделением только  $SO_2$  (реакция 2). Причем в низкотемпературной области выделяется  $H_2S$ , а в более высокой —  $SO_2$ .

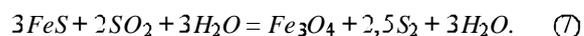
Упорность пирита в сравнении с другими сульфидами объясняется особенностями его кристаллической структуры. Поведение пирита, которого в руде значительно больше, в атмосфере перегретого водяного пара в присутствии кислорода должно определять большинство технологических параметров реакций с выделением серы:



Сульфидирование арсенопирита происходит по двум параллельно протекающим реакциям:

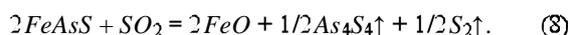
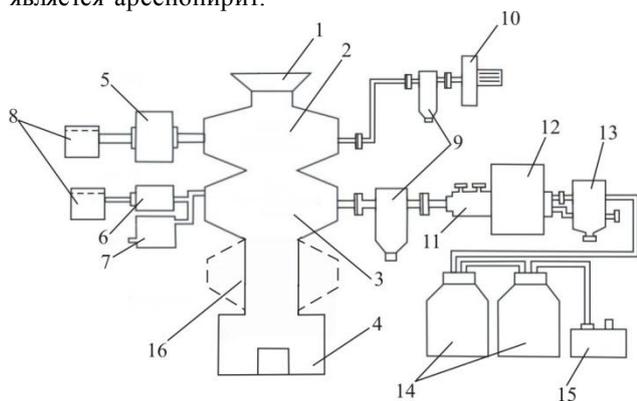


Наличие паров воды оказывает каталитическое действие и способствует рациональному использованию серы, находящейся в сырье:



Поэтому в отличие от других способов гидрокаталитический обжиг не требует дополнительного количества сульфидизатора для удаления мышьяка.

Взаимодействие сернистого газа легче протекает при обжиге арсенопиритных, золотомышьяковых концентратов, где основной фазой мышьяка и серы является арсенопирит:



Паровоздушная обработка при температурах 600-750 °С обеспечивает десульфурацию пирита, получение железного огарка, включающего цветные металлы, удаление дымовых газов в нетоксичных формах (мышьяка, серы).

Укрупненно-лабораторная установка, предназначенная для паровоздушного обжига сульфидных материалов [1], представляет собой конструкцию из стали и состоит из вертикальной шахтной печи 1 (рис. 1), разделенной на зоны диссоциации 2 и паровоздушного обжига 3, а также — виброразгрузчика 4, комбинированной топки на базе трубчатой электропечи 5, трубчатой электропечи для подогрева воздуха 6, электропароперегревателя 7, двух компрессоров для подачи воздуха 8, а также — двух пылесадительных камер 9, вентилятора 10, камеры катализа 11, электропечи для подогрева камеры катализа 12, конденсатора 13, емкостей для мокрой газочистки 14, вакуум-насоса 15, контрольно-измерительной аппаратуры.

Рис. 1. Схема цепи аппаратов укрупненно-лабораторной установки для обжига сульфидных материалов

Шахтная печь [2] состоит из шахты с вертикальными колосниковыми решетками с противоположных сторон, разделенной по высоте на две зоны — зажигания и обжига. К зонам зажигания и обжига через колосниковые решетки с двух противоположных сторон установлены рукава, через которые осуществляется соответственно подача и отвод паровоздушной смеси и горячих газов, механически вынесенной мелочи. Подача горячего воздуха к зоне зажигания осуществляется через трубчатую электропечь-топку. Подача паровоздушной смеси к зоне обжига осуществляется через смеситель воздуха из трубчатой электропечи и пара из электропароперегревателя.

Предлагаемая конструкция шахтной печи предусматривает наличие зажигательного горна, что резко увеличивает удельную производительность в условиях гидрокаталитического обжига. Многокамерный конденсатор представляет собой камеры с чередующимися вертикальными

перегородками. Перегородки и наружные стенки камер имеют рубашку, через которую постоянно подается пар (или конденсат) для поддержания температуры в пределах 120-150 °С.

Камера катализа представляет собой шахту с вертикальными колосниковыми решетками с противоположных сторон. Между решетками находится окускованная, пористая контактная масса катализатора. Температура в слое кусков должна держаться в пределах 200-250 °С. Контактная масса периодически меняется для регенерации каталитических свойств. Загрузка и разгрузка осуществляются соответственно через верхний и нижний люки. Нагрузка электропечей регулируется двумя масляными автотрансформаторами по показаниям амперметров. Обмотки покрыты тепло-электроизоляционным слоем толщиной 20 мм. Замеры температуры осуществляются термопарами, которые находятся в 4 точках шахты. Температура регистрируется милливольтметром М-64. В ходе пусконаладочных работ и испытаний были изменены или усовершенствованы следующие узлы установки:

- зажигательный горн для обжиговой аглошахтной печи усовершенствован в комбинированную трубчатую электропечь-топку;
- воздух, подаваемый в зону обжига, подогревается в трубчатой электропечи;
- в зонах зажигания и обжига создана принудительная вентиляция;
- камера катализа установлена в электропечь для подогрева;
- сброс конденсата пара был направлен через термостатирующую «рубашку» камер конденсатора.

В качестве топлива испытаны шубаркольские уголь и кокс. При сжигании угля образуется смолистая летучая фракция, которая конденсируется в слоях гранул и нарушает процесс движения материала в шахте и газодинамику, требуется осуществить дожигание летучей углеводородной фракции. Разработана и смонтирована конструкция топки, которая позволила повысить температуру разогрева гранул в зоне зажигания до 650 °С. В таблице приведены результаты испытаний сжигания кокса в комбинированной топке для укрупненно-лабораторной установки.

Из таблицы видно, что при увеличении температуры в топке при подаче кокса и скорости подачи воздуха снижаются расход кокса и время для разогрева гранул в зоне зажигания до 650 °С. Таким образом, сжигание кокса на подогретом до 350-450 °С воздушном дутье для целей энергетики процесса более эффективно.

На смонтированной укрупненно-лабораторной установке наработан огарок для получения магнетитового концентрата и концентрата цветных металлов. Составы гранул, поступающих на автогидрокаталитический обжиг, в основном представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом и кремнеземом. Опыты показали, что до 10-15 % серы удаляется в течение 3-5 минут и до 60-80 % в течение 25 минут. Температура водяного пара в реакционной зоне 360-400 °С. При этих условиях извлечение серы в элементарную составляет

92,5 %, десульфурзация пирита 96-99 %. В катализаторном аппарате 11 (рис. 1), где на алюмооксидном катализаторе при температурах 230-450 °С одновременно протекают множество обратимых реакций, целевой является реакция Клауса. Пары серы после катализаторного аппарата охлаждаются в конденсаторе 13 (рис. 1) до 120-150 °С и улавливаются.

Для более полного удаления серы на стадии обжига необходимо поднять температуру до 800 °С для разложения образованных сульфатов железа. Однако легкоплавкость полиметаллического сырья из-за образования эвтектических смесей не позволяет решить этот вопрос за счет повышения температуры. Авторами предложено совмещение последовательного процесса восстановления огарка к концу обжига, что способствует преждевременному разложению сульфатов железа. Разработана комплексная технология переработки сульфидных материалов с получением магнетитового концентрата, концентрата цветных металлов и элементарной серы (рис. 2).

Технологическая схема включает паровоздушный обжиг (ПВО) пиритного концентрата (50-56 % пирита) в шахтной печи в атмосфере перегретого водяного пара и кислорода воздуха при температуре 700 °С с последующим восстановительным обжигом (ВО). Большое внимание было уделено технологии процесса и аппаратному оформлению. Проведение восстановительного обжига на укрупненно-лабораторной установке предусмотрено в зоне 16, представляющей собой продолжение вертикальной шахтной печи (рис. 1). После магнитной сепарации огарка получают магнетитовый концентрат и коллективный концентрат цветных металлов.

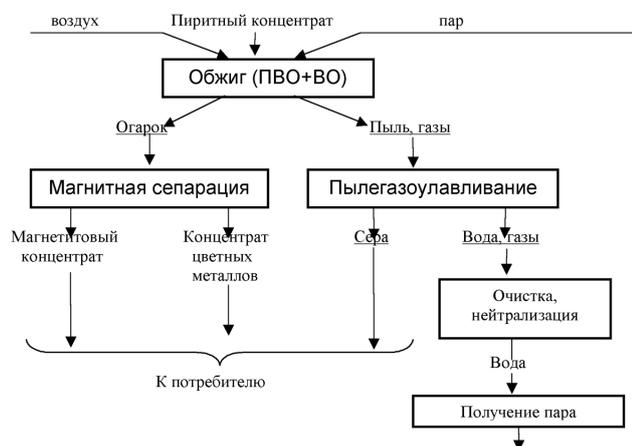


Рис. 2. Технологическая схема переработки пиритного концентрата

Проведенными исследованиями по оптимизации восстановительного обжига установлено, что существенное влияние на переход железа в магнитную фракцию оказывают температура, продолжительность и скорость подачи восстановительного газа, найдены оптимальные условия. В качестве восстановительного газа использовался генераторный газ, который получали при пропускании увлажненного воздуха через слой кокса, нагретого до 700 °С в лабораторной трубчатой печи сопротивления.

Мокрая магнитная сепарация огарка проводилась на электромагнитном сепараторе-анализаторе «25Т», получены магнитная фракция — магнетитовый концентрат (69,7-70,89 %) и немагнитная фракция — концентрат цветных металлов (30,3-29,11 %). Таким образом, использование магнитных свойств магнетита позволяет значительно упростить обогащение сульфидных концентратов цветных металлов.

## Заключение

1. Процесс комбинированного автогидрокаталитического и восстановительного обжига с последующей электромагнитной сепарацией позволяет двустадийным обжигом получить элементарную серу, высококачественный магнетитовый концентрат и промпродукт, обогащенный цветными металлами.

2. Полученные результаты были использованы при создании экологически чистой технологии переработки золотомышьяковых арсенопиритных [3] и сульфидных концентратов [4], колчеданно-полиметаллических руд и концентратов [5,6] с извлечением серы в элементарном и мышьяка в сульфидных формах. Созданы укрупненно-лабораторная установка и опытный участок для демонстрации и проверки применимости технологии при переработке предлагаемого вида металлургического сырья.

3. Результаты совмещения автогидрокаталитического обжига с восстановлением огарка и последующим магнитным обогащением открывают реальные возможности комплексного использования накопившихся в отвалах миллионов тонн полиметаллического пиритсодержащего сырья.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СЖИГАНИЯ КОКСА В КОМБИНИРОВАННОЙ ТОПКЕ

№ пп	Температура в топке при подаче кокса, °С	Время разогрева гранул, час	Расход кокса для разогрева гранул в зоне зажигания до 650 °С, кг	Скорость подачи воздуха, м/сек	Время обжига гранул, час
1	200	2,25	987,2	0,6	0,75
2	250	1,5	626,7	0,8	0,75
3	300	0,8	267,9	0,8	0,5
4	350	0,5	228,7	0,8	0,5
5	400	0,42	219,5	0,8	0,5
6	450	0,4	205,8	1,0	0,4

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предпат. 16999 РК. Способ переработки сульфидного сырья / Жумашев К.Ж., Юн Р.Б., Турумбетов У.А., Нарембекова А.; заявка 2004/0397.1.
2. Пол. реш. о выдаче пред. патента РК по заявке 2004/0398.1. Шахтная печь для комбинированного обжига / Жумашев К.Ж., Юн Р.Б., Турумбетов У.А., Нарембекова А. // Заявлено 23.03.2004.
3. Омаров Х.Б., Жумашев К., Мустафинова А.С. Гидрокаталитический способ деарсенизации золотомышьяковистых упорных концентратов месторождения Бакырчик // Тезисы докладов на Межд. научно-техн. конф., посвященной 30-летию КарГУ им. Е.Букетова. Караганда, 2002. С. 215-217.
4. Турумбетов У.А., Жумашев К.Ж., Нарембекова А., Буканов Ж.У. Экологически чистая технология переработки сульфидного сырья // Труды Междунар. науч. конф. «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». Караганда: КарГТУ, 2005. С. 280-282.
5. Турумбетов У.А., Жумашев К.Ж., Шаяхметова Ж.Н., Буканов Ж.У. Безотходная технология переработки сульфидного металлургического сырья // Научно-технический прогресс в металлургии: сб. Темиртау, 2005. С. 238-242.
6. Турумбетов У.А., Жумашев К.Ж., Шаяхметова Ж.Н., Буканов Ж.У. Комплексная технология переработки сульфидного сырья // Актуальные проблемы металлургического комплекса Казахстана: сб. Караганда: КарГТУ, 2005. С. 193-194.

УДК 622.232.8

Г.С. ЖЕТЕСОВА  
О.М. ЖАРКЕВИЧ

## Определение технико-экономических показателей механизированной крепи «Глиник»

Обоснованное определение технико-экономических показателей крепи «Глиник» имеет первостепенное значение для оценки ее уровня качества. Конструктивные размеры крепи «Глиник» и ее технико-экономические показатели определяются горно-техническими условиями (табл. 1) [1].

Помимо показателей, указанных в табл. 1, к технико-экономическим показателям крепи относятся показатели технологичности, а именно:

- удельная трудоемкость изготовления крепи;
- удельная технологическая себестоимость изготовления крепи;
- удельная материалоемкость;
- относительная трудоемкость изготовления крепи;
- относительная себестоимость изготовления крепи.

Удельная трудоемкость изготовления крепи  $q_m$  определяется по формуле

$$q_m = T/B, \quad (1)$$

где  $T$  — трудоемкость изготовления крепи, равная 350 нормо-часам;  
 $B$  — основной параметр крепи (ширина секции — 1590 мм).

Удельная технологическая себестоимость изготовления крепи  $q_c$  определяется по формуле

$$q_c = C_m/B, \quad (2)$$

где  $C_m$  — технологическая себестоимость изготовления крепи, равная 2 000 000 тенге.

Удельная материалоемкость  $q_m$  определяется по формуле

$$q_m = M/B, \quad (3)$$

где  $M$  — масса готовой крепи, равная 8,3 т.

Относительная трудоемкость изготовления крепи  $T_{ов.р}$  определяется по формуле

$$T_{ов.р} = T_{в.р}/T, \quad (4)$$

где  $T_{в.р}$  — трудоемкость профилактического обслуживания или монтажа крепи, равная 45 нормо-часам.

Относительная себестоимость изготовления крепи  $C_{ов.р}$  определяется по формуле

$$C_{ов.р} = C_{в.р}/C_m, \quad (5)$$

где  $C_{в.р}$  — суммарная себестоимость ремонтов или суммарная себестоимость профилактического обслуживания крепи, равная 400 000 тенге.

Результаты расчетов показателей технологичности крепи приведены в табл. 2.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРЕПИ «ГЛИНИК»

Наименование	Значение
Удельное сопротивление крепи: - на 1 м <sup>2</sup> поддерживаемой площади, кН/м <sup>2</sup> ; - на 1 м лавы, кН/м	300 480
Коэффициент начального распора	0,4
Коэффициент гидравлической раздвижности	1,5
Удельное сопротивление на конце передней консоли перекрытия, кН/м	115
Рабочее сопротивление стойки, кН	1300
Шаг установки, м: - комплектов секций; - секций в комплекте	3,0 1,5
Шаг передвижки, м	0,65
Скорость крепления, м <sup>2</sup> /мин	5,0
Усилие при передвижке, кН: - крепи; - конвейера	339 188
Давление питания, МПа	30
Давление срабатывания предохранительного клапана гидростойки при номинальном сопротивлении секции, МПа	40
Коэффициент затяжки кровли	0,75
Максимальное давление на почву, МПа	1,3
Максимальное давление на кровлю, МПа	0,48
Габаритные размеры, м: - максимальная высота крепи; - минимальная высота крепи; - ширина; - длина	2,2 0,8 1,59 5,14
Рабочий диапазон крепи, м	1,0-2,0
Масса секции, т	8,3

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КРЕПИ «ГЛИНИК»

Наименование	Значение
Удельная трудоемкость изготовления крепи $q_m$ , нормо-часов/мм	0,0126
Удельная технологическая себестоимость изготовления крепи $q_c$ , тенге/мм	1257,8
Удельная материалоемкость $q_m$ , т/мм	0,0052
Относительная трудоемкость изготовления крепи $T_{о.в.р}$	0,128
Относительная себестоимость изготовления крепи $C_{о.в.р}$	0,20

Показатели технологичности характеризуют эффективность конструктивно-технологических решений при производстве и эксплуатации крепи [2]. Также в совокупность технико-экономических показателей крепи «Глиник» входят показатели надежности, расчет которых приведен ниже.

В теории надежности такие сложные ремонтируемые объекты, как крепь, которая работает при наличии потока отказов  $\hat{\lambda}_1$  и восстановлений  $\hat{\lambda}_2$ , рассматриваются после устранения очередного отказа и до следующего отказа как самостоятельный объект выборки  $N$ , не ремонтируемый и не заменяемый

новым. Такое рассмотрение позволяет определить минимально необходимое число интервалов безотказной работы  $N_p$ , до достижения которого следует производить наблюдения за работой крепи.

Имея в виду вышеизложенное, определим параметры закона распределения времени безотказной работы и времени восстановления крепи «Глиник», а также доверительные границы характеристик надежности крепи по результатам хронометражных наблюдений на шахте им. И.А. Костенко, если наблюдением в течение недели установлено, что имело место  $N = 9$  отказов с суммарным временем ремонта  $\sum t_{np} = 60$  мин.

При расчете принимаем, что никаких других простоев крепи не было. Общее время наблюдения при 40-часовой рабочей неделе и двухсменной работе составляет  $t_{набл} = 80$  ч.

Суммарное время безотказной работы определяется по формуле

$$\sum t_p = t_{набл} \quad (6)$$

Подставив значения в формулу (6), суммарное время безотказной работы крепи составляет 79 ч.

Для определения точечных оценок параметров потока отказов  $\hat{\lambda}_1$  (в час) и потока восстановлений  $\hat{\lambda}_2$  (в минуту) используем формулы:

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{N_p}{N_p} \cdot \sum_{i=1}^{N_p} t_{p,i} \quad (7)$$

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{N_a}{N_a} \cdot \sum_{i=1}^{N_a} t_{p,i} \quad (8)$$

Подставив значения в формулы, имеем:  $\hat{\lambda}_1 = 0,11$ ;  $\hat{\lambda}_2 = 0,15$ .

Односторонние доверительные границы параметра количества отказов в час с вероятностью  $\beta$  определяют по формулам:

$$\lambda_i = \hat{\lambda}_1 \frac{\chi_{P,n}^2}{2N} \quad (9)$$

$$\lambda_a = \hat{\lambda}_1 \frac{\chi_{P,n}^2}{2N} \quad (10)$$

где  $\lambda_i, \lambda_a$  — нижняя и верхняя доверительная граница;

$\hat{\lambda}$  — точечная оценка потока отказов;

$\chi_{1-\beta,2N}^2, \chi_{\beta,2N}^2$  — квантили распределения  $\chi^2$ ;

$P$  — доверительная вероятность (при определении нижней границы  $P = 1 - \beta$ , при определении верхней границы  $P = \beta$ );

$\beta$  — принятая доверительная вероятность;

$n$  — число степеней свободы ( $n = 2N$ );

$N$  — число интервалов наблюдений (число отказов).

Для определения доверительных границ показателей надежности необходимо найти по ГОСТ 27.503-81 [3] квантиль  $\chi^2_{P,n}$  для распределения  $\chi^2$ .

Принятая доверительная вероятность  $\beta = 0,9$ .

Следовательно, для значений  $P = 1 - \beta = 1 - 0,9 = 0,10$ ,  $P = \beta = 0,9$  и  $n = 2N = 2 \times 9 = 18$  квантили равны:

$$\chi^2_{P,n} = \chi^2_{1-\beta,2N} = \chi^2_{0,10;18} = 10,09;$$

$$\chi^2_{P,n} = \chi^2_{\beta,2N} = \chi^2_{0,90;18} = 26,0.$$

Подставив значения в формулы (9), (10), имеем:  $\lambda_{1,n} = 0,07$ ,  $\lambda_{1,g} = 0,16$ .

Тогда точечное значение средней наработки на отказ, по данным недельного наблюдения, равно:

$$\hat{T}_0 = \frac{1}{\hat{\lambda}_1} = \frac{1}{0,11} = 9,1 \div = 546 \text{ мин.}$$

Находим нижнюю и верхнюю границу — доверительные границы среднего времени безотказной работы:

$$\hat{O}_{i,f} = \frac{1}{\lambda_{1,f}} = \frac{1}{0,16} = 6,25 \div = 375 \text{ мин.}$$

$$\hat{O}_{i,g} = \frac{1}{\lambda_{1,g}} = \frac{1}{0,07} = 14,3 \div = 858 \text{ мин.}$$

Найденные доверительные интервалы 375-858 мин с доверительной вероятностью 90 % покрывают

истинное значение средней наработки на отказ  $\hat{O}_0$ . Аналогично находят доверительные интервалы среднего времени восстановления  $\hat{O}_a$ . Подставив значения в формулы (9), (10), получаем нижнюю и верхнюю границу потока восстановлений  $\hat{\lambda}_2$  (в минуту):

$$\lambda_{2,f} = 0,15 \cdot \frac{10,9}{18} = 0,09;$$

$$\lambda_{2,g} = 0,15 \cdot \frac{26,0}{18} = 0,22.$$

Тогда точечное значение среднего времени восстановления, по данным недельного наблюдения, равно:

$$\hat{T}_a = \frac{1}{\hat{\lambda}_2} = \frac{1}{0,15} = 6,7 \text{ мин.}$$

Нижняя и верхняя доверительные границы среднего времени восстановления равны:  $T_{g,n} = 4,5$  мин,  $T_{g,g} = 11,1$  мин. Следовательно с вероятностью 90 % можно утверждать, что среднее время восстановления  $\hat{T}_a$  находится в границах  $T_{g,n} = 4,5$  мин и  $T_{g,g} = 11,1$  мин. Полученные доверительные границы можно сузить, если продлить наблюдение за работой крепи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник ограждающей крепи лавы ГЛИНИК-08/22 — ОзК. — Горлице, 1986. 150 с.
2. Жетесова Г.С. Основы квалиметрии: Учеб. пособие / Г.С. Жетесова, А.Ш. Жунусова. Караганда: КарГТУ, 2003. 65 с.
3. ГОСТ 27.503-81 Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Методы определения точечных оценок показателей по результатам наблюдений.

УДК 621.9

Р.М. МУХАМАДЕВА

### Математическая модель натяга, допустимого пределом деформации при комбинированной обработке

Комбинированная обработка, совмещающая процесс резания и пластического деформирования, создает упрочнение и повышение механических характеристик материала детали, что благоприятно сказывается при ее эксплуатации. При поверхностном пластическом деформировании отверстий в деталях типа втулок и труб изменяются все размеры заготовки: увеличиваются наружный диаметр и диаметр отверстия, утоньшается стенка и изменяется длина. Эти изменения зависят от размеров заготовки, условий взаимодействия инструмента с изделием, геометрических параметров деформирующих элементов и степени деформации. Спрос на сплавы марганца, выплавляемые из казахстанских низкофосфористых концентратов, возрастает, наращиваются объемы добычи марганцевых руд. За последние двенадцать лет наблюдается подъем уровня погашения запасов (рост объема добычи) с 330 тыс. т

в 1991 г. до 2930,0 тыс. т в 2003 г., т.е. добыча марганцевых руд горно-добывающей отраслью Казахстана увеличилась в 8,5 раз [3].

Результаты исследований ряда авторов [1, 2, 3], пытавшихся теоретически получить уравнения, по которым можно было бы рассчитать изменения размеров обрабатываемых заготовок при ППД, не являются окончательными и допускают значительные расхождения с практически полученными размерами.

Изменения размеров зависят от размеров заготовки, условий взаимодействия инструмента с изделием, геометрических параметров деформирующих элементов и степени деформации. Деформация по толщине стенки детали распределяется неравномерно, так как у обработанной поверхности в процессе трения создается слой текстуры с очень высокими степенями деформации и по сравнению с остальным металлом повышенным

упрочнением. Толщина слоя с повышенной твердостью зависит от величины натяга, вида смазки, материала детали и толщины стенки. Глубина упрочненного слоя определяется удельным давлением на контактной площади и ее размерами. Степень же упрочнения зависит только от давления.

В теории пластической деформации разработаны экспериментальные и экспериментально-расчетные методы определения напряжений в пластической области:

- 1) метод делительных сеток;
- 2) метод оптически активных покрытий;
- 3) метод фотопластичности;
- 4) метод месдоз;
- 5) метод линий скольжения.

Метод делительных сеток — наиболее наглядный при определении качественной картины деформаций. Однако низкая точность этого метода при определении сравнительно малых деформаций во внутренних областях исследуемого образца не позволяет его применить при комбинированной обработке.

Метод оптически активных покрытий повышает точность определения малых деформаций, но сложность определения деформаций во внутренних областях образцов является его органическим недостатком.

Метод фотопластичности этих недостатков лишен, но требует специального оборудования, материалов и изготовления точных моделей, что затрудняет его применение.

Метод месдоз — экспериментальный метод определения контактных давлений. Однако монтировать месдозы достаточно сложно из-за малых размеров инструментов.

Для экспериментальной проверки результатов теоретического исследования влияния конструктивных параметров комбинированного инструмента на качество обработанной поверхности использовалась разъемная модель детали. Обработка велась на вертикально сверлильном станке. Измерение деформаций производилось с помощью цифрового тензометрического моста ЦТМ-5. С целью преобразования единиц относительной деформации (1 ЕОД =  $10^{-6} \Delta l/l$ ) в измерении наружного диаметра производилось тарирование измерительного прибора. Для определения качества поверхностного слоя были проведены измерения микротвердости прибором ПМТ-3 и высоты неровностей микроинтерферометром МИИ-4.

ЦТМ-5 предназначен для измерения деформаций в деталях и узлах машин, конструкций и т.п. при помощи тензорезисторов, включаемых по полумостовой схеме. Диапазон измерений от 0000 до 3999x5 ЕОД — единиц относительной деформации, цена одной единицы дискретности показаний прибора 5 ЕОД, время одного измерения не более 1,2 с., питание от сети переменного тока напряжения  $220^{+22}_{-33}$  В, частотой  $50 \pm 1$  ГЦ, сопротивление применяемых тензорезисторов от 50 до 200 Ом, основная погрешность показаний прибора не более 20 ЕОД.

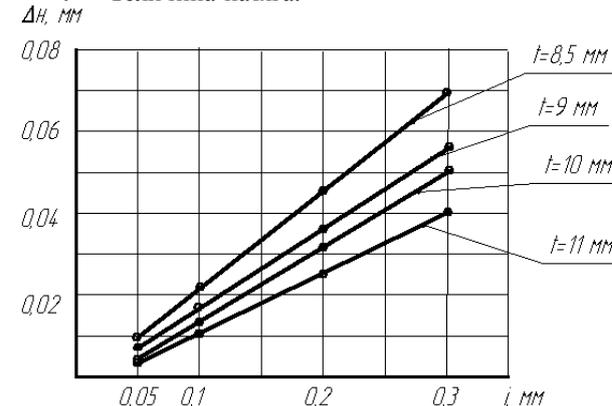
При исследовании влияния натяга на деформацию детали использовались заготовки с различной толщиной стенки. Результаты экспериментальных исследований влияния натяга на увеличение наружного диаметра приведены в табл. 1.

В ходе эксперимента было получено семейство характеристик (рисунок). Проведенная линейаризация полученных результатов имела отклонение от средней характеристики 1..2 %, что позволило ввести коэффициент изменения размеров ( $a$ ), тогда

$$\operatorname{tg} a = \Delta H/i, \quad (1)$$

где  $\Delta H$  — изменение наружного диаметра;

$i$  — величина натяга.



Влияние натяга на характеристику обработки

Максимальная величина натяга, допустимая параметром шероховатости, может быть абсолютно не допустима степенью деформации наружного диаметра тонкостенной детали.

Таблица 1

ВЛИЯНИЕ НАТЯГА НА УВЕЛИЧЕНИЕ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА

$i$ , мм	$\Delta H$ , мм			
	$t = 8,5$ мм	$t = 9$ мм	$t = 10$ мм	$t = 11$ мм
0,05	0,01	0,008	0,006	0,004
0,1	0,025	0,02	0,015	0,013
0,2	0,045	0,035	0,03	0,028
0,3	0,07	0,055	0,05	0,04
0,4	0,085	0,07	0,06	0,055

Как видно, изменение наружного диаметра от натяга имеет прямую зависимость. Коэффициент  $a$  является функцией толщины, поэтому нашей задачей стало связать этот коэффициент с толщиной стенки детали. Для этого надо было получить аналитическую зависимость толщины стенки от коэффициента изменения размера (табл.2).

Таблица 2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА А ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ С ОПРЕДЕЛЕННОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ, Т

Толщина стенки $t$ , мм	11	10	9	8,5
Значение коэффициента $a$	0,1333	0,1666	0,1833	0,2333

Использовался метод наименьших квадратов, чаще всего применяемый при обработке

статистических данных и основанный на минимизации дисперсии.

Данный метод математической статистики позволил получить аналитические зависимости:

$$t = 20,932 \cdot a^{-4,425a}; \quad (1^*)$$

$$t = 3,655 \cdot a^{-0,536}; \quad (2^*)$$

$$t = 5,655 + \frac{0,579}{a}; \quad (3^*)$$

$$t = \frac{1}{0,422a + 0,036}. \quad (4^*)$$

С использованием программы Excel рассчитаны значения толщины для любого коэффициента изменения размера из диапазона от 0,1 до 0,3.

Выбрав за контрольные точки значения коэффициента из табл. 2, получим величину расхождения результатов (табл. 4).

Как видно из таблицы, более точной является формула (4\*).

Тогда величина толщины стенки:

$$t = \frac{1}{0,422a + 0,036}. \quad (2)$$

Следовательно, определение величины натяга, допустимого изменением наружного диаметра, возможно

$$i = \frac{0,422 \cdot \Delta H \cdot t}{1 - 0,036 \cdot t}. \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой установленную математическую модель натяга, допустимого пределом деформации при комбинированной обработке. При этом величина натяга является функцией толщины стенки изделия, что позволяет использовать эту зависимость для обеспечения прогнозируемых качественных характеристик поверхностного слоя. Эта зависимость применима только для деталей с отношением  $D_0/d_0 \leq 1,6$ . Зависимость была проверена на контрольных точках и на точках, не вошедших в эксперимент. Расхождение не превысило 3 % (рис. 2).

На величину собственной случайной погрешности при комбинированной обработке наибольшее влияние может оказать непостоянство механических свойств материала заготовок. Например, колебания предела текучести в партии заготовок  $T(\sigma_T) = 200$  МПа при диаметре  $d_0 = 40$  мм,  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа может привести к возникновению случайной погрешности операции  $d_0/E \cdot T(\sigma_T) = 40$  мкм. Поэтому для повышения точности можно рекомендовать предварительную термическую обработку, обеспечивающую стабильные механические свойства материала [3].

Из-за неодинаковых условий пластического деформирования отверстия в цилиндрах на расстоянии 2-4 мм от торцов имеют диаметр, отличающийся на 0,02-0,1 мм от диаметра на остальной длине цилиндра (у толстостенных деталей диаметр увеличивается, у тонкостенных — уменьшается). В связи с этим целесообразно вести изготовление длинных заготовок и затем разрезать их на отдельные детали.

Для вновь проектируемого процесса часто возникает необходимость проведения экспериментальной проверки размеров комбинированного инструмента. С учетом фактических значений размеров отверстий и свойств обрабатываемого материала может проводиться корректирование величины натяга деформирующего элемента развертки.

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ

Коеф. <i>a</i>	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3
ф-ла (1)	13,488	12,353	11,313	10,361	9,489	8,691	7,959	7,29	6,676	6,114	5,6
ф-ла (2)	12,079	10,955	10,086	9,389	8,815	8,331	7,916	7,555	7,238	6,956	6,704
ф-ла (3)	11,445	10,48	9,79	9,27	8,87	8,55	8,286	8,067	7,881	7,722	7,585
ф-ла (4)	12,787	11,542	10,517	9,659	8,932	8,305	7,761	7,284	6,82	6,486	6,15

Таблица 4

ВЕЛИЧИНА РАСХОЖДЕНИЯ

Толщина стенки	Значение коэффициента <i>a</i>	Ф-ла (1*)	Ф-ла (2*)	Ф-ла (3*)	Ф-ла (4*)
8,5	0,2333	8,136783	7,437565	7,670904	7,50743
9	0,1833	8,813756	8,82203	8,729589	9,35256
10	0,166	9,142952	9,429337	9,205999	10,09142
11	0,133	10,00838	10,8547	10,36727	11,66655
Ср. значение расхождения		1,654413	1,847394	2,05169	0,381949

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг А.М., Розенберг О.А. О раздаче трубных заготовок внутренним давлением // Прикладная механика. 1976. №10. С. 133-137.
2. Монченко В.П. Обработка отверстий с большими натягами в деталях втулок. Технология обработки давлением. М.: НИИМАШ, 1965. 126 с.
3. Шнейдер Ю.Г. Технология финишной обработки давлением. СПб.: Политехника, 1998. 412 с.

УДК 531+681

А.З. ИСАГУЛОВ  
С.Ш. КАЖИКЕНОВАМатематическое моделирование течения  
расплава меди

В связи с потребностями металлургической промышленности возник значительный интерес к методам интегрирования уравнений гидродинамики, являющихся уравнениями составного типа. Численное моделирование сложных течений высокотемпературных расплавов в технологическом оборудовании стало возможным путем решения уравнений Навье-Стокса. Рассмотрим течение расплава в наклонном желобе плавильного оборудования линии SCR-2000 (рис. 1).

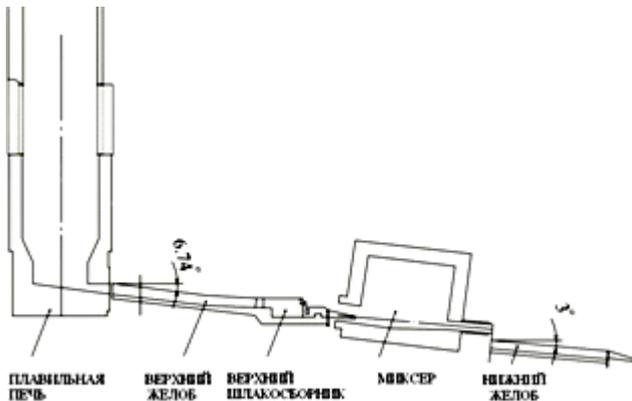


Рис. 1. Эскиз расположения плавильного оборудования линии SCR-2000

Уравнения Навье-Стокса для течения расплава меди в нижнем желобе с углом наклона  $3^\circ$  можно трактовать и записать следующим образом. Направим ось  $Oz$  по оси желоба, предполагая, что конструкция желоба бесконечно длинная, а поток расплава направлен вдоль оси желоба так, что из трех компонентов скорости  $u, v, w$  остается лишь один  $w$ , поэтому  $u=0, v=0$ . Пусть поток расплава будет изотермическим, тогда плотность  $\rho$  и коэффициент вязкости  $\mu=const$ . Следовательно, уравнения Навье-Стокса запишем в виде:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0, \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0, \\ w \frac{\partial w}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \gamma \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial w}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Как видно из системы уравнений (1), скорость  $w$  представляет функцию только от координат  $x, y$ , кроме того, функция давления  $p$  является функцией от  $z$ . На основании (1) получаем уравнение:

$$\frac{dp}{dz} = \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right). \quad (2)$$

Правая часть уравнения (2) представляет функцию от  $x, y$ , тогда как левая часть является функцией  $z$ . Из основных положений гидродинамики следует:  $dp/dz = -\Delta p/l$ , где  $\Delta p$  — падение давления на произвольно выбранном участке,  $l$  — длина желоба. Кроме того, благодаря наличию свободной поверхности расплава в желобе давление равно атмосферному. Поскольку желоб наклонен к горизонту под некоторым углом  $\alpha$ , то возникает объемная сила, проекция которой на ось  $Oz$  равна  $F_z = g \sin \alpha = \Delta p/l$ .

Тогда уравнение движения (2) в направлении  $Oz$  примет вид:

$$\mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \rho g \sin \alpha = 0. \quad (3)$$

Для решения полученного уравнения необходимы граничные условия. Эти условия будут определяться прилипанием расплава к дну желоба и отсутствием трения на свободной поверхности расплава. Обозначим глубину потока через  $h_2$ , а ширину желоба через  $h_1$ . Тогда граничные условия задачи записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} w &= 0 \text{ при } y = 0, \\ \frac{\partial w}{\partial y} &= 0 \text{ при } y = h_1, \\ \frac{\partial w}{\partial x} &= 0 \text{ при } x = h_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, уравнение (3) с граничными условиями (4) будет описывать процесс течения расплава в конкретных конструкциях типа желоба. Сечение нижнего желоба представлено в соответствии с рис. 2 и в нем показан уровень расплава. Численные параметры определены по следующим расчетам:

площадь сегмента есть  $S = \frac{[lr - a(r-h)]}{2}$ , где  $\alpha$  — хорда (83 мм),  $h$  — стрела (18 мм),  $r$  — радиус сегмента (57,5 мм),  $l$  — длина дуги ( $l \approx \sqrt{a^2 + (16h^2/3)}$  = 92,8 мм).

Следовательно, 
$$S = \frac{\left[ 92,8 \cdot \frac{115}{2} - 83 \left( \frac{115}{2} - 18 \right) \right]}{2} = 1029 \text{ мм}^2.$$

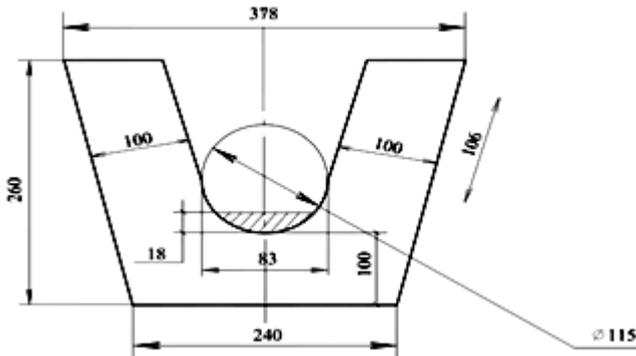


Рис. 2. Сечение нижнего желоба

Тогда секундный расход расплава составляет  $Q=3,61$  кг/с. С учетом этого можно определить среднюю скорость течения расплава, которая равна  $v_{cp}=0,45$  м/с. В расчетах использовались постоянные размеры шагов  $\Delta x=\Delta y=0,02$ . Временной шаг в расчетах был выбран равным  $\Delta t = 0,001$ .

Распределение скоростей течения в нижнем желобе при температурах 1358, 1398, 1438, 1478, 1518, 1558, 1598, 1638 К в проекциях на плоскость XOY и также в пространстве XYZ представлены в соответствии с рис. 3. Видно, что линии постоянной скорости, то есть изотакхи, меняются от 0,64 до 0,01 м/с. Причем максимальная скорость течения достигается на самой поверхности, а на дне желоба она практически равна нулю. То есть полностью согласуется с условиями уравнений (4). Средняя величина изолинии скорости примерно равна средней скорости течения расплава  $v \approx 0,40$  м/с. Шаг расчета для всех температур оставался постоянным.

По логике построения изолиний количество их должно оставаться постоянным. Но в данном случае

ситуация другая. Число изолиний при соответствующих температурах следующее:

T, К	1358	1398	1438	1478	1518	1558	1598	1638
n — число изолиний	19	21	23	24	26	28	12	12

Эти данные показывают, что число изолиний проходит через максимум при температуре 1558 К. При меньших температурах, например при 1358 К, а также при больших температурах, например при 1598 К, распределение скоростей не так плотно. Это, возможно, связано с тем, что расплав вблизи температуры плавления неоднороден из-за существования в нем кластерных образований. А неоднородность при температурах 1598 К и выше связана с тепловым разрыхлением структуры расплавленного металла.

Данный метод расчета может быть непосредственно применен, например, для расчета движения расплава меди при розливе из конвертеров, из анодных печей, а также в линии непрерывного литья и прокатки при производстве медной катанки. Нужно сказать, что неоднородность при 1598 К и более не является технологически целесообразной, поскольку связана с тепловым разрыхлением, что приводит к образованию механических дефектов готовой продукции.

Примечательно, что эта температура близка к оптимальной температуре литья розлива меди на СП «Казкат» в Жезказгане.

Таким образом, теоретические выкладки по расчету оптимальной температуры текучести (вязкости) в равновесной системе и с учетом скорости движения расплава являются согласованными, находясь в интервале оптимума 1423-1558 К, близкого к температурам реального движения расплавов в промышленных условиях.

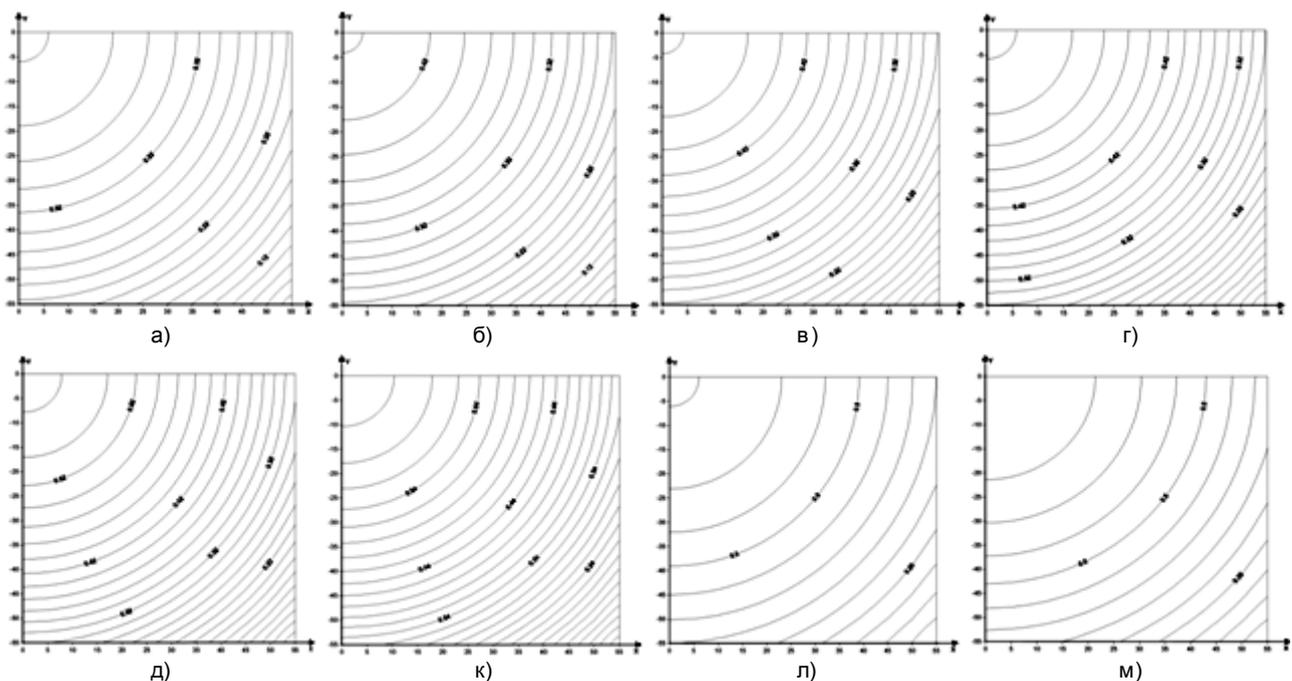


Рис. 3. Изолинии скорости — а), б), в), г), д), к), л), м) при температурах 1358 К, 1398 К, 1438 К, 1478 К, 1518 К, 1558 К, 1598 К, 1638 К, соответственно

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кажикенова С.Ш.  $\varepsilon$ -аппроксимация температурной модели неоднородных жидкостей с учетом диссипации энергии // Вестник КазНУ. Сер. мат., мех., инф. 2002. №3 (31). С. 96-98.
2. Нурмагамбетова А.М., Кажикенова С.Ш., Абдрахманов Б.Т. Вязкость и текучесть расплава меди с точки зрения концепции хаотизированных частиц // Вестник КазНУ. Сер. Химия. 2005. № 4. С. 113-122.

УДК 621.771.23

А.Б. НАЙЗАБЕКОВ  
М.А. ЗИМАКОВА

### Исследование влияния технологических параметров прокатки на распределение механических свойств марки стали X60 по длине горячекатаных полос

Для горячекатаного проката, предназначенного для производства труб, требования к механическим свойствам более жесткие, чем к конструкционному прокату.

На механические свойства горячекатаных полос влияет много факторов:

- химический состав стали;
- температурные режимы конца прокатки и смотки;
- деформационные и скоростные режимы прокатки и режимы охлаждения полос на отводящем рольганге;
- нагрев слябов в методических печах.

Дополнительными условиями являются: углеродный эквивалент, характеризующий свариваемость материала; испытания на удар при температуре, соответствующей наиболее низкой температуре региона, где будет эксплуатироваться трубопровод; соотношения между пределом прочности и пределом текучести. Одним из основных требований, предъявляемых к трубным сталям, является обеспечение химического состава и механических свойств по длине и ширине горячекатаных полос. Для получения таких данных на УД АО «Миттал Стил Темиртау» в соответствии с существующим заказом прокатали партию металла марки X60 ( $C$  — 0,08 %;  $Mn$  — 1,3 %;  $Si$  — 0,3 %;  $P$  — 0,010 %;  $S$  — 0,003 %,  $N$  — 0,004 %;  $Nb$  — 0,04 %) толщиной 6 мм.

Минимальную температуру нагрева слябов профилем 200x1300 мм в методических печах определили из условия полного растворения в аустените карбидов и карбонитридов ниобия. Длительность томления 210 мин при температуре 1250-1280 °С выбирали из учета того, что перепад температур по сечению сляба не должен превышать 30 °С. Прокатку полос толщиной 6 мм производили с температурой конца прокатки 860-900 °С и температурой смотки полос 630-670 °С.

Для проведения анализа распределения механических свойств по длине и ширине полосы образцы отбирались в соответствии со схемой (рис. 1). Для этого рулон порезали листами на агрегате поперечной резки. Отбор карт производили из пяти

мест по длине полосы и из трех мест по ширине полосы.

Произведенный анализ химического состава полученных образцов показал, что распределение содержания химических элементов по длине и ширине полос очень равномерное, следовательно, на равномерность распределения механических свойств будет оказывать влияние не только распределение температур конца прокатки и смотки, а также разница охлаждения по длине, ширине и толщине полос.

При опытной прокатке марки X60 на НШПС 1700 наблюдалась неравномерность распределения температур конца прокатки и смотки по длине полос (рис. 2). Головная и хвостовая части полосы имели более высокие температуры, чем средняя часть, что указывает на неравномерность температур по длине подката перед чистовой группой и неравномерность охлаждения на отводящем рольганге. Из литературных источников [1-3] известно, что большой градиент температур по длине полосы отрицательно сказывается на равномерности распределения механических свойств трубных сталей в готовом продукте.

Распределение механических свойств по длине и ширине полос толщиной 6 мм марки X60 имело следующие интервалы:

- предел текучести находился в диапазоне от 480 до 510 МПа и в среднем составил 497 МПа (по API 5L для X60 не менее 414 МПа);
- предел прочности находился в диапазоне от 550 до 580 МПа и в среднем составил 573 МПа (по API 5L для X60 не менее 517 МПа);
- относительное удлинение — от 31 до 41 % и в среднем составило 35 %;
- поглощенная энергия KV0 — от 63 до 112 Дж и в среднем составила 81 Дж (по API 5L для X60 не менее 27 Дж).

Полученный разбег значений механических свойств по длине и ширине полосы объясняется неравномерностью распределения температуры конца прокатки и смотки по телу полосы. Испытания на изгиб на 180° при внутреннем радиусе  $1,5 \cdot h$  прошли удовлетворительно — расслоения на образцах не отмечалось.

**Схема отбора и маркировки образцов для горячекатаных полос марки X60**

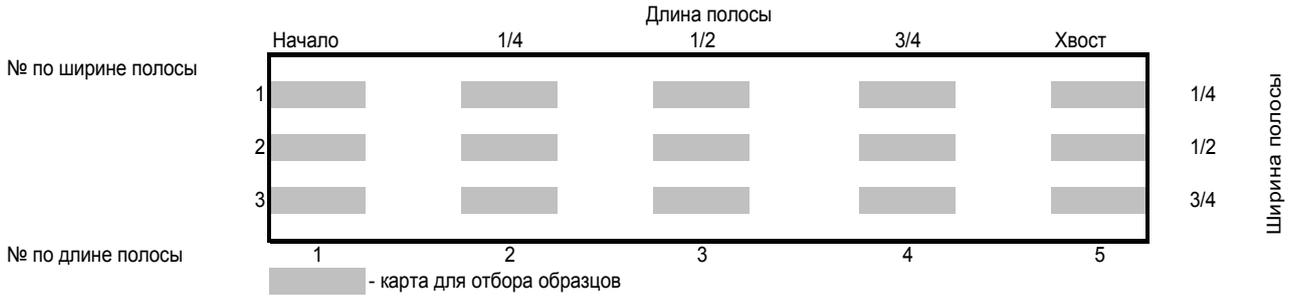


Рис. 1. Схема отбора карт для проведения механических испытаний

Микроструктура получаемого зерна также неоднородна по длине полосы (рис. 3), особенно на хвостовых участках, что связано с неравномерным распределением температур конца прокатки и смотки по длине полос, а также неудовлетворительной работой существующей системы ламинарного охлаждения полос в линии стана горячей прокатки. Система ламинарного охлаждения полос не успевает компенсировать температурные колебания и стабилизировать температуру на первых метрах полосы.

Анализ полученных данных с помощью математической модели позволил получить регрессионные модели зависимости механических свойств от температурных режимов прокатки и смотки. Зависимость предела прочности полос толщиной 6 мм от температур конца прокатки и смотки приведена на рис. 4.

Из полученных зависимостей (рис. 4г, 4д) видно, что при увеличении температуры смотки горячекатаных полос пределы прочности и текучести уменьшаются, а с увеличением градиента температур (рис. 4е) поглощенная энергия увеличивается. Полученный разбег значений механических свойств по длине и ширине полосы в зависимости от

распределения температуры конца прокатки и смотки по телу полосы наглядно представлен на рис. 4 (а,б).

Проведенные исследования влияния технологических параметров прокатки на распределение механических свойств позволяют дать заключение, что в условиях УД АО «Миттал Стіл Темиртау» прокатка полос трубной марки X60 толщиной 6 мм с температурой конца прокатки 860-920 °С и температурой смотки 630-680 °С обеспечивает механические свойства, соответствующие требованиям стандарта API 5L PSL2 [4] для марок X60.

С целью повышения равномерности распределения механических свойств и микроструктуры по длине и толщине полос следует:

- соблюдать равномерный нагрев непрерывно-литых слябов в методических печах;
- производить прокатку полос в черновой группе стана с соблюдением равномерности градиента температур по телу подката;
- производить прокатку полос в чистовой группе стана с равномерностью температур конца прокатки и смотки в диапазоне  $\pm 15$  °С;
- произвести реконструкцию системы ламинарного охлаждения полос и скорректировать стратегию охлаждения горячекатаных полос.

**Температура конца прокатки и смотки полос толщиной 6 мм марки X60**

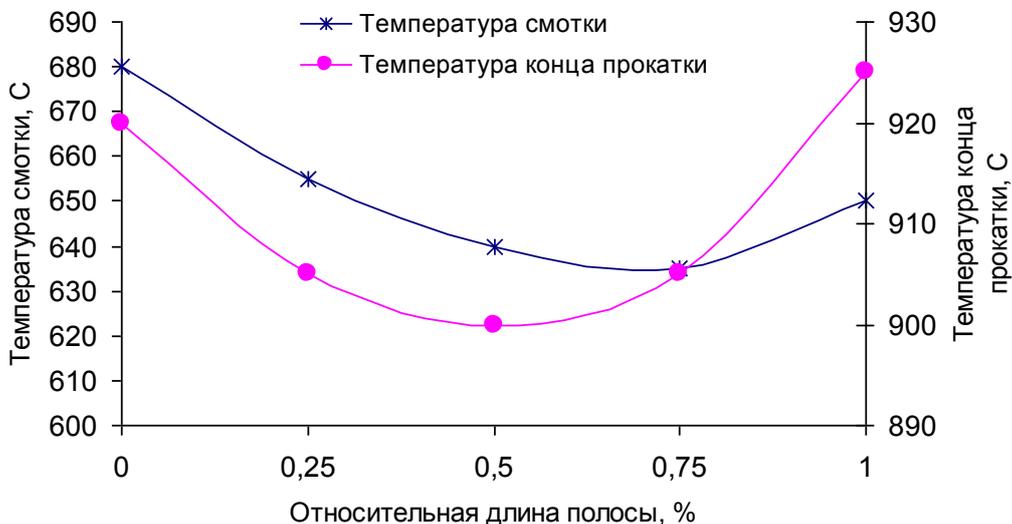


Рис. 2. Распределение температур конца прокатки и смотки по длине горячекатаной полосы марки X60

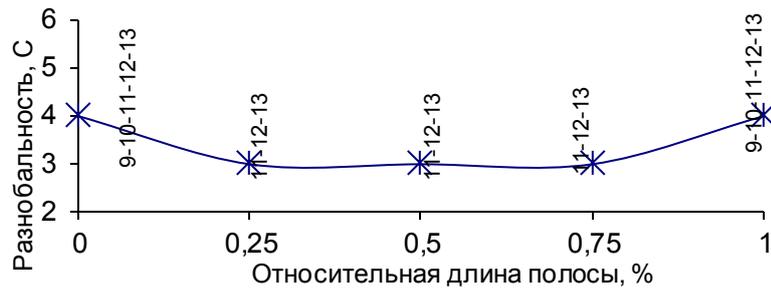
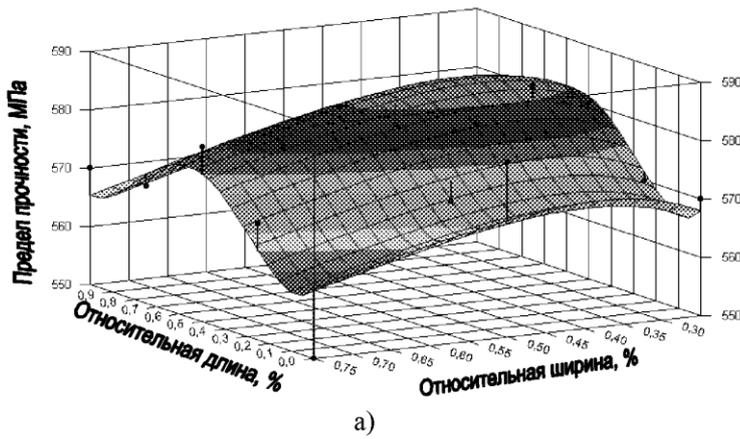
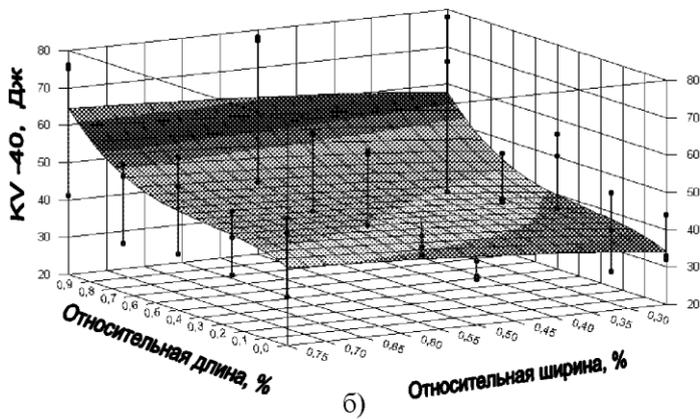
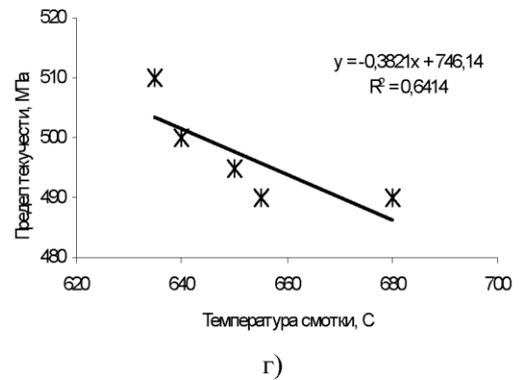


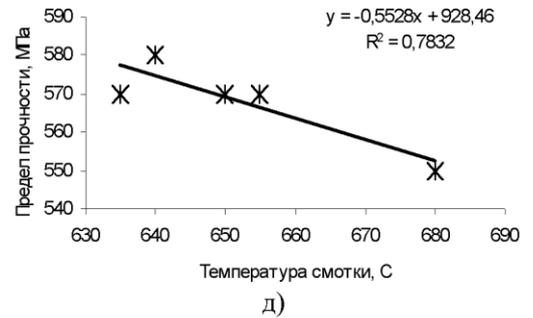
Рис. 3. Распределение балла зерна по длине горячекатаной полосы марки Х60



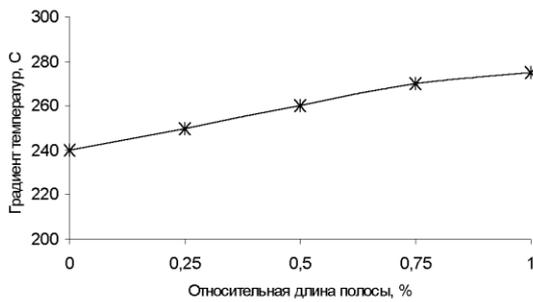
Зависимость предела текучести от температуры смотки - толщина 6 мм марка Х60



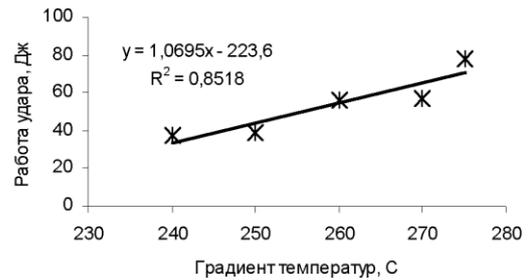
Зависимость предела прочности от температуры смотки - толщина 6 мм марка Х60



Градиент температур (Ткп-Тсм) по длине полосы толщиной 6 мм марки Х60



Зависимость работы удара (KV-40С) от градиента температур (Ткп-Тсм) - толщина 6 мм марка Х60



в)

е)

Рис. 4. Распределение механических свойств по длине и ширине горячекатаной полосы толщиной 6 мм из марки стали Х60

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контролируемая прокатка / В.И. Погожельский, Д.А. Литвиненко, Ю.И. Матросов, А.В. Иваницкий. М.: Металлургия, 1979. 184 с.
2. Ниобийсодержащие низколегированные стали / Ф. Хайстеркамп, К. Хулка, Ю.И. Матросов, Ю.Д. Морозов, Л.И. Эфрон, В.И. Столяров, О.Н. Чевская. М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. 94 с.
3. Сталь для магистральных трубопроводов / Ю.И. Матросов и др. М.: Металлургия, 1989. 288 с.
4. API Spec. 5L Технические условия на трубы для трубопроводов. Издание 42, апрель 2000.

УДК 621.771.41:662.614

В.И. ИЛЬКУН  
М.И. СИТКИН

### Исследование температурных режимов работы подшпипников скольжения сдвоенных мультипликаторов привода валков двухклетевого прокатно-дрессировочного стана 1400

Для привода рабочих валков некоторых двухклетевых прокатно-дрессировочных станов (далее ДПДС) применяют индивидуальный привод каждого рабочего валка через сдвоенные мультипликаторы, называемые комбинированными редукторами (рис. 1). Сдвоенный мультипликатор представляет собой корпус, в котором расположены две не связанные между собой повышающие зубчатые передачи (мультипликаторы), каждая из которых от индивидуального электродвигателя передает крутящий момент на

отдельный рабочий валок (рис.1). В связи с работой ДПДС-1400 АО «Миттал Стил Темиртау» в весьма тяжелом режиме провели оценку изменения температур подшпипников скольжения шестеренных валков мультипликатора клетки № 2 (в качестве опор шестеренных валков используются высокоскоростные подшпипники скольжения жидкостного трения). Техническая характеристика привода клеток № 1 и № 2 ДПДС-1400 приведена в табл.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИВОДА РАБОЧИХ ВАЛКОВ КЛЕТЕЙ ДПДС-1400

№	Параметр	Клеть № 1	Клеть № 2
1	Суммарный крутящий момент на выходных валах редуктора, кН·м	52	78
2	Частота вращения выходных валов редуктора, мин <sup>-1</sup>	475÷1890	500÷1280
3	Передаточное число редуктора	0,844	0,626
4	Модуль зубчатого зацепления, мм	6	6
5	Межосевое расстояние, мм	500	560
6	Электродвигатель: -тип электродвигателя -мощность, кВт -частота вращения, мин <sup>-1</sup>	2МП 1250-400 2×630/400 400/1000/1600	2МП 200-315 2000 315÷800
7	Смазка зубчатой передачи и подшпипников скольжения	От централизованной системы жидкой смазки, с вязкостью масла 60 сст	

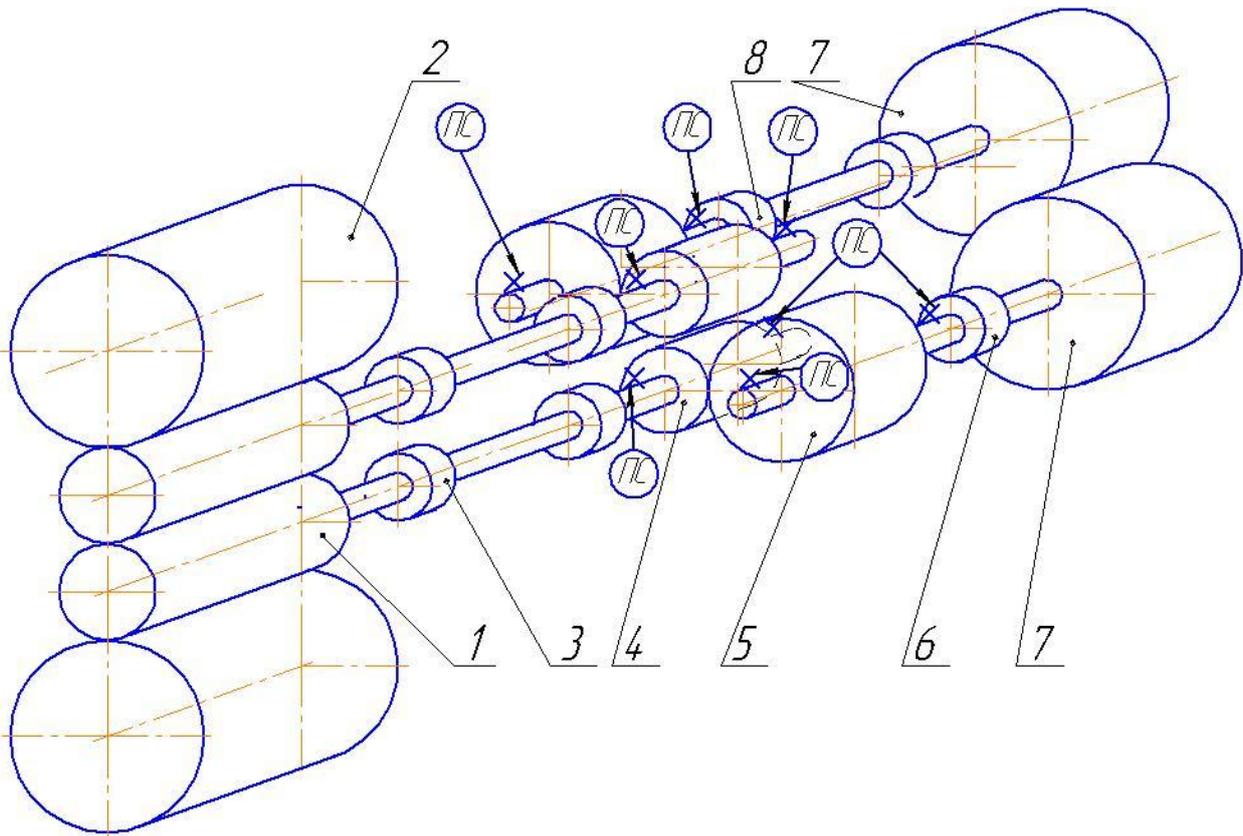


Рис. 1. Кинематическая схема привода рабочих валков клетей № 1 и № 2 ДГДС-1400: 1 — рабочие валки; 2 — опорные валки; 3 — шпindelь; 4 — шестеренный валок выходной; 5 — шестеренный валок входной; 6 — муфта; 7 — электродвигатель; 8 — промежуточный вал; х-места установки термометров сопротивления на подшипнике скольжения шестеренных валков мультипликатора; П-подшипник скольжения. Примечание: В приводе валков клетки № 1 ДГДС-1400 в отличие от клетки № 2 каждый валок приводится во вращение от двух последов ательно установленных электродвигателей.

Для регистрации текущих значений температур указанных подшипников скольжения каждого из сдвоенного мультипликаторов применяются устройства контроля и регистрации ФШЛ 501-05 (ТУ 25-7217. 9009-89), при скорости диаграммной ленты 20 мм/ч. Сигнал к регистрирующим приборам поступает от термометров сопротивления ТСМ 6097,  $L=160$  мм, установленных на каждом подшипнике всех шестеренных валков (всего 8 точек замера на каждом сдвоенном мультипликаторе) (рис. 1).

Для определения температур подшипников скольжения обработали термограммы сдвоенного мультипликатора клетки № 2 ДГДС-1400 за один месяц. Термограмма температур подшипников скольжения показаны на рис. 2.

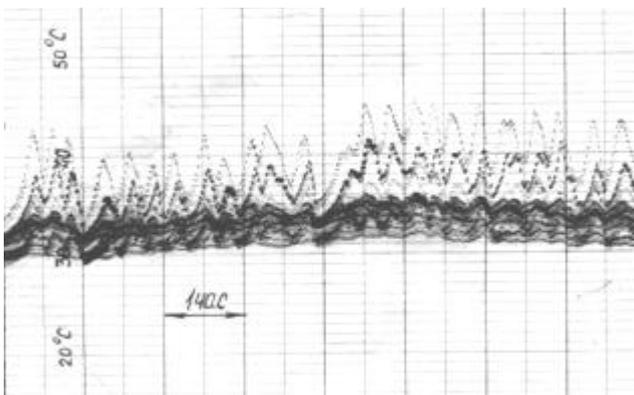


Рис. 2. Термограмма изменения температур подшипников скольжения сдвоенного мультипликатора привода рабочих

валков клетки № 2 ДГДС-1400 (кривая отражает изменения температур восьми подшипников скольжения)

Значения средних температур  $\bar{t}_{\max}$  и  $\bar{t}_{\min}$  определили по формулам

$$\bar{t}_{\max} = \frac{t_{1\max} \cdot n_{1\max} + t_{2\max} \cdot n_{2\max} + \dots + t_{n\max} \cdot n_{n\max}}{100\%}, \quad (1)$$

$$\bar{t}_{\min} = \frac{t_{1\min} \cdot n_{1\min} + t_{2\min} \cdot n_{2\min} + \dots + t_{n\min} \cdot n_{n\min}}{100\%}, \quad (2)$$

где  $t_{1\max}, t_{2\max}, \dots, t_{n\max}$  — среднее значение максимальных температурных интервалов (°С) на гистограммах (рис. 3 а);  
 $n_{1\max}, n_{2\max}, \dots, n_{n\max}$  — частоты соответствующих максимальных температурных интервалов (%) на гистограммах (рис. 3 а);  
 $t_{1\min}, t_{2\min}, \dots, t_{n\min}$  — среднее значение минимальных температурных интервалов (°С) на гистограммах (рис. 3 б);  
 $n_{1\min}, n_{2\min}, \dots, n_{n\min}$  — частоты соответствующих минимальных температурных интервалов (%) на гистограммах (рис. 3 б).

В результате расчетов по формулам (1) и (2) данных расшифровки термограмм (рис. 2), представленных в виде гистограмм на рис. 3, получили средние температуры вкладышей подшипников скольжения  $t_{\max} = 40,05$  °С,  $t_{\min} = 30,09$  °С, при допустимой температуре отводимого от подшипников масла не более 60 °С.

Учитывая, что регистрация температур подшипников проводилась в летний период, можно заключить об их незначительном нагреве. Вычисление дисперсий проводили по методике [1] с использованием формулы:

а) для максимальных значений температур

$$S_{\max}^2 = \frac{1}{n_{i\max}} \left[ \sum t_{i\max}^2 - \frac{(\sum t_{\max})^2}{n_{i\max}} \right],$$

где  $n_{i\max}$  — количество интервалов максимальных температур (рис. 3 а);

б) для минимальных значений температур

$$S_{\min}^2 = \frac{1}{n_{i\min}} \left[ \sum t_{i\min}^2 - \frac{(\sum t_{\min})^2}{n_{i\min}} \right],$$

где  $n_{i\min}$  — количество интервалов минимальных температур (рис. 3 б).

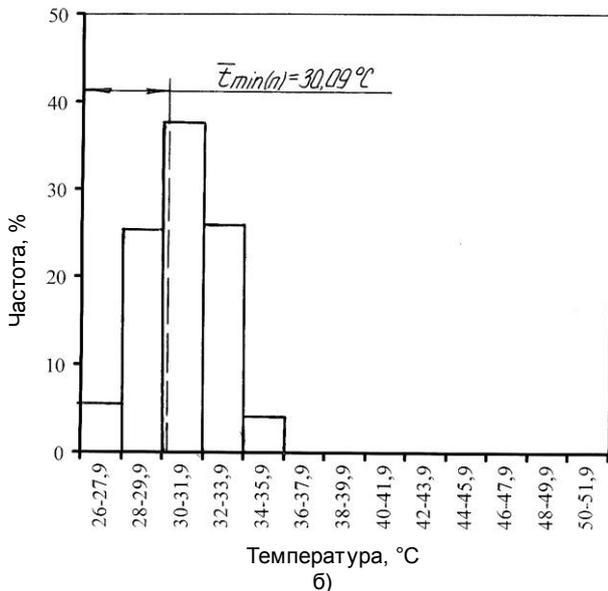
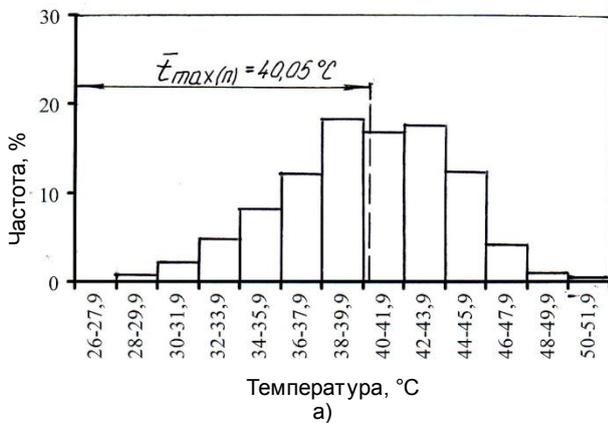


Рис. 3. Гистограммы: а)-максимальных и б)-минимальных температур подшипников скольжения шестеренных валков сдвоенного мультипликатора клетки № 2 ДГДС-1400

После подсчета числовых значений, взятых из гистограмм, получили

$$S_{\max}^2 = 43,37; S_{\min}^2 = 6,67 (n_{\max} = 12; n_{\min} = 5).$$

Для проверки гипотезы о значимости (незначимости) расхождений максимальных и минимальных температур подшипников скольжения шестеренных валков сдвоенного мультипликатора сравнивали максимальные  $S_{\max}^2$  и минимальные  $S_{\min}^2$  дисперсии, пользуясь критерием Фишера [1]:

$$F = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} = \frac{43,37}{6,67} = 6,5.$$

По [1] (табл. 8, Приложение 3) имеем, что при  $\kappa_1 = (n_1 - 1) = 11$  и  $\kappa_2 = (n_2 - 1) = 4$  критерий Фишера  $F_{0,999} = 10,4$ .

Таким образом,  $F < F_{0,999}$  ( $6,5 < 10,4$ ). Следовательно расхождение в дисперсиях между  $t_{\max}$ ,  $t_{\min}$  можно считать незначимым и принять для расчетов среднее значение температур:

$$\bar{t}_{\text{н}} = \frac{\bar{t}_{\max} + \bar{t}_{\min}}{2} = \frac{40,05 + 30,09}{2} = 35,7 \text{ } ^\circ\text{N},$$

что свидетельствует о нормальном температурном режиме работы подшипников скольжения шестеренных валков сдвоенных мультипликаторов (комбинированных редукторов) привода валков ДПДС-1400.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968. 288 с.

УДК 669.2.8.66.093.3:549.31

У.А. ТУРУМБЕТОВ  
 К.Ж. ЖУМАШЕВ  
 Ж.У. БУКАНОВ  
 А.К. НАРЕМБЕКОВА  
 Ж.Н. ШАЯХМЕТОВА

## Разработка и оптимизация процесса направленной гидрокаталитической десульфуризации полиметаллического сульфидного сырья

Существующие технологии обогащения сульфидных руд не обеспечивают цветную металлургию качественными селективными концентратами. Извлечение меди, свинца и цинка из сырья в среднем составляет соответственно 80-85, 70-75, 60-65 %. При этом в отвалах накапливаются миллионы тонн пиритных хвостов обогащения, которые не используются в цветной металлургии из-за сложности их переработки, а в черной — ввиду низкого содержания железа.

Опыт многолетней практики показывает, что эффективность комплексного использования пиритсодержащего сырья достигается использованием высококачественных пиритных концентратов, применением способов, позволяющих получать элементарную серу или серную кислоту, кондиционный железный концентрат и концентрат цветных металлов.

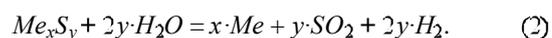
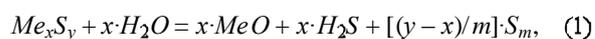
Сырьевые ресурсы пиритных полиметаллических руд и концентратов Казахстана отличаются многокомпонентным составом, наличием значительных количеств пустой породы и цветных металлов, что не позволяет достичь высокой степени комплексности их использования. По этой причине до сих пор из пиритного сырья извлекаются только сера в виде серной кислоты, а огарки, содержащие большое количество ценных металлов, миллионами тонн складываются в отвалах. Расчеты эффективности перспективных технологических рекомендаций показывают, что наиболее выгодным процессом является гидрокаталитический обжиг пиритных концентратов с получением элементарной серы и огарка, который после восстановительного обжига разделяется магнитной сепарацией на магнетитовый концентрат и концентрат цветных металлов.

В этой связи практический и научный интерес представляет комбинированная схема термомагнитного обогащения, которая заключается в гидрокаталитическом обжиге пиритсодержащего полиметаллического сырья с восстановительным обжигом десульфуризованного промпродукта с целью разделения магнитной сепарацией концентратов цветных металлов и железа.

По данным лабораторных исследований, применение этой комбинированной схемы обеспечивает перевод до 70-90 % пиритной серы в элементарную и газовую фазу, извлечение до 80 % железа в магнитную фракцию, при этом в немагнитной фракции концентрируются цветные металлы.

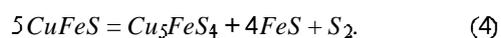
К числу способов, позволяющих осуществлять направленные превращения, относится процесс автогидрокаталитического обжига. Сущность метода сводится к перестройке структуры минералов. В зону

десульфурации подается паровоздушная смесь, где протекают реакции:

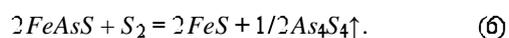
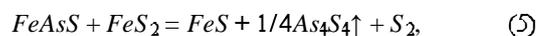


Сульфиды  $Cu_3S_5$ ,  $Co_3S_4$ ,  $WS_2$ ,  $CuFeS_2$  в интервале температур 200-800 °С взаимодействуют с парами воды, реагируют с выделением сероводорода (реакция 1),  $PbS$ ,  $ZnS$ ,  $CdS$  — с выделением только  $SO_2$  (реакция 2). Причем в низкотемпературной области выделяется  $H_2S$ , а в более высокой —  $SO_2$ .

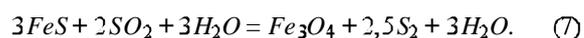
Упорность пирита в сравнении с другими сульфидами объясняется особенностями его кристаллической структуры. Поведение пирита, которого в руде значительно больше, в атмосфере перегретого водяного пара в присутствии кислорода должно определять большинство технологических параметров реакций с выделением серы:



Сульфидирование арсенопирита происходит по двум параллельно протекающим реакциям:

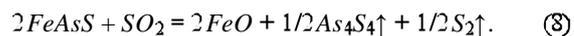


Наличие паров воды оказывает каталитическое действие и способствует рациональному использованию серы, находящейся в сырье,



Поэтому в отличие от других способов гидрокаталитический обжиг не требует дополнительного количества сульфидизатора для удаления мышьяка.

Взаимодействие сернистого газа легче протекает при обжиге арсенопиритных, золото-мышьяковых концентратов, где основной фазой мышьяка и серы является арсенопирит:



Паровоздушная обработка при температурах 600-750 °С обеспечивает десульфурацию пирита, получение железного огарка, включающего цветные металлы, удаление дымовых газов в нетоксичных формах (мышьяка, серы).

Укрупненно-лабораторная установка, предназначенная для паро-воздушного обжига сульфидных материалов [1], представляет собой конструкцию из стали и состоит из вертикальной шахтной печи 1 (рис. 1), разделенной на зоны диссоциации 2 и паровоздушного обжига 3, а также —

виброразгрузчика 4, комбинированной топки на базе трубчатой электропечи 5, трубчатой электропечи для подогрева воздуха 6, электропароперегревателя 7, двух компрессоров для подачи воздуха 8, а также — двух пылеосадительных камер 9, вентилятора 10, камеры катализа 11, электропечи для подогрева камеры катализа 12, конденсатора 13, емкостей для мокрой газоочистки 14, вакуум-насоса 15, контрольно-измерительной аппаратуры.

Шахтная печь [2] состоит из шахты с вертикальными колосниковыми решетками с противоположных сторон, разделенной по высоте на две зоны — зажигания и обжига. К зонам зажигания и обжига через колосниковые решетки с двух противоположных сторон установлены рукава, через которые осуществляется соответственно подача и отвод паровоздушной смеси и горячих газов, механически вынесенной мелочи. Подача горячего воздуха к зоне зажигания осуществляется через трубчатую электропечь-топку. Подача паровоздушной

смеси к зоне обжига осуществляется через смеситель воздуха из трубчатой электропечи и пара из электропароперегревателя.

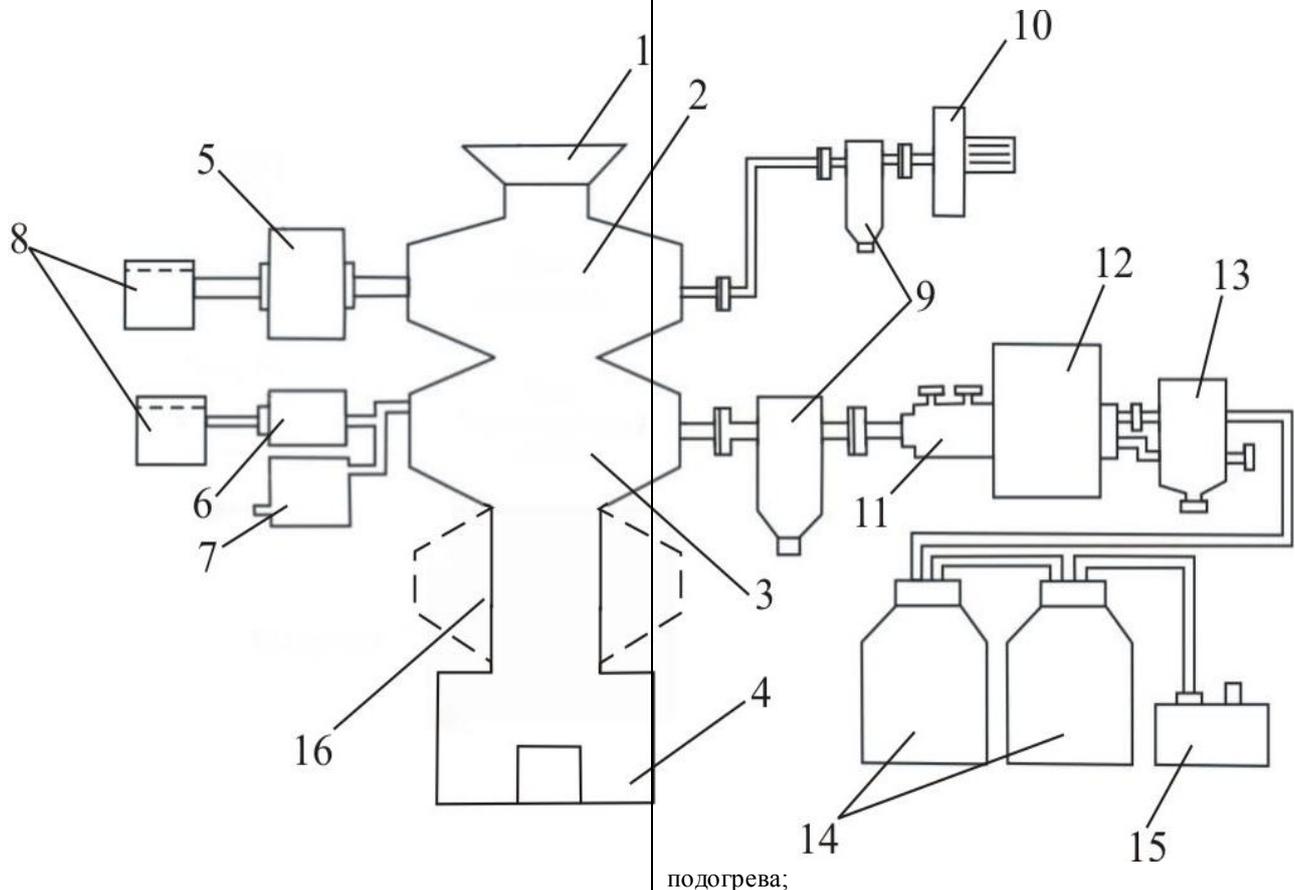
Предлагаемая конструкция шахтной печи предусматривает наличие зажигательного горна, что резко увеличивает удельную производительность в условиях гидрокаталитического обжига. Многокамерный конденсатор представляет собой камеры с чередующимися вертикальными перегородками. Перегородки и наружные стенки камер имеют рубашку, через которую постоянно подается пар (или конденсат) для поддержания температуры в пределах 120-150 °С.

Камера катализа представляет собой шахту с вертикальными колосниковыми решетками с противоположных сторон. Между решетками находится окускованная, пористая контактная масса катализатора. Температура в слое кусков должна держаться в пределах 200-250 °С. Контактная масса периодически меняется

Рис.1. Схема цепи аппаратов укрупненно-лабораторной установки для регенерации каталитических свойств. Загрузка и разгрузка осуществляется соответственно через верхний и нижний люки. Нагрузка электропечей регулируется двумя масляными автотрансформаторами по показаниям амперметров. Обмотки покрыты тепло-электроизоляционным слоем толщиной 20 мм. Замеры температуры осуществляются термопарами, которые находятся в 4 точках шахты. Температура регистрируется милливольтметром М-64. В ходе пусконаладочных

работ и испытаний были изменены или усовершенствованы следующие узлы установки:

- зажигательный горн для обжиговой аглошахтной печи усовершенствован в комбинированную трубчатую электропечь-топку;
- воздух, подаваемый в зону обжига, подогревается в трубчатой электропечи;
- в зонах зажигания и обжига создана принудительная вентиляция;
- камера катализа установлена в электропечь для



подогрева;

- сброс конденсата пара был направлен через термостатирующую «рубашку» камер конденсатора.

В качестве топлива испытаны шубаркольские уголь и кокс. При сжигании угля образуется смолистая летучая фракция, которая конденсируется в слоях гранул и нарушает процесс движения материала в шахте и газодинамику, требуется осуществить дожигание летучей углеводородной фракции. Разработана и смонтирована конструкция топки, которая позволила повысить температуру разогрева гранул в зоне зажигания до 650 °С. В таблице приведены результаты испытаний сжигания кокса в комбинированной топке для укрупненно-лабораторной установки.

Из таблицы видно, что при увеличении температуры в топке при подаче кокса и скорости подачи воздуха снижаются расход кокса и время для разогрева гранул в зоне зажигания до 650 °С. Таким образом, сжигание кокса на подогретом до 350-450 °С воздушном дутье для целей энергетики процесса более эффективно.

На смонтированной укрупненно-лабораторной установке наработан огарок для получения магнетитового концентрата и концентрата цветных металлов. Составы гранул, поступающих на автогидрокаталитический обжиг, в основном представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом и кремнеземом. Опыты показали, что до 10-15 % серы удаляется в течение 3-5 минут и до 60-80 % в течение 25 минут. Температура водяного пара в реакционной зоне 360-400 °С. При этих условиях извлечение серы в элементарную составляет 92,5 %, десульфидизация пирита 96-99 %. В катализаторном аппарате 11 (рис. 1), где на алюмооксидном катализаторе при температурах 230-450 °С одновременно протекают множество обратимых реакций, целевой является реакция Клауса. Пары серы после катализаторного аппарата охлаждаются в конденсаторе 13 (рис. 1) до 120-150 °С и улавливаются.

Для более полного удаления серы на стадии обжига необходимо поднять температуру до 800 °С для разложения образованных сульфатов железа. Однако легкоплавкость полиметаллического сырья из-за образования эвтектических смесей не позволяет решить этот вопрос за счет повышения температуры. Авторами предложено совмещение последовательного процесса восстановления огарка к концу обжига, что способствует преждевременному разложению сульфатов железа. Разработана комплексная технология переработки сульфидных материалов с получением магнетитового концентрата, концентрата цветных металлов и элементарной серы (рис. 2).

Технологическая схема включает паровоздушный обжиг (ПВО) пиритного концентрата (50-56 % пирита) в шахтной печи в атмосфере перегретого водяного пара и кислорода воздуха при температуре 700 °С с последующим восстановительным обжигом (ВО). Большое внимание было уделено технологии процесса и аппаратному оформлению. Проведение восстановительного обжига на укрупненно-лабораторной установке предусмотрено в зоне 16, представляющую собой продолжение вертикальной

шахтной печи (рис. 1). После магнитной сепарации огарка получают магнетитовый концентрат и коллективный концентрат цветных металлов.

Проведенными исследованиями по оптимизации восстановительного обжига установлено, что существенное влияние на переход железа в магнитную фракцию оказывают температура, продолжительность и скорость подачи восстановительного газа, найдены оптимальные условия. В качестве восстановительного газа использовался генераторный газ, который получали при пропускании увлажненного воздуха через слой кокса, нагретого до 700 °С в лабораторной трубчатой печи сопротивления.

Мокрая магнитная сепарация огарка проводилась на электромагнитном сепараторе-анализаторе «25Т», получены магнитная фракция — магнетитовый концентрат (69,7-70,89 %) и немагнитная фракция — концентрат цветных металлов (30,3-29,11 %). Таким образом, использование магнитных свойств магнетита позволяет значительно упростить обогащение сульфидных концентратов цветных металлов.

#### Заключение

1. Процесс комбинированного автогидрокаталитического и восстановительного обжига с последующей электромагнитной сепарацией позволяет двустадийным обжигом получить элементарную серу, высококачественный магнетитовый концентрат и промпродукт, обогащенный цветными металлами.

2. Полученные результаты были использованы при создании экологически чистой технологии переработки золото-мышьяковых арсенопиритных [3] и сульфидных концентратов [4], колчеданно-полиметаллических руд и концентратов [5,6] с извлечением серы в элементарном и мышьяка в сульфидных формах. Созданы укрупненно-лабораторная установка и опытный участок для демонстрации и проверки применимости технологии при переработке предлагаемого вида металлургического сырья.

3. Результаты совмещения автогидрокаталитического обжига с восстановлением огарка и последующим магнитным обогащением открывают реальные возможности комплексного использования накопившихся в отвалах миллионов тонн полиметаллического пиритсодержащего сырья.

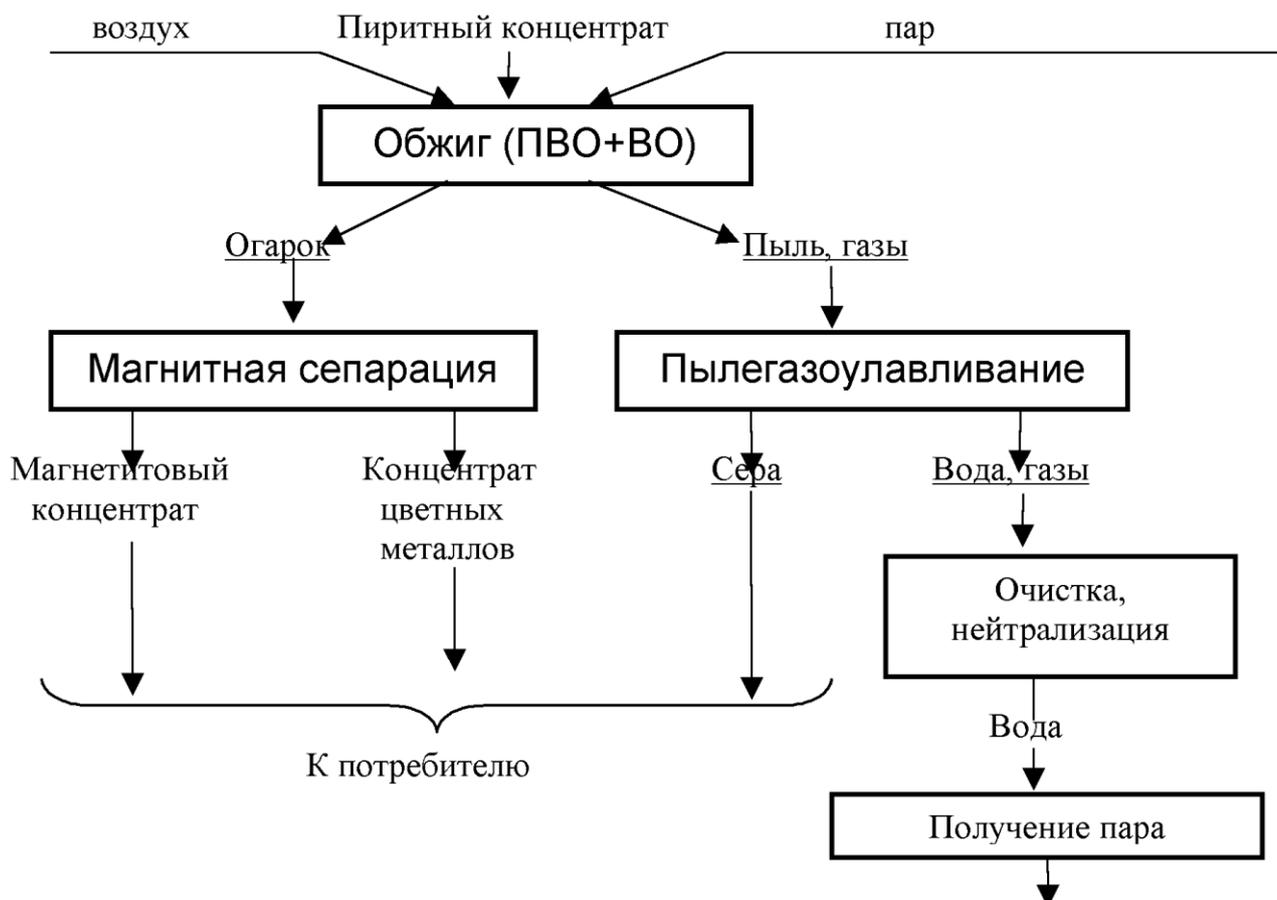


Рис. 2. Технологическая схема переработки пиритного концентрата

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СЖИГАНИЯ КОКСА В КОМБИНИРОВАННОЙ ТОПКЕ

№ пп	Температура в топке при подаче кокса, °С	Время разогрева гранул, час	Расход кокса для разогрева гранул в зоне зажигания до 650 °С, кг	Скорость подачи воздуха, м/сек	Время обжига гранул, час
1	200	2,25	987,2	0,6	0,75
2	250	1,5	626,7	0,8	0,75
3	300	0,8	267,9	0,8	0,5
4	350	0,5	228,7	0,8	0,5
5	400	0,42	219,5	0,8	0,5
6	450	0,4	205,8	1,0	0,4

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предпат. 16999 РК. Способ переработки сульфидного сырья / Жумашев К.Ж., Юн Р.Б., Турумбетов У.А., Нарембекова А.; заявка 2004/0397.1.
2. Пол. реш. о выдаче пред. патента РК по заявке 2004/0398.1. Шахтная печь для комбинированного обжига / Жумашев К.Ж., Юн Р.Б., Турумбетов У.А., Нарембекова А. // Заявлено 23.03.2004.
3. Омаров Х.Б., Жумашев К., Мустафинова А.С. Гидрокаталитический способ деарсенизации золотомышьяковистых упорных концентратов месторождения Бакырчик // Тезисы докладов на Межд. научно-техн. конф., посвященной 30-летию КарГУ им. Е.Букетова. Караганда. 2002. С. 215-217.
4. Турумбетов У.А., Жумашев К.Ж., Нарембекова А., Буканов Ж.У. Экологически чистая технология переработки сульфидного сырья // Труды Междунар. науч. конф. «Наука и образование — ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». Караганда, КарГТУ, 2005. С. 280-282.
5. Турумбетов У.А., Жумашев К.Ж., Шаяхметова Ж.Н., Буканов Ж.У. Безотходная технология переработки сульфидного металлургического сырья // Научно-технический прогресс в металлургии: сб. Темиртау, 2005. С. 238-242.
6. Турумбетов У.А., Жумашев К.Ж., Шаяхметова Ж.Н., Буканов Ж.У. Комплексная технология переработки сульфидного сырья // Актуальные проблемы металлургического комплекса Казахстана: сб. Караганда: КарГТУ, 2005. С. 193-194.

УДК 669.162 + 621.74.04

А.З. ИСАГУЛОВ  
С.С. АХМЕТОВА

### Выпуск сыпучих материалов из установки с зоной циркуляции

Определение массовой скорости истечения сыпучего материала чрезвычайно важно, так как она непосредственно связана с производительностью установки, используемой для этой цели. При этом выявление массы частиц, проходящих через зону циркуляции, имеет принципиальное значение, потому что число и скорость частиц определяют интенсивность процессов тепло- и массообмена.

Массовую скорость истечения сыпучего материала в единицу времени через зону циркуляции можно определить из следующего выражения:

$$W = n \rho_{\text{ч}} \cdot Q_{\text{ч}}. \quad (1)$$

Определим число частиц, проходящих в единицу времени через зону циркуляции:

$$n = \frac{S_{\text{з.ц.}} \cdot L_{\text{ч}}}{F_M \cdot V_{\text{ч}}}. \quad (2)$$

Здесь  $S_{\text{з.ц.}}$  — поверхность зоны циркуляции;

$F_M$  — миделевое сечение частиц;

$V_{\text{ч}}$  — скорость частиц на выходе из зоны циркуляции;

$L_{\text{ч}}$  — расстояние, которое проходит частица по

внутренней поверхности зоны циркуляции, равное периметру эллипса.

Для определения поверхности зоны циркуляции воспользуемся работой [1], в которой

$$S_{\text{з.о.}} = 2 \left( \frac{H_A}{2} \right)^2 \cdot \left( \mu^2 + \frac{\mu}{\sqrt{1-\mu}} \arcsin \sqrt{1-\mu} \right), \quad (3)$$

где  $H_A$  — большая ось эллипса.

Принимая длину зоны циркуляции  $L$  за большую ось эллипса, получим

$$S_{\text{з.о.}} = 2 \left( \frac{L}{2} \right)^2 \cdot \left( \mu^2 + \frac{\mu}{\sqrt{1-\mu}} \arcsin \sqrt{1-\mu^2} \right). \quad (4)$$

Периметр эллипса определяем по известной зависимости:

$$L_{\text{П}} = \pi \left[ 1,5(L+B) - \sqrt{LB} \right], \quad (5)$$

где  $B$  — малая ось эллипса или ширина зоны циркуляции.

Длину и ширину зоны циркуляции можно определить по известным в литературе зависимостям, например [1, 2]. Скорость истечения частицы при выходе ее из зоны циркуляции находим по формуле:

$$V_z = V_N \sqrt{\frac{2dP}{dt\zeta\rho_T}} \quad (6)$$

где  $\zeta$  — коэффициент сопротивления трения, зависящий от чисел Рейнольдса-Маха, степени турбулентности потока газа, формы сечения зоны циркуляции, которую можно принять за криволинейный канал, шероховатости стенок. Следовательно,

$$W = Q_z \rho_z \frac{2\left(\frac{L}{2}\right)^2 \cdot \left[ \mu^2 + \frac{\mu}{\sqrt{1-\mu^2}} \arcsin \sqrt{1-\mu^2} \cdot V_C \sqrt{\frac{2dP}{dt\zeta\rho_T}} \right]}{F_1 \cdot V_N \sqrt{\frac{2dP}{dt\zeta\rho_T}} \cdot \pi [1,5(L+B) - \sqrt{LB}]} \quad (7)$$

При вовлечении частиц в зону циркуляции их скорость значительно меньше скорости газа. Установлено, что зависимость (7) с точностью  $+6,3 \div -7,1$  % описывает экспериментальные данные, полученные на лабораторной установке (рисунок).

Анализируя уравнение (7), можно видеть, что величина массовой скорости истечения  $W$  в значительной степени зависит от внутреннего трения сыпучего материала. Действительно, транспортировка частиц потоком газа по гладкой или шероховатой поверхности зоны циркуляции сильно сказывается на скорости движения материала.

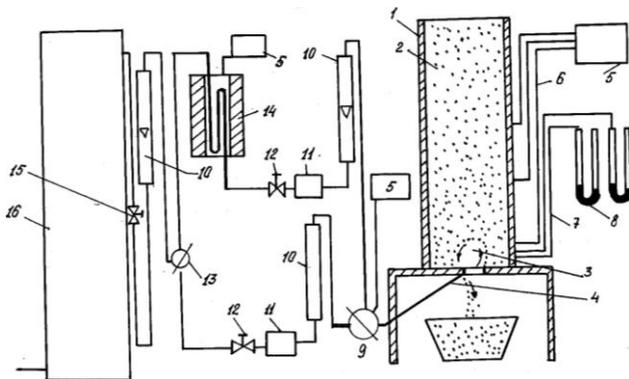


Схема установки для термохимической обработки сыпучих материалов: 1 — корпус; 2 — сыпучий материал; 3 — зона циркуляции; 4 — сопло; 5 — КСП; 6, 7 — разводка газа; 8 — манометры; 9, 12, 13, 15 — вентили и краны; 10 — ротаметры; 14 — электропечь; 16 — ресивер

Для упрощения зависимости (7) в инженерных расчетах и принимая  $V_z = \frac{2V_C}{3}$ ,  $\mu^2 + \frac{\mu}{(1-\mu^2)} \rightarrow 1$  и  $\arcsin \sqrt{1-\mu^2} \rightarrow 0$ , а также произведя несложные сокращения, получим

$$W = \frac{Q_z \rho_z}{\frac{2}{3} V_N F_M \pi [1,5(L+B) - \sqrt{LB}]} \quad (8)$$

Сопоставление расчетных значений массовой скорости истечения сыпучего материала по

уравнению (8) и полученных экспериментальных данных показало их удовлетворительное соответствие. Погрешность лежит в пределах  $-23,7 \div 30,4$  %.

Время пребывания частицы в плотном слое с зоной циркуляции, расположенной в его нижней части, найдем с помощью уравнения из [1]:

$$W_A = 1,17 \varphi(\mu) W_0 D_0^2 \left( \frac{\mu^2 z}{\mu^2 z^2 + x^2} \right)^2,$$

где  $\varphi(\mu)$  — коэффициент, характеризующий форму эллипсоида разрыхления.

Скорость частицы по вертикали слоя, а именно — в участке, расположенном над выпускным отверстием, т.е. при  $X=0$ , равна:

$$W_A = 1,17 \varphi(\mu) W_0 D_0^2 \frac{1}{z^2}, \quad (9)$$

Продифференцируем выражение (9):

$$\frac{dz}{dt} = 1,17 \varphi(\mu) W_0 D_0^2 \frac{1}{z^2}; \quad z^2 dz = 1,17 \varphi(\mu) W_0 D_0^2 d\tau$$

или

$$\frac{1}{3} z^3 + c = 1,17 \varphi(\mu) W_0 D_0^2 \tau,$$

тогда при  $\tau = 0$  и  $z = D_0 / \mu$  после интегрирования и преобразований получим:

$$\frac{1}{3} z^3 - \frac{1}{3} \cdot \frac{D_0^3}{\mu^3} = 1,17 \varphi(\mu) D_0^2 W_0 \tau. \quad (10)$$

Принимая  $Z$  равной  $H$ , т.е. высоте слоя, находим:

$$H^3 = 3,51 \cdot \varphi(\mu) D_0^2 W_0 \tau + \frac{D_0^3}{\mu^3}. \quad (11)$$

Пренебрегая из-за относительной малости вторым слагаемым, имеем:

$$H = 1,52 \cdot \sqrt[3]{\varphi(\mu) D_0^2 W_0 \tau}, \quad (12)$$

а время пребывания частиц в слое составит:

$$\tau = 0,285 \cdot \frac{H^3}{\varphi(\mu) D_0^2 W_0}. \quad (13)$$

Принимая  $W = W_0 k$ ,

где  $k$  — коэффициент изменения массовой скорости истечения ( $W_0$ ) под действием струи газа, формирующей зону циркуляции, и учитывая, что  $W_0 = 0,5 \sqrt{g \mu D_0}$  [1], получим

$$\tau = 0,182 \cdot \frac{H^3}{\varphi(\mu) \sqrt{\mu D_0} k}. \quad (14)$$

Следует отметить, что в отличие от известных противочочных устройств, когда  $k$  изменяется от 0 до 1,0 при наличии зоны циркуляции его значение лежит в пределах от 0 до 2,0.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев И.В., Исагулов А.З., Дайкер А.А. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. Алматы: Ғылым (Наука), 1998.

УДК 621.01.531.4

Ж.Б. БАКИРОВ  
А.Н. ЕРАЛИН  
Г.Д. ТАЖЕНОВА

### Исследование двухмассовой модели привода с упругой муфтой

Для уменьшения вибрации в приводных механизмах между двигателем и приводом устанавливают упругую муфту. Она является самой податливой частью кинематической схемы привода и при составлении динамической модели учитываем только её упругодиссипативные свойства, отражаемые коэффициентами  $c$  и  $b$ . При этом момент в муфте определяется выражением

$$M_M = b\dot{q}_2 + cq_2, \quad (1)$$

где  $q$  — деформация муфты.

При исследовании динамики привода часто возникает необходимость учета механической характеристики двигателя. При этом наиболее простой моделью является двухмассовая модель (рис. 1), где  $J_1, J$  — моменты инерции ротора и приведенный момент инерции в механической системе;

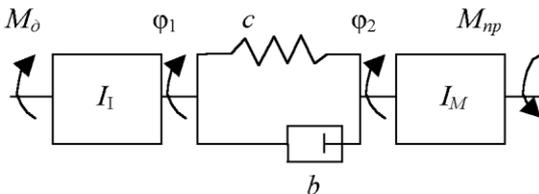


Рис. 1. Модель привода с упругой муфтой

$M_g, M_{np} = M_0 + M_1 \sin \omega t$  — движущий момент и приведенный момент сопротивления в механизме.

Составим уравнения движения, выбрав в качестве обобщенных координат угол поворота двигателя и деформацию муфты

$$q_1 = \varphi_1, \quad q_2 = \varphi_2 - \varphi_1.$$

Тогда уравнения движения модели примут вид:

$$J_1 \ddot{q}_1 - b\dot{q}_2 - cq_2 = M_{i\delta}, \quad J \ddot{\varphi}_2 + b\dot{q}_2 + cq_2 = -M_{i\delta}. \quad (2)$$

Рассмотрим сначала случай, когда момент на двигателе не зависит от угловой скорости  $M_g = M_0$ . Тогда систему (2) можно заменить одним уравнением

$$\ddot{q}_2 + 2\varepsilon \dot{q}_2 + \omega_0^2 q_2 = -M_{i\delta} / J - M_g / J_1, \quad (3)$$

где  $I = J_1 J / (J_1 + J)$ ,  $2\varepsilon = b / I$ ,  $\omega_0 = \sqrt{c / I}$ .

Решение этого уравнения при установившемся движении имеет вид

$$q_2 = -\frac{M_0}{c} + A_2 \sin(\omega t + \gamma_2),$$

где  $A_2 = \frac{M_1}{I_M \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\varepsilon^2 \omega^2}}$ ,

$$\gamma_2 = -\arctg\left(\frac{2\varepsilon\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right).$$

Вводя безразмерные параметры  $\varepsilon = b / I$ ,  $\omega_0^2 = c / J$ ,  $\lambda = \omega / \omega_0$ ,  $n = \varepsilon / \omega_0$  и  $\mu = J / J_1$ , амплитуду колебаний можно записать так

$$A_2 = \frac{M_1}{c(1+\mu)\sqrt{(1-\lambda^2)^2 + 4n^2\lambda^2}} = \frac{M_1\beta_2}{c(1+\mu)}.$$

Момент на муфте теперь равен

$$M_M = M_0 - A_2 \sqrt{b^2 \omega^2 + c^2} \sin(\omega t + \gamma_2 + \delta) = M_0 - \frac{M_1}{1+\mu} \beta_2 \sqrt{1 + 4n^2 \lambda^2} \sin(\omega t + \gamma_2 + \delta),$$

где  $\delta = \arctg(b\omega / c)$ .

При жестком соединении двигателя и привода момент, передаваемый муфтой, равен

$$M_M = M_g - J_1 \ddot{q}_1, \quad (4)$$

а уравнение движения примет вид

$$J_c \ddot{q}_1 = M_g - M_{i\delta} = -M_1 \sin \omega t, \quad J_c = J_1 + J.$$

Тогда  $M_M = M_0 + M_1 (J_1 / J_c) \sin \omega t$ .

Теперь рассмотрим случай, когда момент на двигателе описывается статической характеристикой

$$M_g = S(\omega_x - \omega), \quad (5)$$

где  $S$  — крутизна статической характеристики;  $\omega_x$  — скорость холостого хода двигателя. Тогда систему (2) можно переписать в виде:

$$J_1 \ddot{q}_1 + s\dot{q}_1 - b\dot{q}_2 - cq_2 = s\omega_x, \quad J(\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) + b\dot{q}_2 + cq_2 = -M_{i\delta}. \quad (6)$$

Исходя из структуры правой части системы, решения ищем в виде

$$q_1 = q_{10} + q_{11}, \quad q_2 = q_{20} + q_{21}.$$

При действии постоянной части нагрузки

$$q_{20} = -M_0 / \tilde{n}\delta, \quad q_{10} = \omega_x t = (\omega_x - M_0 / S)t.$$

При действии переменной части нагрузки систему (6) решаем операторным методом. Учитывая гармонический характер решения, операцию дифференцирования заменяем параметром  $i\omega$  и из системы находим

$$q_{21} = M_V \frac{J_1 \omega - is}{a + id}, \quad q_{11} = \frac{M_V}{J\omega^2} \left[ 1 + \frac{(c - \omega^2 J + i\omega b)(\omega J_1 - is)}{a + id} \right],$$

где  $M_V = M_1 \sin \omega t$ ,

$$a = J J_1 \omega^3 - \omega [sb + c(J_1 + J)], \quad d = cs - \omega^2 b(J_1 + J) - \omega^2 sJ.$$

Эти решения можно представить в виде

$$\begin{bmatrix} q_{11} \\ q_{21} \end{bmatrix} = \frac{-M_v}{a^2 + d^2} \begin{bmatrix} bd + ca/\omega + i(ab - dc/\omega) \\ sd - a\omega J_1 + i(sa + d\omega J_1) \end{bmatrix}.$$

Амплитуда колебаний муфты равна модулю комплексной функции

$$A_2 = \frac{M_1 \sqrt{(a\omega J_1 - sd)^2 + (sa + d\omega J_1)^2}}{a^2 + d^2}.$$

После подстановки  $a$  и  $d$  и алгебраических преобразований получим

$$A_2 = M_1 \sqrt{\frac{s^2 + J_1 \omega^2}{(c^2 + \omega^2 b^2)[s^2 + \omega^2 (J_1 + J)^2] + I_M \omega^4 (J_1^2 \omega^2 + s^2 - 2cJ_1 + 2bs) - 2c\omega^2 J (s^2 + J_1^2 \omega^2)}}.$$

Сдвиг фазы колебаний равен аргументу комплексной функции

$$\gamma_2 = \arctg \left( \frac{sa + d\omega J_1}{sd - a\omega J_1} \right).$$

Введем дополнительные обозначения  $\tau_M = J/s$ ,  $\tau_g = J_1/s$ ,  $\tau_0 = \omega_0 \tau_1$ .

Первые два из них называются постоянными времени механической системы и двигателя. С учетом этих обозначений можно записать

$$A_2 = \beta_2 M_1 / c,$$

$$\text{где } \beta_2 = \left\{ \frac{1 + \tau_0^2 \lambda^2}{1 + \lambda^2 [\tau_0^2 (1 + \mu) + 4n^2 - 2(1 + \mu)] + \lambda^4 (1 + \mu) [(1 + \mu) \tau_0^2 (\lambda^2 + 4n^2) + 1 + 4\tau_0 n - 4\tau_0^2]} \right\}^{1/2}. \quad (7)$$

Параметр  $\beta_2$  называется коэффициентом нарастания колебаний и представляет собой безразмерную амплитудно-частотную характеристику колебаний.

Найдем закон движения ведущего звена. Повторяя предыдущие преобразования, получим

$$A_1 = M_1 \sqrt{\frac{c^2 + \omega^2 b^2}{a^2 + d^2}} = \beta_1 M_1 / \omega s, \quad \beta_1 = \beta_2 \sqrt{\frac{1 + 4n^2 \lambda^2}{1 + \tau_0 \lambda^2}},$$

$$\gamma_1 = \arctg \left[ \frac{\omega^4 b J J_1 + \omega^2 S (Jc - b^2) - sc^2}{\omega^3 c J J_1 - \omega (J_1 + J) (c^2 + b^2 \omega^2) - \omega^3 b s J} \right].$$

Таким образом, получаем следующие законы установившегося движения:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= q_1 = \omega_y t + A_1 \sin(\omega t + \gamma_1), \\ q_2 &= -M_0 / c + A_2 \sin(\omega t + \gamma_2). \end{aligned} \quad (8)$$

Определим законы изменения моментов. Движущий момент:

$$M_g = s(\omega_x - \dot{q}_1) = M_0 - M_1 \beta_1 \cos(\omega t + \gamma_1).$$

Момент, передаваемый муфтой:

$$\begin{aligned} M_M &= M_0 - A_2 \sqrt{c^2 + b^2 \omega^2} \sin(\omega t + \gamma_2 + \delta) = \\ &= M_0 - M_1 \beta_2 \sqrt{1 + 4n^2 \lambda^2} \sin(\omega t + \gamma_2 + \delta), \end{aligned} \quad (9)$$

где  $\delta = \arctg(2n\lambda)$ .

При жестком соединении привода уравнение движения двигателя примет вид

$$J_c \ddot{\varphi}_1 + s \dot{\varphi}_1 = s \omega_x - M_{i\delta}. \quad (10)$$

Решая это уравнение, вновь получаем решение (8), где

$$A_1 = \frac{M_1}{\omega s \sqrt{1 + (\omega J_c / S)^2}}, \quad \gamma_1 = \arctg(S / \omega J_c).$$

Момент на муфте по формуле (4) равен

$$M_M = s(\omega_x - \dot{\varphi}_1) - J_1 \ddot{\varphi}_1 = M_0 - M_1 \sqrt{\frac{1 + (\omega J_1 / S)^2}{1 + (\omega J_c / S)^2}} \cos(\omega t + \gamma).$$

Тогда коэффициент эффективности виброзащиты определяется по формуле

$$K_{(\lambda)} = \beta_2 \sqrt{(1 + 4n^2 \lambda^2)(1 + \tau_c^2 \omega_0^2 \lambda^2) / (1 + \tau_0^2 \lambda^2)}, \quad (11)$$

где  $\tau_c = \tau_M + \tau_p$ .

Далее рассмотрим разгон привода с учетом характеристик двигателя. Для этого нужно проинтегрировать систему (6) при  $M_{np} = M_0$  и нулевых начальных условиях

$$q_{1(0)} = q_{2(0)} = 0, \quad \dot{q}_{1(0)} = \dot{q}_{2(0)} = 0. \quad (12)$$

В общем случае интегрирование может быть выполнено численным методом на ПЭВМ. Качественная оценка колебательных процессов может быть получена приближенным решением, состоящим из двух этапов. На первом этапе определяется закон движения ротора без учета деформаций муфты. Тогда этот закон определяется из уравнения (10) с учетом начальных условий (12):

$$\omega_1 = \dot{q}_1 = \omega_y (1 - e^{-t/\tau_c}),$$

где  $\omega_y = \omega_x - M_0 / S$  — скорость установившегося движения.

На втором этапе из второго уравнения системы (6) определяем деформацию муфты:

$$\ddot{q}_2 + 2\varepsilon \dot{q}_2 + \omega_0^2 q_2 = -M_0 / J - \dot{q}_1. \quad (13)$$

Частное решение будет равно

$$q_{2*} = -M_0 / C - \frac{\omega_y \tau_c}{1 - 2\varepsilon \tau_c + \omega_0^2 \tau_c^2} e^{-t/\tau_c} = -M_0 / C - A e^{-t/\tau_c}.$$

Общее решение имеет вид

$$q_2 = e^{-\varepsilon t} (C_1 \cos pt + C_2 \sin pt) + q_{2*}. \quad (14)$$

Подчиняя это решение начальным условиям, находим

$$\begin{aligned} q_2 &= -M_0 / C - A e^{-t/\tau_c} + e^{-\varepsilon t} [(A + M_0 / C) \cos pt + \\ &+ \frac{\varepsilon}{p} (M_0 / C + A - A / \varepsilon \tau_c) \sin pt]. \end{aligned}$$

Теперь по формуле (1) определяем момент в муфте

$$M_M = M_0 + AC(1 - \frac{2n}{\omega_0 \tau_c})e^{-t/\tau_c} - e^{-\varepsilon t} \{ [M_0 + AC \times (1 - \frac{2n}{\omega_0 \tau_c})] \cos pt - \frac{\varepsilon}{p} [M_0 + AC(1 + \frac{1}{n\omega_0 \tau_c})] \sin pt \}. \quad (15)$$

График зависимости  $M_T/M_0$  от отношения  $t/T$  ( $T$  — период собственных колебаний системы) при  $\beta = AC/M_0 = 2$ ,  $\omega_0 \tau_c = 1,25$ ,  $n = 0,05$  приведен на рис. 2.

Изложенное приближенное решение можно применить к исследованию удара в двухмассовой системе. Пусть при установившемся движении привода ( $M_{np} = M_0$ ) в системе возникает приведенный ударный импульс  $M_y(t)$ . Тогда угловая скорость ротора определяется из уравнения (10) и равна:

$$\omega_1 = \omega_y - \frac{1}{J_c} \int_0^t M_y(u) e^{-(t-u)/\tau_c} du, \quad t \leq \tau; \quad (16)$$

$$\omega_1 = \omega_y - \frac{1}{J_c} \int_0^\tau M_y(u) e^{-(t-u)/\tau_c} du, \quad t > \tau. \quad (17)$$

Далее из второго уравнения системы (6) определяем деформацию муфты:

$$\ddot{q}_2 + 2\varepsilon \dot{q}_2 + \omega_0^2 q_2 = -(M_0 + M_y)/J - \ddot{q}_1. \quad (18)$$

Частное решение этого уравнения определяется интегралом Дюамеля с добавлением к ним частного решения, зависящего от ускорения ротора  $\ddot{q}_1$ . Общее решение (18) определяется выражением (14).

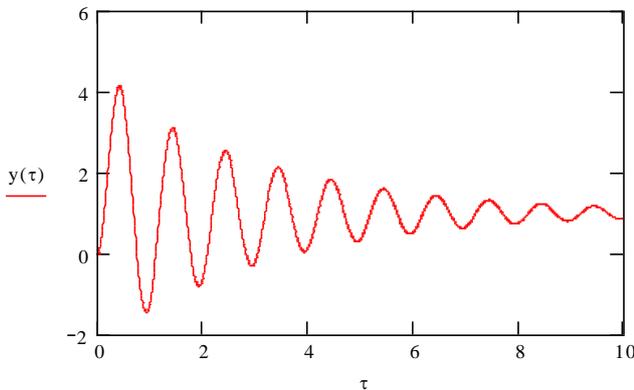


Рис. 2. График изменения безразмерного момента в муфте при разгоне

Рассмотрим мгновенный импульс  $M_y = \Delta M \delta(t)$ . Из выражения (17) и уравнения (18) следует

$$\omega_1 = \omega_y - \frac{\Delta M}{J_c} e^{-t/\tau_c}, \quad \ddot{q}_1 = \frac{\Delta M}{J_c \tau_c} e^{-t/\tau_c},$$

$$q_{2*} = -\frac{M_0}{C} - \frac{\Delta M}{J_c} \tau_c A_0 e^{-t/\tau_c} - \frac{\Delta M}{Jp} e^{-\varepsilon t} \sin pt,$$

где  $A_0 = [1 - 2\varepsilon \tau_c + \omega_0^2 \tau_c^2]^{-1}$ .

Подняв общее решение (14) граничным условиям  $t = 0$ ,  $q_2 = -M_0/C$ ,  $\dot{q}_2 = 0$ , находим

$$q_2 = -\frac{M_0}{C} + \frac{\Delta M}{J_c} A_0 \tau_c \{ e^{-\varepsilon t} [\cos pt - \frac{1 - \varepsilon \tau_c}{p \tau_c} \sin pt] - e^{-t/\tau_c} \}.$$

Тогда момент в муфте будет равен

$$M_M = M_0 + \Delta M \omega_0 (J/J_c) A_0 \{ e^{-\varepsilon t} [-(\omega_0 \tau_c - 2n) \times \cos pt + (1 + \varepsilon \tau_c) \sin pt] + (\omega_0 \tau_c - 2n) e^{-t/\tau_c} \}. \quad (19)$$

Рассмотрим действие прямоугольного импульса:

$$t \leq \tau, \quad \omega_1 = \omega_y - \frac{\Delta M}{J_c} \tau_c (1 - e^{-t/\tau_c}), \quad \ddot{q}_1 = -e^{-t/\tau_c} \frac{\Delta M}{J_c},$$

$$q_{2*} = -\frac{M_0}{C} + \frac{\Delta M}{J_c} A_0 \tau_c^2 e^{-t/\tau_c} + \frac{\Delta M}{C} [e^{-\varepsilon t} (\cos pt + \frac{\varepsilon}{p} \sin pt) - 1].$$

Теперь по формуле (1) находим момент, передаваемый муфтой,

$$M_M = M_0 + \Delta M [1 - e^{-t/\tau_c} A_0 \tau_c \omega_0 (\omega_0 \tau_c - 2n) \times J/J_c] - \Delta M e^{-\varepsilon t} \{ [1 - (\omega_0 \tau_c - 2n) \omega_0 \tau_c A_0 J/J_c] \times \cos pt - \frac{\varepsilon}{p} [1 - \omega_0 \tau_c A_0 (1 + n\omega_0 \tau_c) J/J_c n] \sin pt \}. \quad (20)$$

При  $t > \tau$  из выражения (17) имеем

$$\omega = \omega_y - \frac{\Delta M}{J_c} \tau_c (e^{-\tau/\tau_c} - 1) e^{-t/\tau_c}, \quad \ddot{q}_1 = \frac{\Delta M}{J_c} (e^{\tau/\tau_c} - 1) e^{-t/\tau_c}.$$

Из уравнения (18) получаем следующее частное решение:

$$q_{2*} = -\frac{M_0}{C} - \frac{\Delta M}{J_c} A_0 \tau_c^2 (e^{\tau/\tau_c} - 1) e^{-t/\tau_c} + \frac{\Delta M}{C} [e^{-\varepsilon t} \times (\cos pt + \frac{\varepsilon}{p} \sin pt) - e^{-\varepsilon \Delta t} (\cos p \Delta t + \frac{\varepsilon}{p} \sin p \Delta t)].$$

Постоянные интегрирования в общем решении (14) находим из условий непрерывности  $q_2$  и  $\dot{q}_2$  при  $t = \tau$ .

$$C_1 = \bar{C}_1 \Delta M A_0 \tau_c^2 / J_c, \quad C_2 = -\bar{C}_2 \Delta M \tau_c A_0 / p J_c,$$

где  $\bar{C}_1 = 1 - e^{-\varepsilon \tau} (\cos p \tau + \frac{\sin p \tau}{\omega_0 \tau_c})$ ,

$$\bar{C}_2 = 1 - e^{-\varepsilon \tau} (\cos p \tau + \omega_0 \tau_c \sin p \tau).$$

Теперь решение уравнения (18) примет вид

$$q_2 = -\frac{M_0}{C} - \frac{\Delta M}{C} \{ \frac{J}{J_c} A_0 \omega_0^2 \tau_c^2 (e^{\tau/\tau_c} - 1) e^{-t/\tau_c} + e^{-\varepsilon \Delta t} [(1 - \frac{J}{J_c} A_0 \omega_0^2 \tau_c^2 \bar{C}_1) \cos p \Delta t + (\frac{J}{J_c} A_0 \omega_0 \tau_c \bar{C}_2 - \frac{\varepsilon}{p}) \sin p \Delta t] - e^{-\varepsilon t} (\cos pt + \frac{\varepsilon}{p} \sin pt) \}.$$

Тогда момент, передаваемый муфтой, будет равен

$$M_M = M_0 + \Delta M e^{-\varepsilon \Delta t} \{ [1 - \frac{J}{J_c} A_0 \omega_0 \tau_c (\omega_0 \tau_c \bar{C}_1 - 2n \bar{C}_2)] \times \cos p \Delta t + [\frac{\varepsilon}{p} (1 + 2 \frac{J}{J_c} A_0 \omega_0^2 \tau_c^2 \bar{C}_1) + \frac{J}{J_c} \omega_0 \tau_c A_0 \bar{C}_2] \sin p \Delta t - \Delta M [e^{-\varepsilon t} (\cos pt - \frac{\varepsilon}{p} \sin pt) - \frac{J}{J_c} A_0 \omega_0^2 \tau_c^2 (e^{\tau/\tau_c} - 1) e^{-t/\tau_c}] \}. \quad (21)$$

Заметим, что при большой крутизне характеристики двигателя ( $s \rightarrow \infty, \tau_c \rightarrow 0$ ) решения (19)-(21) совпадают с решениями для одномассовой системы. Графики зависимости безразмерного момента  $y = (M_M - M_0) / \Delta M$  от безразмерного

времени  $t/T$  при  $\alpha = \tau/T = 0,5$  и 1 приведены на рис. 3. При расчетах принято:  $\omega_0 \tau_c = 1,25$ ,  $J/J_c = 0,6$ ,  $n = 0,05$ .

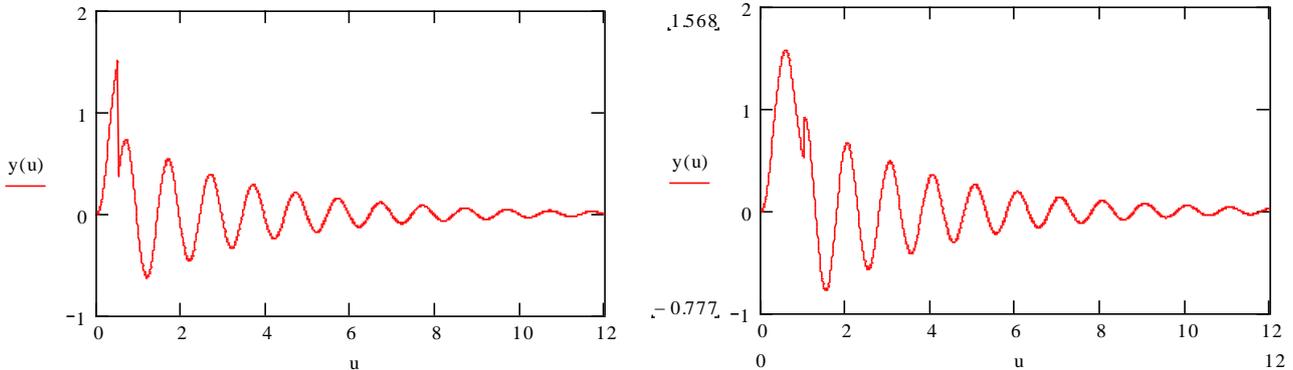


Рис. 3. Графики изменения безразмерного момента во времени

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. М., 1968.
2. Вибрации в технике: Справочник: Т. 6 / Под ред. К.В. Фролова. М.: Машиностроение, 1981. 456 с.

УДК 66.972.16

**Е.В. ТКАЧ**  
**М.О. ИМАНОВ**  
**Д.К. МАХМЕТОВ**  
**Г.Д. НАУРЫЗБАЕВ**

### Высокоэффективные химические модификаторы из побочных продуктов промышленности

Казахстан обладает большими сырьевыми ресурсами для насыщения строительного рынка современными высокоэффективными цементными материалами широкого спектра применения. Одним из направлений эффективного повышения качества бетона и железобетона является широкое и научно обоснованное применение высокоэффективных однокомпонентных и многокомпонентных химических добавок-модификаторов.

Анализ состояния сырьевой базы Казахстана и отраслевая наука показывают, что весь спектр современных модифицированных строительных материалов заданных свойств можно производить непосредственно в республике и таким образом способствовать реализации государственной политики импортозамещения. Перспективы развития нефтехимической отрасли промышленности Казахстана обуславливают целесообразность производства высокоэффективных модификаторов из побочных продуктов нефтехимии. В этой связи нами выполнены работы по разработке новых высокоэффективных модификаторов типа МГП с использованием сырья Казахстана. Наиболее эффективными модификаторами из семейства МГП себя зарекомендовали многокомпонентные гидрофобизирующие добавки МГП-Н и МГП-НС (табл. 1).

Модификатор МГП-Н представляет собой прямую эмульсию гидрофобизатора (КОСЖК) — в водном растворе гидрофиллизатора — суперпластификатора

«40-03». Модификатор МГП-НС представляет собой продукт совмещения модификатора ПГМ-Н с солями неорганических кислот, таких как тиосульфат натрия, сульфат натрия и др. (табл. 1).

Сырьем для получения гидрофилизующего компонента для модификатора МГП-Н является легкая газойлевая фракция каталитического крекинга нефтяного сырья и формальдегид. В основу получения гидрофилизующего ингредиента взят способ получения суперпластификатора «40-03». Для этого сырье подвергали трехстадийной переработке по схеме:

- сульфирование производных нафталина (при двух-, трехкратном избытке  $H_2SO_4$ );
- конденсация — нафталинсульфоокислоты с формалином;
- нейтрализация продукта конденсации щелочью.

Таблица 1

СОСТАВЫ МОДИФИКАТОРОВ МГП-Н И МГП-НС

Ингредиенты, масс. %	Модификаторы	
	МГП-Н	МГП-НС
1. Продукт конденсации с молекулярной массой 6000-8000	30-40	5-10
2. Кубовые остатки синтетических жирных кислот (КОСЖК)	30-40	5-10
3. Тиосульфат натрия	-	70-60

4. Вода	Остальное до 100 %	
---------	--------------------	--

Полученный продукт конденсации имел широкий диапазон разброса молекулярной массы — от 10000 до 100000. С позиций совместимости этого продукта с КОСЖК определены его оптимальная молекулярная масса, температура, время совмещения и другие условия, обеспечивающие получение высокоэффективной прямой эмульсии, которая названа модификатором МГП-Н. Прямую эмульсию получили с помощью роторно-пульсационного аппарата (РПА).

В результате проведенных экспериментальных работ были определены оптимальные технологические параметры приготовления гидрофобизирующих модификаторов. Установлено, что разработанный модификатор МГП-Н должен состоять из прямой эмульсии КОСЖК в водном растворе продукта конденсации газойля с молекулярной массой, равной 6000-8000, и при соотношении «КОСЖК: продукт конденсации», равном 1:1 в пересчете на сухое вещество. Именно при таком соотношении получается прямая тонкодисперсная эмульсия, которая имеет хорошую совместимость с компонентами бетонной смеси, в первую очередь с цементом.

Анализ полученных данных с учетом работ [1, 2, 3] показывает, что критерием эффективности применения рассматриваемых добавок может быть степень их водоупоняющей способности.

Для обоснования данного положения нами проведен эксперимент по изучению влияния предлагаемых добавок на расплыв цементно-песчаной смеси состава 1:3 при В/Ц, равном 0,4, с применением шымкентского цемента. В данном опыте определенное количество воды затворения периодически заменялось водным раствором добавок в пределах 0-20 %. При этом объем жидкости дисперсионной среды имел постоянное значение и равнялся 80 мл.

Цель данного опыта заключалась в установлении пластифицирующей способности принятых к исследованию добавок при их различных дозировках и при изменении в объеме жидкости (вода + водный раствор добавки) — количества воды затворения. Содержание активного вещества (в пересчете на сухое вещество) в водных растворах добавок составляло 20 %. При дальнейшем увеличении водного раствора добавок в объеме дисперсионной среды (вода плюс 20 % водный раствор) и соответствующего объема воды подвижность растворной смеси резко снижается.

Следовательно, для достижения ожидаемого эффекта от применения рассматриваемых добавок в системе дисперсионной среды необходимо, чтобы содержание воды находилось в определенных количествах. По сути даже при высоких расходах добавок при предельно низких расходах воды их пластифицирующий эффект не наблюдается. Это указывает, что добавки сами по себе не могут быть названы пластификаторами. В действительности механизм пластифицирующего действия добавок, по-видимому, проявляется за счет их смачивающего

эффекта, что приводит к увеличению дисперсионной среды в единице объема, вследствие которого повышается подвижность цементных систем.

Из изложенного следует, что существенная роль пластификации цементных систем отводится воде, а модификаторы в данном случае способствуют пластификации за счет смачивающего и экранизирующего эффекта. Это, в свою очередь, связано с тем, что в результате адсорбции добавок на поверхности твердых частиц их взаимодействие с дисперсионной средой замедляется, т.е. временно стабилизируется, что согласуется с научными трудами академика П.А. Ребиндера [4]. Справедливо также мнение Хаттори о том, что добавки, адсорбируясь на поверхности твердой фазы, создают одноименный электрический заряд поверхности и исключают их сцепление за счет электростатических сил.

По мнению отечественных и зарубежных исследователей, ПАВ, к которым относятся исследуемые модификаторы, являются и диспергаторами. В этой связи необходимо отметить, что если модификаторы рассматриваемого типа являются диспергаторами, то это должно отражаться на степени гидратации алита в цементе и на количестве химически связанной воды, особенно в начальном периоде твердения.

Однако из результатов исследований цементного камня без добавки и с суперпластификаторами при одинаковых значениях В/Ц видно, что степень гидратации алита в цементе и количество химически связанной воды в различные периоды твердения практически одинаковы (табл. 2). В зависимости от вида применяемых цементов в начальный период твердения (1 сут) количество химически связанной воды и степень гидратации алита в цементе несколько ниже, чем в образцах без добавки. Это является следствием стабилизирующего (замедляющего) эффекта действия добавки МГП-Н. Наличие оптимальной дозировки суперпластификатора МГП-Н в твердеющем цементном камне (на примере шымкентского цемента) не влияет на фазовое превращение в интервале температур 20-1000 °С.

Следовательно, результаты физико-механических исследований позволяют сделать вывод о том, что модификаторы МГП-Н и МГП-НС могут рассматриваться не только как диспергаторы, но и как стабилизаторы процессов агрегирования частиц цемента. В этой связи были определены оптимальные дозировки модификаторов: МГП-Н-0,8 % и МГП-НС — 2,8 % от массы цемента, которые обеспечивают улучшение основных свойств цементных систем.

Особо следует отметить, что с модификаторами МГП-Н и С-3 могут укладываться без виброуплотнения лишь бетонные смеси с ОК $\geq$ 18-20 см, а с модификаторами МГП-НС таким способом могут укладываться бетонные смеси с ОК $\geq$ 16 см. Возможность получения менее подвижных смесей объясняется образованием в присутствии солей неорганических кислот кристаллогидратов, которые кольтируют поры цементного камня и исправляют дефекты структуры вследствие недоуплотнения при укладке бетонной смеси без вибрирования.

Гидрофобизирующие модификаторы позволяют получать бетонные смеси с минимальным водоотделением и расслоением: модификаторы МГП-Н и МГП-НС снижают водоотделение бетонной смеси, расслаиваемость в 3-4 раза по сравнению с такими показателями смеси без добавок. Полученные результаты сопоставимы с действием суперпластификатора С-3, что можно отнести к достоинству разработанных модификаторов.

Экспериментальным путем определено, что гидрофобность гидрофобизированных бетонов и наличие в них клинкерного фонда существенно зависят от молекулярной массы продукта конденсации: увеличение молекулярной массы до 6000-8000 обеспечивает улучшение этих показателей соответственно в 10 раз и на 30 %. Установлено, что

гидрофобизирующие модификаторы обуславливают особые свойства тонких слоев воды, которые способствуют, кроме всего прочего, получению бетонных смесей с минимальным водоотделением и расслоением.

Опытно-промышленные работы по внедрению гидрофобизирующих модификаторов МГП-Н и МГП-НС в производстве различных железобетонных изделий и конструкций показали, что данные модификаторы позволяют получать не только требуемые характеристики бетонной смеси, но и бетона, способных производить конкурентоспособные железобетонные изделия и конструкции и организовать технологию современного монолитного строительства.

Таблица 2

КОЛИЧЕСТВО СВЯЗАННОЙ ВОДЫ И СТЕПЕНЬ ГИДРАТАЦИИ АЛИТА В ЦЕМЕНТЕ БЕЗ ДОБАВОК И С МОДИФИКАТОРОМ МГП-Н ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ В/Ц

Цементы	Добавка, МГП-Н	Количество связанной воды, %				Степень гидратации алита в цементе
		Время твердения, сутки	Химически связанная вода	Вода связанная в $\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	
Шымкентский	-	1	12,8	2,2	9,0	64,6
	0,8		12,6	2,0	8,2	63,6
	-	28	15,2	2,2	9,0	68,2
	0,8		15,4	2,0	8,2	67,4
Карагандинский	-	90	16,3	2,0	8,6	73,7
	0,8		16,5	1,8	6,3	74,1
	-	1	14,6	2,4	10,6	62,8
	0,8		14,2	2,2	9,0	61,3
Усть-Каменогорский	-	28	15,1	2,6	11,0	69,3
	0,8		15,3	2,3	9,3	70,1
	-	90	15,8	2,45	10,8	74,6
	0,8		15,6	2,1	8,7	73,8
Усть-Каменогорский	-	1	11,7	1,7	8,4	63,8
	0,8		10,8	1,4	7,8	62,7
	-	28	14,7	2,4	10,4	66,9
	0,8		15,1	2,2	9,0	65,3
Усть-Каменогорский	-	90	15,6	2,5	10,8	71,6
	0,8		16,1	2,3	9,3	79,9

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. С. 35-40.
2. Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алматы: Наука, 1990. 112 с.
3. Батраков В.Г., Фаликман В.Р. Химические добавки для бетонов. М.: Стройиздат, 1987. С. 150-151.
4. Ребиндер П.А. Поверхностно-активные вещества. М.: Знание, 1980. 16 с.

УДК 624.074.43:539.3

С.К. ЕЛЬМУРАТОВ

### Поведение тонких оболочек и пластин при динамическом нагружении в срединной поверхности

При действии на оболочку или пластину динамической нагрузки в срединной поверхности в определенный момент времени начальная форма равновесия становится динамически неустойчивой. Если нагрузка носит периодический характер, то при некоторых соотношениях между частотой внешней нагрузки  $\theta$  и частотой собственных колебаний  $\omega$  возникают резонансные явления. При этом амплитуда колебаний может возрасти до очень больших значений.

В случае действия в срединной поверхности аperiodической нагрузки процесс загрузки системы происходит по иному принципу. Задача связана с быстрорастущей во времени нагрузкой, приводящей к выпучиванию оболочек и пластин, как это происходит в задачах устойчивости. Однако динамическую нагрузку можно прикладывать, регулируя скорость нагружения и задавая определенный закон нагружения. Примером такого процесса загрузки может служить корпус

летательного аппарата в период старта, когда за короткий промежуток времени возникают большие продольные сжимающие усилия.

Исследование динамической устойчивости [1÷3] показывает, что характер выпучивания тонкостенных конструкций при динамическом нагружении существенно отличается от поведения оболочек и пластин при статической потере устойчивости. Исследуя динамическую устойчивость, необходимо определиться с таким понятием, как динамическая неустойчивость. Принято считать наступление динамической неустойчивости с момента прощелкивания [4,5], сопровождающегося резким изменением характера волнообразования. Нагрузку, соответствующую моменту прощелкивания, назовем динамической критической.

Для того чтобы яснее представить и оценить величину динамической критической нагрузки, ее необходимо сравнить с соответствующей для данной схемы статической критической нагрузкой. При динамических испытаниях удобно пользоваться динамическим параметром нагрузки, представляющим собой отношение динамической критической нагрузки к соответствующей статической критической нагрузке  $K_d = P_d / P_{кр}$ . Статическая критическая нагрузка должна быть предварительно вычислена для исследуемого объекта при тех же исходных данных.

Исследуем поведение оболочек и пластин при динамическом продольно-поперечном нагружении методом криволинейных сеток. В векторном уравнении [6,7]

$$\frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^1}{\partial x^1} + \frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^2}{\partial x^2} + \sqrt{a} \bar{q} = 0. \quad (1)$$

Примем внешнюю нагрузку  $\bar{q}$ , меняющуюся по времени, по закону

$$\bar{q} = \bar{q}(t) - \frac{\gamma \cdot h_c}{g} \cdot f(x^\alpha) \cdot \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2}. \quad (2)$$

Здесь

$$\bar{q}(t) = \bar{P}_{эф}(t) - \frac{P}{g} \cdot \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2}, \quad (3)$$

где  $\bar{P}_{эф}(t)$  — интенсивность нагрузки в срединной поверхности ( $\alpha = 1, 2; \beta = 1, 2$ );

$f(x^\alpha)$  — функция, учитывающая закон изменения толщины оболочки в направлении криволинейных осей  $x^1, x^2$ .

С учетом (2) и (3) уравнение динамической устойчивости оболочки примет вид

$$\frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^1}{\partial x^1} + \frac{\partial \sqrt{a} \bar{N}^2}{\partial x^2} - \sqrt{a} \left[ \frac{\gamma \cdot h_c}{g} \cdot f(x^\alpha) \cdot \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} + \frac{P}{g} \cdot \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \right] = -\sqrt{a} \cdot \bar{P}_{эф}. \quad (4)$$

Для решения уравнения (4) применен метод криволинейных сеток, изложенный в работах [6÷8]. С этой целью построим трехмерную сеточную область с шагом по времени  $\Delta t$  и числом шагов сетки  $m$ . Получим

ряд поверхностей, параллельных поверхности  $t = 0$  и разделенных интервалом по времени. Рассмотрим поведение цилиндрической оболочки-панели при действии динамической нагрузки сжатия вдоль образующей. Нагрузка действует на участке контура (рис. 1).

Обозначим отношение динамической нагрузки  $P_{эф}$  к статической  $P_{кр}$  параметром  $t^*$ . Пусть нагрузка сжатия растет пропорционально времени по закону  $P = S \cdot t$ . Здесь  $S$  — величина, характеризующая скорость изменения нагрузки, и определяется выражением

$$S = P_{кр}^3 \left( \frac{\pi V E h_c^3}{V_1 b^4} \right),$$

где  $V$  — скорость звука в материале пластины;  $V_1$  — физическая скорость возрастания усилия сжатия.

Безразмерный параметр времени определен выражением

$$t^* = \frac{P_{эф}}{P_{кр}} = \frac{S t}{P_{кр}}.$$

При решении задач динамической устойчивости пластин шаг по безразмерному параметру времени принимается равным 0.01. Приложим нагрузку на половине торца цилиндрической оболочки. Зависимость «прогиб-время» для этого случая приведена кривой 1 (рис. 2).

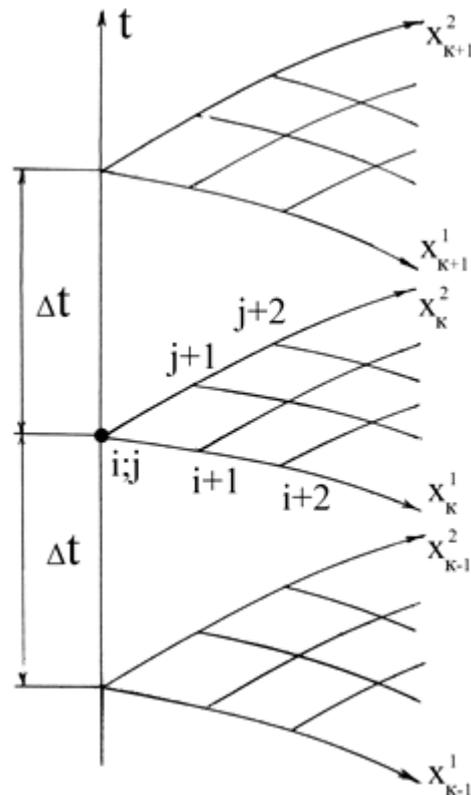


Рис. 1. Криволинейная сеточная область

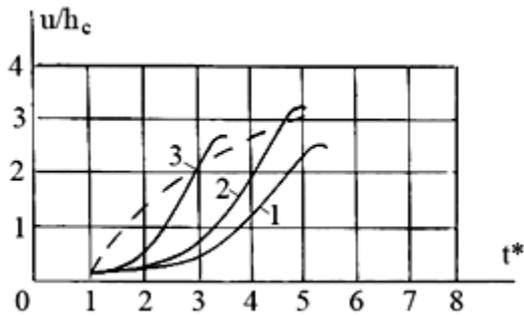


Рис. 2. Зависимость «прогиб-время» для цилиндрической оболочки

Бурное нарастание прогибов наблюдается после значения  $t^* = 3$ . При значении  $t^* = 5.2$  происходит динамическая потеря устойчивости по двум полуволнам. Коэффициент динамичности  $K_D = 5.3$ .

Сместим нагрузку в центр торца оболочки, приложив ее также на части контура  $b^1/2$ . Зависимость «прогиб-время» показана кривой 2. Из графика видно, что динамическая потеря устойчивости происходит раньше, чем в первом случае, а именно при  $t^* = 4.8$ . Потеря устойчивости происходит, как и в предыдущем случае, по двум полуволнам, однако величина прогибов возрастает.

Приложим нагрузку по всему торцу цилиндрической панели. В этом случае динамическая потеря устойчивости наступает значительно раньше (кривая 3) и коэффициент динамичности равен  $K_D = 3.2$ . На рис. 2 пунктирной линией показана зависимость «нагрузка-прогиб» при квазистатическом нагружении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ельмуратов С.К. Динамическая устойчивость гибких оболочек и пластин при продольно-поперечном нагружении // Поиск. Сер. естественных и технических наук. Алматы. 2005. № 2. С. 200-206.
2. Ельмуратов С.К. Динамическая устойчивость оболочек и пластин при действии нагрузки в срединной плоскости // Строительная механика: Сб. — Караганда: КарПТИ, 1991. С. 11-15.
3. Ельмуратов С.К. Расчет гибких оболочек на динамическую устойчивость / С.К. Ельмуратов, А.Ф. Ельмуратова // Материалы Междунар. научно-практической конф. «Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура». Омск: СибАДИ, 2003.
4. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. М.: Гостехиздат, 1956. 600 с.
5. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластин и оболочек. М.: Наука, 1972. 432 с.
6. Ельмуратов С.К. Численное исследование тонких пологих оболочек методом криволинейных сеток / С.К. Ельмуратов, Н.Т. Жадрасинов / Кар. гос. техн. ун-т. // Тр. ун-та. Караганда, 2005. №3. С. 43-47.
7. Ельмуратов С.К. Динамика тонких неоднородных оболочек при продольно-поперечном нагружении // Поиск. Сер. естественных и техн. наук. Алматы, 2006. № 1. С. 315-321.
8. Ельмуратов С.К. Устойчивость и динамика тонких неоднородных оболочек и пластин переменной жесткости // Вестн. КазГАСА. Алматы, 2005. № 4 (18). С. 94-99.

УДК 629.114.42

А.Т. ФИЛИМОНОВ  
Н.А. ДАНИЯРОВ  
М.А. ЖУМАНОВ  
А.З. ЖАЛГАСБЕКОВ

#### Адаптация горных машин и оборудования к горно-техническим условиям эксплуатации

Машины и оборудование являются активной частью основных производственных фондов горных предприятий. Использование машин по целевому назначению — решающий фактор изменения обобщающего показателя хозяйственной деятельности предприятия — прибыли или дохода. Добыча полезного ископаемого сопровождается расходом производственного потенциала предприятия, носителями которого являются единичные системы «человек-машина».

Известно, что результативность таких единичных систем и их совокупность колеблется в зависимости от условий, в которых они должны реализовать свою рабочую функцию. Только оптимальные условия позволяют получить от системы «человек-машина» наибольшую эффективность. Именно этим обусловлено то, что все основные организационные и управляющие действия со стороны предприятия, охватываемые термином «эксплуатация машин», сводятся в конечном к созданию для каждой машины и совокупности машин условий, при которых может быть максимизирована их производительность и

эффективность. ГОСТ 25866-83 определяет эксплуатацию как главную стадию жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество.

Для предприятия эксплуатация машин представляет собой многогранную область деятельности специалистов, служб и организаций, заключающуюся в целенаправленном и полном использовании машин. На всех уровнях цель эксплуатации заключается в том, чтобы поддерживать и восстанавливать работоспособность машин, оптимизировать действия комплексов машин и их режим работы в процессе функционирования, сберечь (хранить) машины в периоды, когда они не используются по назначению, обеспечивать машины материалами, оптимизировать перемещение (транспортирование) машин к объектам работ.

Перечисленные направления деятельности специалистов и служб указывают одновременно и на те причинные факторы эффективности эксплуатации машин, которые поддаются управлению. Функции эксплуатации распространяются и на те факторы,

которые влияют на эффективность работы человека, управляющего машиной: создание машинисту рациональных условий труда, обеспечение его в процессе работы питанием и одеждой, обучение передовым приемам управления и т.п.

Разрабатываемые проекты производства горных работ обычно основываются на требованиях технологических процессов и выбранных системах разработок. Поэтому структура процесса производства горных работ в точности отражает технологическую последовательность операций по отбойке, погрузке и транспортированию горной массы. Следовательно, для достижения требуемой эффективности действий необходимо точно соблюдать очередность, время и место выполнения каждой операции производственного процесса. Несвоевременные ТО и ТР машин, неритмичное обеспечение материалами, топливом, электроэнергией могут нарушить технологический процесс, снизить эффективность производства.

Машины являются частью производственного потенциала предприятия, с помощью которого оно выполняет все основные технологические операции реализуемых производственных процессов. Добыча полезного ископаемого имеет три основных последовательно соединенных элемента: ресурсы — процесс труда — продукция. Ресурсы, являющиеся входом системы, — это кадры, машины, материалы (топливо, смазка, ВВ, лес), запасные части, а также время, выделяемое для выполнения операции. Процесс труда — это деятельность, связанная с энергетическими, трудовыми, материальными затратами, их преобразованиями, направленной на достижение определенной продукции. Продукция горных предприятий — полезное ископаемое.

Изменения в системе могут распространяться на свойства ресурсов: характеристики машинного парка, квалификацию кадров, количество и качество материалов и т.д., а также на структуру и другие свойства процесса. Для того чтобы система обеспечивала желаемый «выход», создается подсистема управления, в которую входит блок сравнения параметров фактического выхода с желаемыми значениями параметров. Если обнаруживается разность между желаемым и фактическим выходом, то управляющая система воздействует на ресурсы и на технологический процесс. Это выражается не только в виде управляющих команд, но и в виде физических воздействий на машины: их состояние, численность, режим работы и т.п. Желаемая отдача от машины возможна лишь при относительно больших издержках трудовых и денежных ресурсов, нужных для того, чтобы поддерживать машины в работоспособном состоянии и правильно использовать их в производственном процессе.

Одним из проявлений научно-технического прогресса в горном производстве является добыча скальных руд подземным способом с применением самоходного оборудования. В настоящее время на добычу руды с помощью самоходных машин переведены практически все рудники цветной

металлургии Республики Казахстан и Российской Федерации.

Высокопроизводительное самоходное буровое, погрузочно-транспортное и вспомогательное оборудование, очистные и проходческие комплексы используют на подземной добыче железных и марганцевых руд, руд цветных и редких металлов, калийных солей и сланцев, при проходе тоннелей и других горных выработок, на строительстве железных и автомобильных дорог, гидросооружений.

Несмотря на то, что самоходное оборудование применяют в различных горно-геологических и горно-технических условиях, эксплуатация его имеет общие характерные особенности, в частности, самоходные машины, как правило, характеризуются высокой производительностью и большой первоначальной стоимостью, имеют малый срок службы (3-5 лет), значительны также затраты на их эксплуатацию и ремонт. Для достижения забойными рабочими высокой производительности и снижения себестоимости продукции необходимо эффективно использовать это оборудование путем рационального подбора состава машин комплекса, установления оптимальных эксплуатационных показателей, организации и управления эксплуатацией и ремонтом машин с учетом фактора времени. Наряду с другими факторами эффективность использования машин главным образом зависит от их безотказной работы.

Для технологии добычи руд с использованием самоходного оборудования необходима тесная связь машин, входящих в забойные комплексы. Остановка той или иной машины вызывает простои других машин комплекса. Указанная специфика добычи полезного ископаемого накладывает жесткие требования на безаварийную работу машин. Благодаря высокой производительности и мобильности самоходных машин происходит концентрация горных работ, что дает возможность созданию подземных складов, ремонтных площадок, заправочных станций.

Высокая эффективность работы самоходных машин под землей возможна при использовании их мобильных качеств. Для этого все станции обслуживания, склады связаны дорогами с забоями.

На большинстве рудников обеспечивается связь сети подземных дорог с поверхностными сооружениями через наклонные транспортные выработки. В забоях современных рудных шахт Республики Казахстан эксплуатируются разнообразные технологические и вспомогательные мобильные машины, имеющие смежную конструкцию, электрический, дизельный, пневматический и гидравлический привод. На рудниках Жезказгана и Ачисайского полиметаллического комбината в качестве бурового оборудования применяются каретки УБШ-532Д, СБУ-2К, Параматик; на погрузке и доставке — погрузочные машины ПНБ-3Д, ПНБ-4, ПД-8А, ТОРО 501 ДЛ, САТ-980; автосамосвалы МоА3 7501, ТОРО 40Д; самоходные полки СП-8А, СП-18, ПМЗШ-2, бульдозеры БП-2 и др. На рудниках Лениногорского, Зырянского и Тикилийского комбинатов эксплуатируются буровые станки ЛПС-3, ПБУ-80, на погрузке и доставке погрузочно-доставочные машины

ПД-2Б-1, ТОРО 501 ДЛ, погрузочные машины ПНБ-3Д, ПНБ-4, САТ-980 и др.

Самоходное оборудование эксплуатируется, как правило, в тяжелых горно-технических условиях, характеризующихся повышенной влажностью и запыленностью рудничного воздуха, обводненностью выработок, где ведется добыча крепких крупнокусковых и абразивных руд и пород, что является причиной возникновения больших динамических нагрузок, которые вызывают интенсивный износ и старение машин. Назрела необходимость решения таких задач, как создание надежных современных самоходных машин, приспособленных для эффективной эксплуатации в конкретных условиях, установление оптимальных эксплуатационных параметров машин, создание рациональных условий работы.

В течение ближайших 10-15 лет необходимо решать комплексную проблему по созданию, внедрению и обеспечению условий эксплуатации современными средствами механизации подземных горных работ, которые могли бы обеспечить не только количественный, но и качественный сдвиг и позволили бы повысить производительность труда не меньше, чем в 4-5 раз. Создание высокоэффективных самоходных машин и их эксплуатация на подземных рудниках требуют решения ряда взаимосвязанных проблем, к основным из которых относятся: 1) создание машин, приспособляющихся к конкретным условиям эксплуатации, дающих возможность достигать высокой производительности забойных комплексов, обладающих высоким уровнем надежности и малой интенсивностью потери конструктивных и эксплуатационных показателей; 2) создание таких условий эксплуатации машин комплексов, чтобы они использовались с наибольшей эффективностью и наименьшими затратами [1].

Решение этих проблем возможно путем использования современных теорий о создании машин и их эксплуатации. Основой этих теорий является теория адаптации горных машин и оборудования к горно-техническим условиям эксплуатации. Теория адаптации машин включает в себя оптимизацию конструктивных и эксплуатационных параметров горных машин, дающую возможность более эффективной их эксплуатации на подземных рудниках с минимальными затратами.

Управление процессами создания и эксплуатации горных машин возможно на основе применения теории адаптивных систем с использованием оперативной статистической документации,

полученной с помощью ЭВМ, и оценивается обобщенным показателем эффективности.

Теория адаптации горных машин позволяет создавать наиболее совершенные конструкции, выбирать рациональные комплексы машин, определять оптимальные сроки их службы с учетом физического и морального старения, оптимизировать уровень надежности, вести ремонт машин по их техническому состоянию.

Структурная схема теории адаптации включает в себя: информационную систему на базе ЭВМ, критерии адаптации, теорию старения машин, теорию адаптивных систем ремонта, теорию оценки эффективности функционирования горных машин и комплексов от степени их адаптации к условиям эксплуатации и управление адаптивными системами.

Для качественной оценки эффективности работы машин в определенных горно-технических условиях с учетом фактора времени используются следующие критерии адаптации:

- 1) пригодность машин к условиям эксплуатации;
- 2) старение машин;
- 3) ремонтпригодность машин.

Пригодность машин включает в себя две группы характеристик машин:

- 1) соответствие эксплуатационных параметров машин условиям эксплуатации;
- 2) соответствие конструктивных параметров машин условиям эксплуатации.

В первую группу входят следующие параметры: эксплуатационная надежность, техническая и эксплуатационная производительность, безопасность эксплуатации, эргономика машин, приспособленность машин к формированию забойных комплексов. Во вторую группу — габариты, масса машины, ее теоретическая производительность, режимы работы, энергетические показатели, конструктивная надежность.

Согласно теории адаптации создание машин и их эксплуатация является единым процессом. Для этого процесса решается целевая функция: сумма удельных затрат на создание машины и ее эксплуатацию должна быть минимальной. Следовательно, горные машины должны быть созданы с таким уровнем надежности, чтобы в процессе эксплуатации они мало отказывали, легко восстанавливались. Необходимо обеспечить такие условия эксплуатации, которые благоприятствовали бы наиболее эффективной работе машин с наименьшими затратами на поддержание их в работоспособном состоянии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филимонов А.Т. Расчет конструктивных параметров горных машин: Учеб. пособие / КазНТУ им. К.И.Сатпаева. Алматы, 2004.

УДК 539.3

А.Т. КАСИМОВ

#### Анализ сходимости метода конечных разностей при решении задач изгиба слоистых пластин

Развитие и приложение метода конечных разностей (МКР) к обширному классу задач изгиба однородных жестких пластин с различными контурными условиями представлено в работах П.М. Варвака [1]. С тех пор этот метод применяли в своих исследованиях задач изгиба пластин многие авторы. Метод получил особую популярность в связи с появлением и использованием в расчетах ЭВМ.

Точность и сходимость решений МКР задач изгиба двухслойных пластин исследовались А.Я. Выскребенцевым и А.И. Холодом [2]. Полученные прогибы и напряжения для шарнирно-опертой пластины под действием синусоидальной нагрузки сопоставлены с решениями теорий упругости. Отмечено, что точность вычислений как по напряжениям, так и по прогибам можно считать удовлетворительной уже при шаге сети 6х6. Эту же мысль подтверждают авторы работы [5]. Количество работ, посвященных расчету многослойных конструкций МКР, очень ограничено.

В настоящее время большую популярность при исследовании задач прочности приобрел метод конечных элементов (МКЭ). Ряд задач изгиба слоистых пластин решены этим методом.

Численные эксперименты показывают, что порядок сходимости метода конечных разностей равен  $h^4$ . При этом в каждом узле имеется только одна степень свободы. Отсюда можно сделать вывод, что при расчете изгибаемых слоистых конструкций, обладающих высоким порядком уравнений, метод сеток оказывается значительно удобнее, чем МКЭ. При одном и том же количестве степеней свободы МКР достигается большая точность решения задачи.

На рис. 1 и 2 по [4] представлены графики сходимости МКР в зависимости от густоты сетки для трехслойной квадратной пластины, при  $a / H = 5$ , шарнирно-опертой по контуру, под действием синусоидальной нагрузки. Результаты решений сравнивались с решениями Л.Э. Брюккера [3]. Слои пластины изотропные и имеют следующие физико-механические характеристики:

$$E_1 = E_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; E_1 = E_2 \cdot 10^3; \nu_1 = \nu_3 = 0,3; \nu_2 = 0,4,$$

где  $E_i, \nu_i, (i = 1, 2, 3)$  — модули упругости и коэффициенты Пуассона слоев;

$h_1 = h_3 = 0,004 \text{ м}$  — толщина несущих слоев;

$h_2 = 0,020 \text{ м}$  — толщина заполнителя;

$H = h_1 + h_2 + h_3 = 0,028 \text{ м}$  — общая толщина пластины.

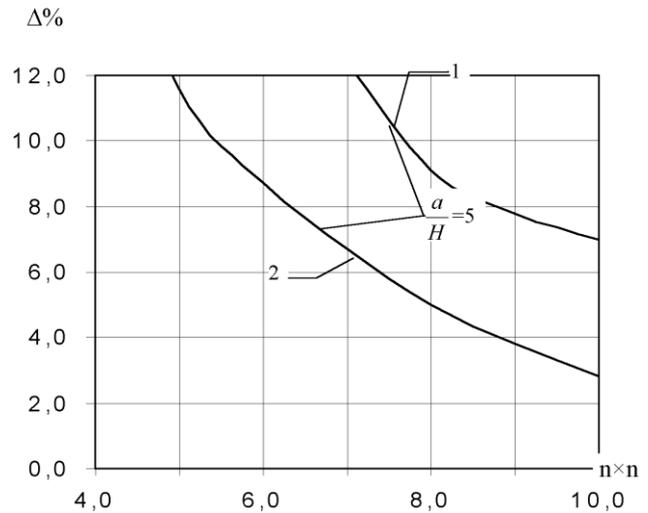


Рис. 1. График сходимости прогибов к точному решению для трехслойной пластины

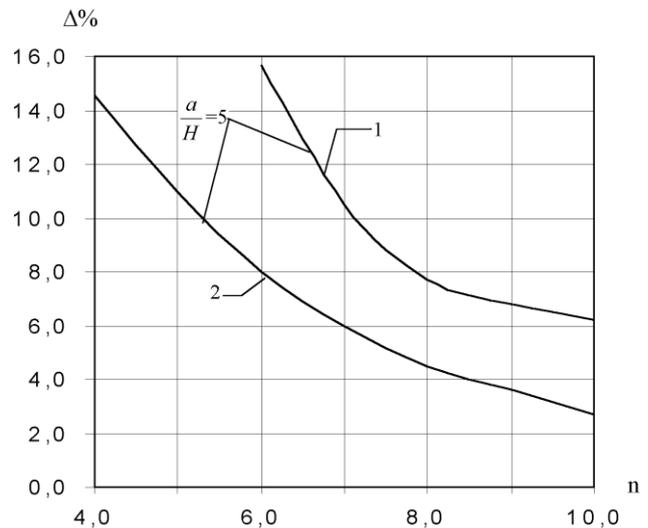


Рис. 2. График сходимости напряжений к точному решению для трехслойной пластины

Из графиков следует, что с увеличением густоты сетки наблюдается сходимость к их точному решению.

Кривая 1 соответствует учету только поперечного сдвига в слоях, кривая 2 — учету поперечного сдвига и давления слоев друг на друга. Графики показывают, что приемлемую точность МКР можно получить при шаге сетки  $n = 6 \times 6$ . На рис. 3 представлены графики сходимости в зависимости от шага сетки и от отношения «размеры пластины в плане к ее толщине». Кривые «σ» относятся к напряжениям, а кривые «W» — к прогибам.

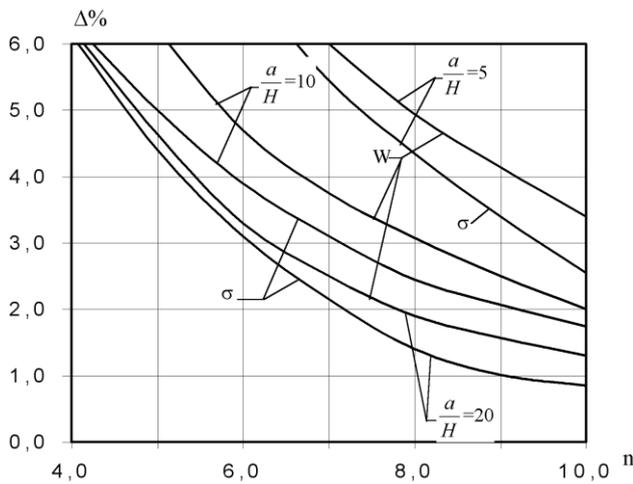


Рис.3. Сходимость решения МКР к точному для трехслойных пластин

На основе приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

Наибольшая точность вычислений по прогибам и напряжениям достигается при использовании соотношений, учитывающих поперечный сдвиг и давление слоев.

Исследование напряженно-деформированного состояния трехслойных пластин с отношением  $a/H = 5$  рекомендуется производить при шаге сетки  $n = 8 \times 8$ .

Увеличение шага сетки повышает сходимость прогибов и напряжений к их точному решению.

Предлагаемая методика численного расчета по [4] позволяет эффективно исследовать задачи изгиба трехслойных пластин при широком варьировании физических и геометрических параметров слоев.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюккер Л.Э. Некоторые варианты упрощения уравнений изгиба трехслойных пластин // Расчеты элементов авиационных конструкций М.: Машиностроение, 1965. Вып. 3. С. 74-99.
2. Варвак П.М. Развитие и приложение метода сеток к расчету пластинок. Киев: Изд. АН УССР, 1949. Ч.1 136 с.; 1952. Ч.2. 116 с.
3. Выскребенцев А.Я., Холод А.И. К теории изгиба двухслойных пластин // Прикл. механика, 1969. Т.5. Вып. 4. С. 70-76.
4. Касимов А.Т. Исследование напряженно-деформированного состояния прямоугольных многослойных пластин методом конечных разностей // Тр. ун-та. Вып.4. Караганда: КарГТУ, 2002. С. 64-65.
5. Цурпал И.А., Тамуров Н.Г. Расчет многосвязанных слоистых и нелинейно-упругих пластин и оболочек. Киев: ВШ, 1977. 244 с.

УДК 622.416:681.518

Л.А. АВДЕЕВ  
И.Н. ЛИСИЦЫНА

### Автоматический контроль проветривания на выемочных участках шахты

В связи со сверхконцентрацией горных работ, когда суточная добыча шахты обеспечивается одной комплексно-механизированной лавой, возникает необходимость ритмичной безаварийной работы таких «суперлав» в условиях интенсивного динамического воздействия горными работами на разрабатываемый пласт и прилегающий массив пород. Активным действующим фактором при этом является метановыделение из обнаженных поверхностей отбитого угля и выработанного пространства, уровень которого влияет на режимы работы добычного комбайна и лавного конвейера — основных электротехнических комплексов добычного участка.

Содержание метана в атмосфере выемочного участка зависит в основном от двух факторов: количества подаваемого на объект воздуха и режима работы комбайна, обуславливающего газовыделение на участке. Добычный участок с учетом прилегающих к нему выработок представляет собой сложный нелинейный объект с распределенными параметрами, со случайно изменяющимися во времени и пространстве внутренними и внешними возмущениями, значительно усложняющими его математическое описание [1]. При этом в качестве исходной может быть принята модель емкости (рис. 1), в которой происходит идеальное смешивание свежего воздуха с вредными газами, вводимыми в

емкость извне или выделяющимися непосредственно в ней.

В соответствии с традиционными законами управления здесь:  $C$  — переменный параметр,  $G$  — основное внешнее возмущение,  $Q$  — управляющее воздействие. В таком случае объект можно представить как емкость (зона смешивания), в которую с одной стороны поступает свежий воздух, а с другой — выходит отработанный воздух, смешанный с вредными примесями, содержание которых нормируется требованиями правил безопасности [2] и определяет возможность функционирования объекта. Учитывая, что переменным, регулируемым во времени, параметром является концентрация метана  $C$ , переменная  $G$  представляет собой основное внешнее воздействие, а  $Q$  является управляющим воздействием, получим для рассматриваемого объекта следующее нелинейное дифференциальное уравнение динамики:

$$\frac{G - Q_{\tilde{e}} \cdot \tilde{N}}{V} = \frac{dC}{dt}, \quad (1)$$

Уравнение статики рассматриваемого объекта можно выразить следующим образом:

$$\tilde{N}_0 = \frac{G}{Q_0}, \quad (2)$$

где  $C_0$  и  $Q_0$  — начальные, установившиеся значения

соответственно объемной относительной концентрации метана в отработанном воздухе и минутного поступления свежего воздуха.

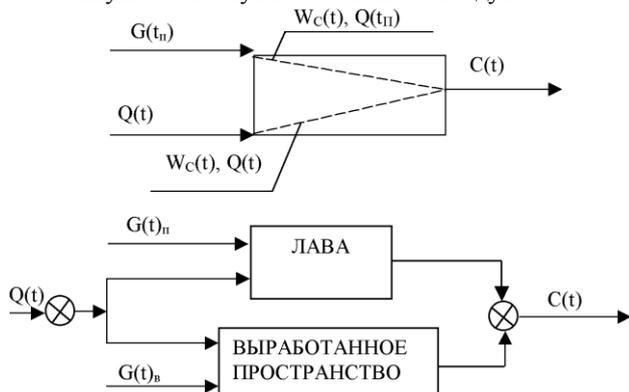


Рис. 1. Исходная модель объекта контроля:  
 $G(t)$  — газовыделение,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $Q(t)$  — расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  
 $C(t)$  — концентрация метана, %;  $V$  — объем зоны смешивания

Учитывая, что при малых значениях  $C$  можно считать приближенно  $Q_H = Q$  и используя формулы (1) и (2), получаем линеаризованное уравнение динамики объекта в приращениях:

$$(T_\lambda + 1)\Delta C = K_{\lambda C}\Delta G + K_{\lambda G}\Delta Q, \quad (3)$$

где  $T_\lambda$  — постоянная времени звена, мин,

$$\dot{\Delta}_\lambda = \frac{V}{Q_0}, \quad (4)$$

$K_{\lambda C}$  — коэффициенты усиления объекта по каналу газовыделение — концентрация,

$$\hat{E}_{\lambda C} = \left( \frac{\partial C}{\partial G} \right)_{Q=Q_0} = \frac{1}{Q_0}, \quad (5)$$

$K_{\lambda G}$  — коэффициент усиления объекта по каналу расход воздуха — концентрация,

$$\hat{E}_{\lambda G} = \left( \frac{\partial C}{\partial Q} \right)_{G=G_0} = -\frac{G_0}{Q_0^2} = -\frac{C_0}{Q_0}. \quad (6)$$

Правильное представление о статистических свойствах объекта имеет принципиальное значение для обоснования рациональной системы управления объектом, которая практически предусматривает регулирование двух параметров — количество поступающего свежего воздуха, производительность комбайна, которая в основном определяется режимом работы электродвигателя подачи.

На шахтах УД АО «Миттал Стал Темиртау» в настоящее время установлены автоматизированные системы аэрогазового контроля на выемочных участках, оборудование для которых (аппаратура передачи информации АПИ и датчики расхода воздуха ПДС) и программное обеспечение разработаны отделом НИОКР предприятия «Углесервис».

Система позволяет выполнять следующие основные функции:

- прием информации от датчиков и преобразователей;
- централизованное питание искробезопасным

напряжением подземных устройств аппаратуры АПИ и датчиков ПДС;

- передача команд управления от ПЭВМ к подземным устройствам;
- управление режимами работы аппаратуры АПИ;
- первичная обработка поступающей информации о концентрации метана и расхода воздуха;
- организация и хранение обработанной информации в базе данных;
- цветовой и звуковая сигнализация о нарушениях заданных значений контролируемых параметров.

Технические средства эксплуатируемых систем могут быть использованы при создании автоматизированной системы контроля и управления режимами работы добычного участка (рис. 2).

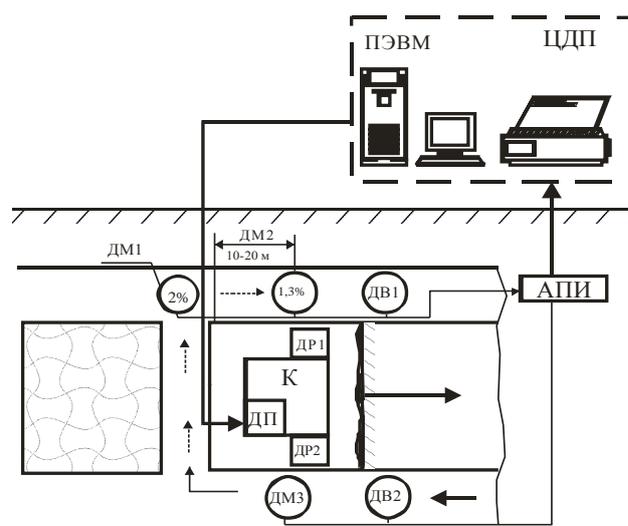


Рис. 2. Автоматизированная система управления электротехническим комплексом добычного забоя:  
 ЦДП — центральный диспетчерский пункт; АПИ — аппаратура передачи информации; ДМ1, ДМ2, ДМ3 — датчики метана; ДВ1, ДВ2 — датчик скорости в воздуха; ДР1, ДР2 — датчики резания комбайна; ДР — датчик подачи комбайна.

При этом дополнительно в реальном масштабе времени реализуются следующие функции:

- статистическая обработка информации;
- расчет показателей метанообильности;
- расчет статических характеристик;
- коррекция динамических характеристик;
- расчет потребного количества воздуха;
- расчет возможной производительности участка.

Достаточно точное определение и прогнозирование интенсивности метановыделения на различных участках выемочного столба позволяет вырабатывать адекватные управляющие воздействия для электротехнических комплексов выемочных участков.

Внедрение предлагаемой автоматизированной системы контроля и управления газовой обстановкой в горных выработках позволяет не только отслеживать и гибко воздействовать на источники газовыделения, но и автоматически перераспределять режимы работы электротехнических комплексов выемочных участков.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Преображенская Е.И. и др. Управление газовой выделением на угольных шахтах. М.: Недра, 1980. 220 с.
2. Правила безопасности в угольных шахтах. Караганда, 2001.

УДК 621.34:621.771.23

И.В. БРЕЙДО  
Н.В. КАЧУРА

### Исследование механических свойств стальной полосы при термообработке в печи ТХО

На линии непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ), внедренной на УД АО «Миттал Стилл Темиртау», осуществляется непрерывное двустороннее нанесение антикоррозийного цинкового покрытия методом ее погружения в горячий расплав цинка с выдачей готовой продукции в виде полос, смотанных в рулоны.

Характеристика поступающей продукции:

- материал — холоднокатаная стальная полоса (высокопрочная низколегированная сталь «С»);
- ширина — от 762 до 1550 мм;
- пределы толщины — от 0,2 до 1,6 мм;
- температура полосы на входе печи — 25 °С.

Печь ТХО состоит из трех зон, каждая из которых характеризуется своей температурой нагрева. Термообработка начинается в печи с изолирующих роликов входного участка с открытым пламенем и завершается на последнем открытом участке охлаждения. Полоса пропускается через печь при контролируемой степени растяжения, чтобы она автоматически проходила через отклоняющий ролик без образования складок из-за чрезмерного усилия, направленного на ее центрирование, главным образом, в местах нагрева. Растяжение отдельно контролируется на каждом участке модулями, отвечающими за растяжение и расположенными на впускных и выпускных роликах для выдерживания оптимального растяжения в середине участка печи.

В процессе нагрева полосы меняются ее механические свойства: упругость и пластичность. С целью определения их зависимостей от времени и температуры были проведены эксперименты. При этом фиксировался ряд осциллограмм: зависимости момента, скорости, температуры от времени в нормальном режиме, при остановке и запуске агрегата (рис. 1, 2). Проанализируем осциллограммы, полученные при нормальном режиме работы (рис. 1, табл. 1) и снятых на протяжении 4 часов.

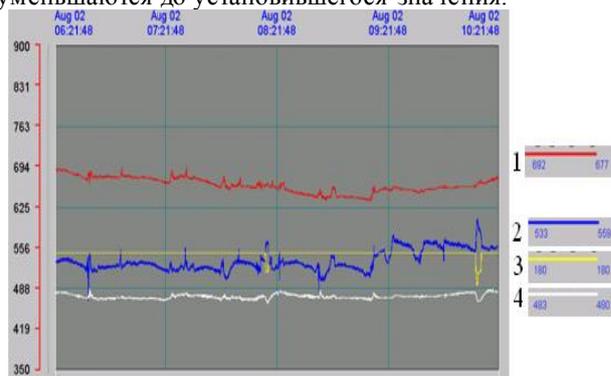
Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

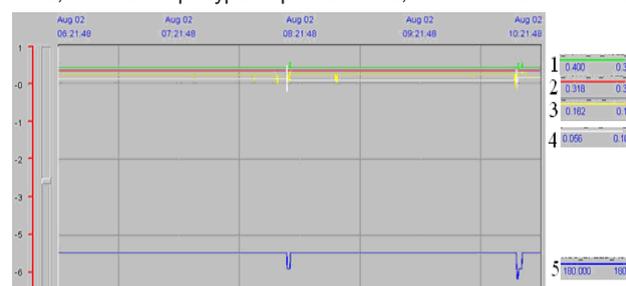
Зона	Температура, °С	Момент, Нм	Скорость полосы, м/мин
первая	533-559	400-397	180
вторая	692-677	318	180
третья	483-480	182-135	180

Осциллограммы, полученные при аварийной остановке агрегата на 7-15 мин, представлены на рис. 2. При остановке, когда скорость равна нулю, момент на двигателях стремится к нулю, полоса находится в

нагретой печи и ее температура изменяется нелинейно, при последующем запуске в связи с тем, что полоса начинает двигаться, момент и температура увеличиваются интенсивно до максимальных, а затем уменьшаются до установившегося значения.

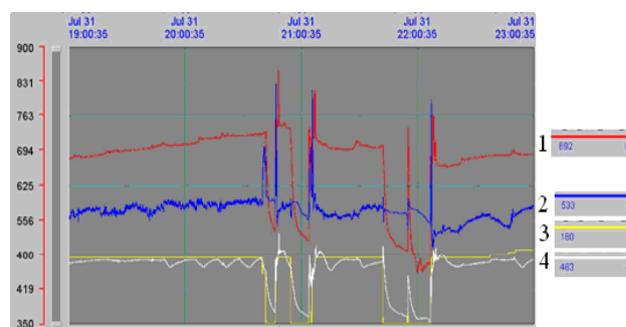


1 — температура во второй зоне; 2 — температура в первой зоне; 3 — температура в третьей зоне; 4 — натяжение полосы

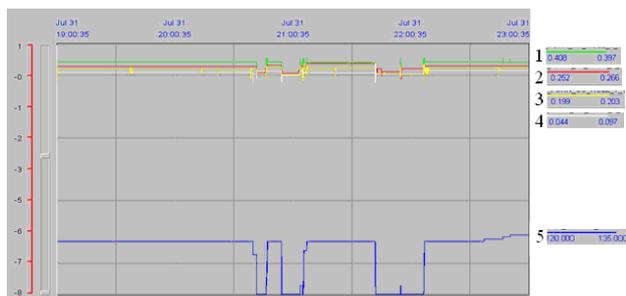


1 — момент двигателя роликов 1 зоны; 2 — момент двигателя роликов 2 зоны; 3 — момент двигателя роликов 3 зоны; 4 — натяжение полосы

Рис. 1. Осциллограммы, снятые при нормальном режиме работы для трех зон печи ТХО



1 — температура во второй зоне; 2 — температура в первой зоне; 3 — температура в третьей зоне; 4 — натяжение полосы



1 — момент двигателя роликов 1 зоны; 2 — момент двигателя роликов 2 зоны; 3 — момент двигателя роликов 3 зоны; 4 — натяжение полосы

Рис. 2. Оциллограммы, снятые при аварийном режиме работы для трех зон печи ТХО

Таблица 2

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ОСТАНОВКЕ АГРЕГАТА

Зона	Температура, °С	Момент, Нм	Скорость полосы, м/мин
первая	от 700 до 590	от 408 до 0	от 180 до 0
вторая	от 740 до 535	от 252 до 0	от 180 до 0
третья	от 480 до 370	от 199 до 0	от 180 до 0

Время простоя — 5 мин.

Время пуска — 30 с.  
 При обработке оциллограмм по методу наименьших квадратов были получены зависимости температуры полосы от времени при остановке агрегата:

$$1 \text{ зона: } t^{\circ}\text{C} = f(t) = 13.53255t^2 - 78.506t + 691.3476,$$

$$2 \text{ зона: } t^{\circ}\text{C} = f(t) = 23.11679t^2 - 145.079t + 723.6166,$$

$$3 \text{ зона: } t^{\circ}\text{C} = f(t) = 7.414164t^2 - 67.638t + 481.0992.$$

При аппроксимации зависимостей расхождение расчетных кривых и кривых, полученных экспериментально, составляет 0,1-1 °С.

Полоса в нагретом состоянии обладает пластичными свойствами. Натяжение полосы зависит от линейного удлинения и жесткости в функции времени во всех трех зонах, которые в свою очередь зависят от температуры полосы.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что необходимо установить дополнительное натяжное устройство, которое будет поддерживать натяжение полосы в аварийных режимах с учетом температуры и жесткости полосы. Зависимости температуры от времени предназначены для разработки алгоритмов управления электроприводом предлагаемого натяжного устройства.

Таблица 3

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ПУСКЕ АГРЕГАТА

Зона	Температура, °С	Максимальная температура, °С	Момент, Нм	Максимальный момент, Нм	Скорость полосы, м/мин
первая	от 590 до 685	830	от 0 до 408	600	от 0 до 120
вторая	от 535 до 750	845	от 0 до 252	260	от 0 до 120
третья	от 370 до 490	520	от 0 до 203	250	от 0 до 120

УДК 621.34:621.771.23

Е.В. КУНТУШ

Разработка математической модели изменения провиса полосы горизонтального петлевого устройства

Провис — важнейший фактор, влияющий на динамику привода при заполнении горизонтального петлевого устройства [1]. Целью проведения работы стала разработка адекватной математической модели изменения провиса полосы. В горизонтальном петлевом устройстве петлеобразующая тележка перемещается в четырех зонах синхронизации (рис. 1).

Из графиков (рис. 2 и 3) видно, что запас петли в накопителе может изменяться от 25÷60 % до 80÷90 %, а иногда и 100 %.

Учитывая, что длина петлевого устройства составляет 89 600 мм, длина полосы в полностью набранном накопителе — порядка 360 000 мм, а сечение полосы колеблется от 0,4×700 мм<sup>2</sup> до 2×1500 мм<sup>2</sup>, можно утверждать, что масса полосы изменяется значительно. Изменение происходит быстрее (рис. 2 и 3) при выборе полосы из накопителя (0,5÷1,5 мин), чем при ее наборе (1,5÷4,5 мин).

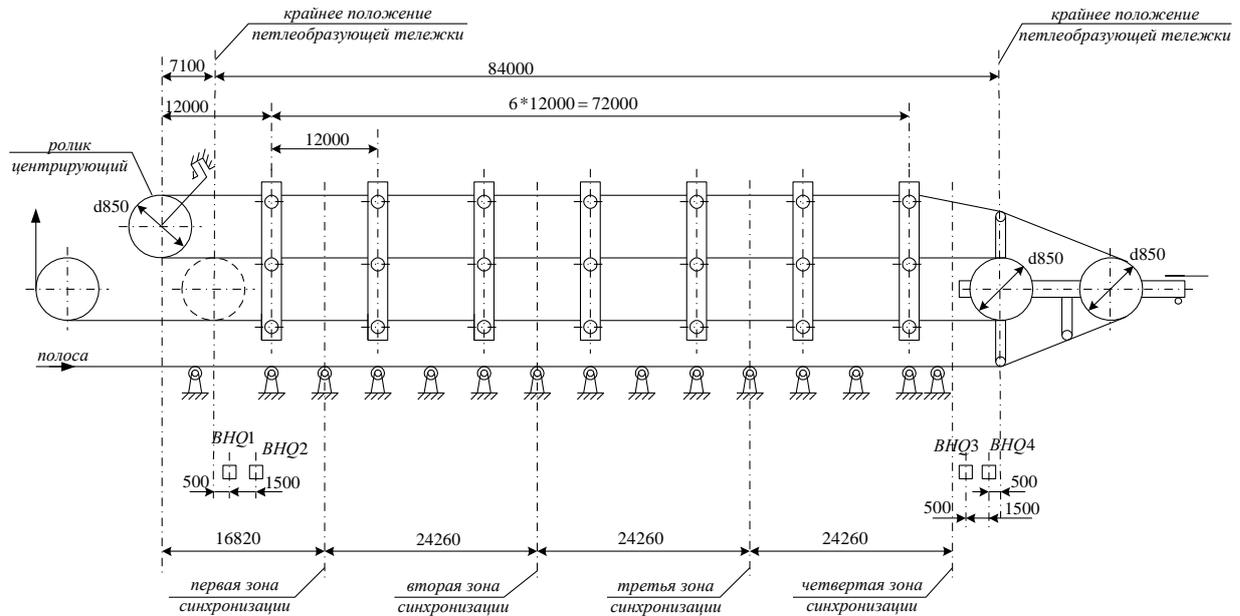


Рис. 1

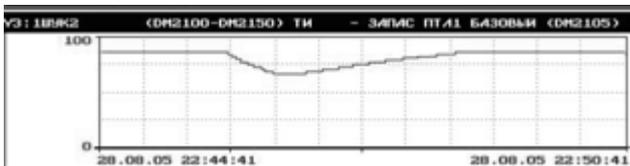


Рис. 2

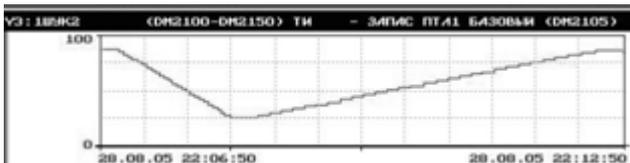


Рис. 3

Изменение запаса при выборе полосы из накопителя и при ее наборе происходит практически по линейному закону (рис. 2 и 3). При расположении полосы на барабанах и опорных роликах она провисает под действием сил тяжести. Зависимость между провисанием в середине пролета и натяжением для полосы имеет вид [2]:

$$f = \frac{ql^2}{8H}, \quad (1)$$

где  $f$  — провисание в середине пролета, м;  
 $q$  — интенсивность нагрузки, Н/см;  
 $l$  — длина пролета, м;  
 $H$  — натяжение, Н.

Интенсивность нагрузки для полосы определяется как:

$$q = g\rho Bh, \quad (2)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  
 $\rho$  — плотность полосы,  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ ;  
 $B$  — ширина полосы, м;  
 $h$  — толщина полосы, мм.

Графики зависимости провисания от натяжения для полос сечением  $0,4 \times 700$ ;  $0,4 \times 1500$ ;  $2 \times 1500$  и  $2 \times 700 \text{ мм}^2$  приведены на рис. 4.

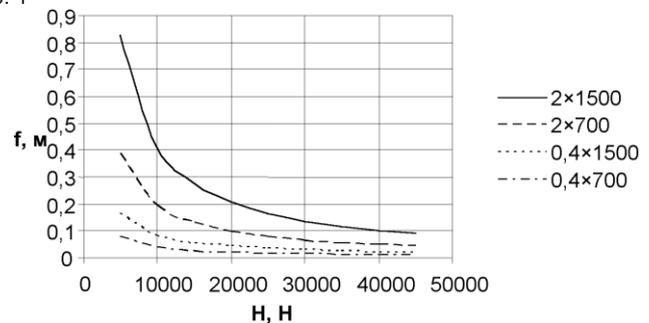


Рис. 4.

Расстояние между параллельными ветвями полос в горизонтальном петлевом накопителе составляет 0,85 м (рис. 1). Исходя из особенностей конструкции горизонтального петлевого устройства провис не должен превышать 0,3÷0,5 м. Следовательно, минимальное натяжение должно составлять 5÷10 кН. Верхний уровень натяжения обусловлен пределом прочности полосы  $\sigma_b \leq 60 \text{ кг/мм}^2$  [3]:

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{s}, \quad (3)$$

где  $P_{\max}$  — максимальная нагрузка, кг;  
 $s$  — площадь поперечного сечения полосы,  $\text{мм}^2$ .

Максимальное натяжение в нашем случае составляет 17÷30 кН в зависимости от сечения полосы.

Длина пролета между опорными роликами и петлеобразующей тележкой изменяется во время движения последней при выборе и наборе полосы в накопитель. Расчетные кривые изменения провиса для полос  $0,4 \times 700$ ;  $0,4 \times 1500$ ;  $2 \times 1500$  и  $2 \times 700 \text{ мм}^2$  при натяжении 15 кН приведены на рис. 5.

Наибольший провис при любых условиях возникает в полосе с наибольшим сечением  $2 \times 1500 \text{ мм}^2$ .

На рис. 6 приведена математическая модель изменения провиса полосы при увеличении длины пролета, выполненная в Matlab, а на рис. 7 —

полученный график зависимости провиса от длины пролета.

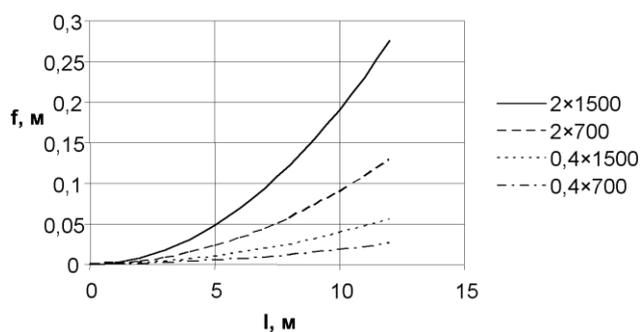


Рис. 5.

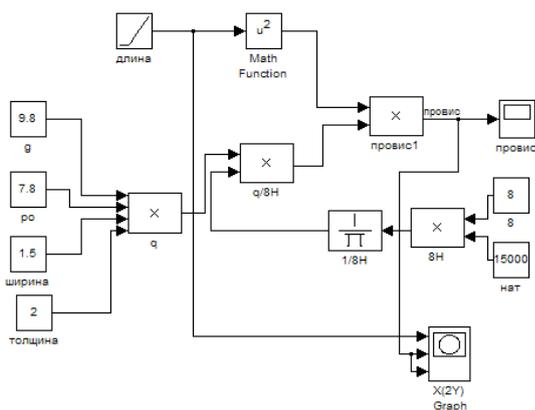


Рис. 6

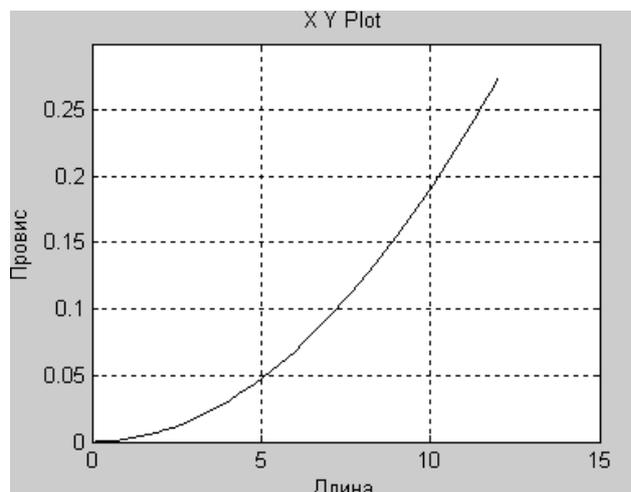


Рис. 7

В процессе исследования было проведено 8 имитационных экспериментов. Расхождение между результатами эксперимента и имитационного моделирования не превышает 3,7 %. Следовательно, можно утверждать, что имитационная модель вполне адекватна. Результаты исследования предназначены для структурно-параметрической оптимизации электропривода горизонтального петлевого устройства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейдо И.В., Кунтуш Е.В. Разработка математической модели электромеханической системы горизонтального петлевого устройства // Труды университета. Караганда, 2005.
2. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наукова думка, 1975.
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1986.
4. Гультяев А.К. Имитационное моделирование в среде Windows. СПб.: Корона принт, 2001.

## РЕЗЮМЕ

UDK 001.895:378.662. М.Р. НУРГУЖИН. **Инновации в сфере высшего технического образования.**

*Рассмотрены актуальность и значимость предложений по проведению научной и технической политики, выработанной на встрече министров образования государств-членов Группы восьми.*

UDK 378.147. А.Б. КЛОК. **Формализация процесса построения интегральных учебных дисциплин.**

*Рассматривается применение системного подхода для формирования технологий разработки структуры и содержания учебных дисциплин и учебного процесса, обусловленных особенностями подготовки бакалавров с использованием кредитной технологии обучения.*

UDK 378:001.891. Л.Г. МАТВЕЕНКОВА, М.К. АМАНЖОЛОВА. **Проблемы повышения качества подготовки инженерных кадров (социологический анализ).**

*На основе проведенных социологических исследований дается анализ некоторых проблем повышения качества подготовки инженерных кадров.*

UDK 378.146:3. М.М. КАРАСАРТОВА, А.В. СИВОДЕДОВА. **Система контроля качества знаний студентов технических вузов при изучении дисциплин гуманитарного цикла.**

*О проблемах повышения контроля качества знаний студентов технических вузов при изучении дисциплин гуманитарного цикла «Социология», «Политология» и «Основы права». Пилотажное исследование позволяет оценить степень восприятия этих дисциплин студентами четвертого курса как позитивного и усилить мотивацию процесса обучения.*

UDK 63.3(2К). М.Ж. СУЛЕЙМЕНОВА, К.С. ТЛЕУГАБЫЛОВА. **Актуальные проблемы изучения истории Казахстана в высшей школе.**

*Рассматриваются актуальные проблемы изучения истории Казахстана, а также значение данной дисциплины в высшей школе.*

UDK 622.807:622.7(574.3). А.К. АКИМБЕКОВ, Н.Р. ЖОЛМАГАМБЕТОВ. **Анализ изменения скоростного потока воздуха в трубопроводе вентиляционной системы при подаче дополнительного потока воздуха.**

*Приведены результаты экспериментальной работы, проведенной с целью выявления путей предотвращения и устранения оседания пыли в трубопроводах промышленных аспирационных систем.*

UDK 622.271. В.И. РОМАНОВ. **Обеспечение устойчивости уступов при заоткосных работах на карьере.**

*Уменьшение деформирования контурного массива созданием по проектному контуру предварительной щели позволяет увеличить углы наклона карьерных откосов с обеспечением их устойчивости. Определен расход ВВ для данных условий.*

UDK 622.33.012.2.06. В.Ф. ДЕМИН, Д.А. УТКИН. **Технология отработки локальных участков, запасов**

ӨЖ 001.895:378.662. М.Р. НУРГУЖИН. **Жоғары техникалық білім саласындағы инновациялар.**

*Сегіз Топқа мүше-мемлекеттердің білім министрлерінің кездесуінде құралған, ғылыми және технологиялық саясатты жүргізу бойынша ұсыныстардың өзектілігі мен маңыздылығы қарастырылған.*

ӨЖ 378.147. А.Б. КЛОК. **Интегралдық оқу пәндерін құру процесін қалыптандыру.**

*Кредиттік оқыту технологиясын пайдалану арқылы бакалаврларды даярлау ерекшелігіне қарамастан, оқу пәндерінің және оқу процесінің құрылымы мен мазмұнын әзірлеу технологияларын құру үшін жүйелі амалды қолдану қарастырылады.*

ӨЖ 378:001.891. Л.Г. МАТВЕЕНКОВА, М.К. АМАНЖОЛОВА. **Инженер кадрларын даярлау сапасын арттырудың кейбір проблемалары.**

*Жүргізілген әлеуметтік зерттеулер негізінде инженерлік кадрларды даярлау сапасын арттырудың кейбір проблемаларын талдау берілген.*

ӨЖ 378.146:3. М.М. КАРАСАРТОВА, А.В. СИВОДЕДОВА. **Гуманитарлық цикл пәндерін зерделеу кезінде техникалық ЖОО студенттерінің білім сапасын бақылау жүйесі.**

*Гуманитарлық циклді «Әлеуметтану», «Саясаттану» және «Құқық негіздері» пәндерін зерделеу кезінде техникалық ЖОО студенттерінің білім сапасын бақылауды арттыру проблемалары туралы айтылады. Пилотаждық зерттеу осы пәндерді төртінші курс студенттерінің позитивті ретінде қабылдау дәрежесін бағалауға және оқу процесінің дәлелін күшейтуге мүмкіндік береді.*

ӨЖ 63.3(2К). М.Ж. СУЛЕЙМЕНОВА, Қ.С. ТІЛЕУҚАБЫЛОВА. **Қазақстан тарихын жоғары мектепте зерделеудің маңызды проблемалары.**

*Қазақстан тарихын зерделеудің маңызды проблемалары, сондай-ақ берілген пәннің жоғары мектептегі мәні қарастырылады.*

ӨЖ 622.807:622.7(574.3). Ә.Қ. ӘКІМБЕКОВ, Н.Р. ЖОЛМАГАМБЕТОВ. **Қосымша ауа ағынын беру кезінде желдету жүйесінің құбырындағы ауаның жылдамдықты ағынының өзгеруін талдау.**

*Өнеркәсіптік аспирациялық жүйелер құбырларында шаңның тұрып қалуын болдырмау және жою жолдарын айқындау мақсатында жүргізілген, эксперименттік жұмыстың нәтижелері берілген.*

ӨЖ 622.271. В.И. РОМАНОВ. **Карьердегі жайпақтау жұмыстары кезінде кертпештердің орнықтылығын қамтамасыз ету.**

*Жобалық контур бойымен алдын ала саңылау жасаумен контурдан тыс массивтің деформациялануын азайту, олардың орнықтылығын қамтамасыз етумен карьер қиябеттерінің көлбеу бұрыштарын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Берілген шарттар үшін ЖЖ шығыны анықталған.*

ӨЖ 622.33.012.2.06. В.Ф. ДЕМИН, Д.А. УТКИН. **Шахталардың жерасты жағдайларында тау жыныстарын қалдыру ар-**

UDC 001.895:378.662. M.R. NURGUZHIN. **Innovations in Sphere of Higher Technical Education.**

*Topicality and significance of suggestions on pursuing the scientific and technological policy worked out at the meeting of the ministers of education of the states – members of the Group of Eight have been considered.*

UDC 378.147. A.B. KLOK. **Formalizing Process of Constructing Integral Educational Subjects.**

*The application of a system approach to form technologies of developing the structure and the content of educational subjects and the training process is considered which are caused by the peculiarities of training bachelors using the credit education technology.*

UDC 378:001.891. L.G. MATVEYENKOVA, M.K. AMANZHLOVA. **Problems of Increasing Quality of Training Engineering Personnel (Sociological Analysis).**

*The analysis of some problems of increasing the quality of training the engineering personnel is given on the basis of sociological investigations conducted.*

UDC 378.146:3. M.M. KARASARTOVA, A.V. SIVODEDOVA. **System of Controlling Knowledge Quality of Students of Technical Higher Educational Establishments at Studying Humanitarian Subjects.**

*The article concerns the problems of increasing the control of the knowledge quality of students of technical higher educational establishments at studying humanitarian subjects such as «Sociology», «Polytology», «Principles of Law». The pilot investigation allows to estimate the degree of perception of these subjects by the fourth-year students as positive and to intensify the motivation of the training process.*

UDC 63.3(2K). M.Zh. SULEYMENOVA, K.S. TLEUGABYLOVA. **Topical Problems of Studying History of Kazakhstan at Higher School.**

*Topical problems of studying History of Kazakhstan as well as significance of this subject at a higher school are considered.*

UDC 622.807:622.7(574.3). A.K. AKIMBEKOV, N.R. ZHOLMAGAMBETOV. **Analysis of Changing Velocity Air Flow in Ventilation System Pipe-Line on Feeding Additional Air Flow.**

*The results of the experiments carried out with the aim of determining the ways of preventing and removing dust precipitation in pipe-lines in production aspiration systems are given.*

UDC 622.271. V.I. ROMANOV. **Providing Stability of Benches in Operations Behind High Walls in Quarry.**

*Decreasing the deformation of the mass behind the outline by making a preliminary slot along the design outline allows to increase the slope of quarry high-walls and provide their stability. The consumption of explosive materials for the conditions given has been determined.*

UDC 622.33.012.2.06. V.F. DYEMIN, D.A. UTKIN. **Technology of Developing Local Sections, Stocks of Coking Coals Leaving**

**коксующихся углей с оставлением породы в подземных условиях шахт.**

*Разработана новая технологическая схема отработки локальных участков с оставлением породы в подземных условиях шахт.*

UDC 622.411.332 (574.31). **Н.Ф. ГРАЩЕНКОВ**, Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ. **Динамика изменения концентрации метана в куполах подготовительных выработок.**

*Решение неоднородного уравнения диффузии с неоднородными граничными условиями, описывающими изменение концентрации метана в куполах, значительных по объему, и высотой более 0,5 м, образующихся при проведении подготовительных выработок.*

UDC 622.284 (574.32). А.С. САГИНОВ, А.Е. МАГЗУМОВ. **Исследования усилия закрепления анкерной крепи с патронированными быстротвердеющими составами в шахтных условиях.**

*Излагаются результаты проведенных шахтных исследований по закреплению анкерной крепи с патронированными быстротвердеющими составами.*

UDC 622.284.74. Г.Д. ЗАДАВИН. **Экспериментальные исследования по определению несущей способности сталеполимерных анкеров.**

*Приведены экспериментальные исследования по определению несущей способности сталеполимерных анкеров.*

UDC 551.4035(23). А.В. ЕГОРИНА. **Взаимосвязь ороклиматического барьера Большого Алтая с центрами действия атмосферы планетарного масштаба.**

*Дан анализ преобразования сезонных полей давления над Северной Азией, условия формирования и состояние азиатского антициклона и иранской термической депрессии. Показана взаимосвязь ороклиматического барьера Большого Алтая с крупными формами планетарной циркуляции.*

UDC 622.232.8. Г.С. ЖЕТЕСОВА, О.М. ЖАРКЕВИЧ. **Определение технико-экономических показателей механизированной крепи «Глиник».**

*Приведены технико-экономические, технологические показатели крепи «Глиник», а также расчет показателей надежности.*

UDC 621.9. Р.М. МУХАМАДЕЕВА. **Математическая модель натяга, допустимого пределом деформации при комбинированной обработке.**

*Изложены результаты исследования влияния натяга на изменение размеров деталей при комбинированной обработке отверстий. Определена аналитическая зависимость натяга от толщины стенки, обеспечивающая получение прогнозируемых качественных характеристик поверхности слоя.*

UDC 531+681. А.З. ИСАГУЛОВ, С.Ш. КАЖИКЕНОВА. **Математическое моделирование течения расплава меди.**

*Для компьютерного моделирования течения расплава предложено численное решение уравнений гидродинамики методом конечных разностей. Приведены теоретические выкладки по расчету текущей расплава с учетом скорости и движения расплава. Использование метода конечных разностей показало*

**кылы кокстелетін көмірлер қорларын, жергілікті учаскелерді қазымдау технологиясы.**

*Шахталардың жерасты жағдайларында тау жыныстарын қалдыру арқылы жергілікті учаскелерді қазымдаудың жаңа технологиялық сұлбасы әзірленген.*

ӨЖ 622.411.332 (574.31). **Н.Ф. ГРАЩЕНКОВ**, Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ. **Даярлау қазбаларының күмбездерінде метан шоғырлануының өзгеру динамикасы.**

*Даярлау қазбаларын жүргізу кезінде түзілетін, көлемі бойынша елеулі және биіктігі 0,5 м артық күмбездерде метан шоғырлануының өзгеруін сипаттайтын, біртекті шекаралық шарттары бар диффузияның біртекті теңдеуінің шешімі берілген.*

ӨЖ 622.284 (574.32). А.С. САГИНОВ, А.Е. МАГЗУМОВ. **Шахта жағдайларында патрондалған жылдам қататын құрамдары бар анкерлі бекітпені бекіту күшін зерттеу.**

*Патрондалған жылдам қататын құрамдары бар анкерлі бекітпені бекіту бойынша жүргізілген шахталық зерттеулердің нәтижелері баяндалады.*

ӨЖ 622.284.74. Г.Д. ЗАДАВИН. **Болат-полимерлі анкерлердің көтергіш қабілетін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер.**

*Болат полимерлік анкерлердің тіреп тұру қабілеттілігін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер келтірілген.*

ӨЖ 551.4035(23). А.В. ЕГОРИНА. **Үлкен Алтайдың ороклиматтық тосқауылының планетарлық масштабтағы атмосфераның әсер ету орталықтарымен өзара байланысы.**

*Солтүстік Азия үстіңдегі қысымның маусымдық өрістерінің түрленуін талдау, азиялық антициклонның және ирандық термическі депрессияның қалыптасу жағдайлары және күйі берілген. Үлкен Алтайдың ороклиматтық тосқауылының планета айналуының ірі пішіндерімен өзара байланысы көрсетілген.*

ӨЖ 622.232.8. Г.С. ЖЕТЕСОВА, О.М. ЖАРКЕВИЧ. **«Глиник» механикаландырылған бекітпесінің техника-экономикалық көрсеткіштерін анықтау.**

*«Глиник» бекітпесінің техника-экономикалық, технологиялық көрсеткіштері, сондай-ақ сенімділік көрсеткіштерін есептеу келтірілген.*

ӨЖ 621.9. Р.М. МУХАМАДЕЕВА. **Аралас өңдеу кезіндегі деформацияның шегімен рұқсат етілетін тартымның математикалық моделі.**

*Тесіктерді аралас өңдеу кезінде тетіктер өлшемдерінің өзгеруіне тартымның әсерін зерттеу нәтижелері баяндалған. Тартымның қабырғаның қалыңдығына аналитикалық тәуелділігі анықталған, ол беттік қабаттың болжанатын сапалы сипаттамаларын алуды қамтамасыз етеді.*

ӨЖ 531+681. А.З. ИСАГУЛОВ, С.Ш. КАЖИКЕНОВА. **Мыстың балқу ағысын математикалық модельдеу.**

*Берілген жұмыста балқу ағысын компьютерлік модельдеу үшін гидродинамика теңдеулерін шеткі айырымдар әдісімен сандық шешу ұсынылған. Балқу қозғалысының жылдамдығын есепке алумен балқу аққыштығын есептеу бойынша теориялық есептер келтірілген. Шеткі айырымдар әдісін пайдалану Навье-*

**Barren Rocks in Underground Conditions of Mines.**

*A new technological scheme of developing local sections leaving barren rocks in underground conditions of mines has been worked out.*

UDC 622.411.332(574.31). **N.F. GRASHCHENKOV**, Zh.G. LEVITSKY. **Dynamics of Changing Methane Concentration in Development Workings Domes.**

*Solving an inhomogeneous diffusion equation having inhomogeneous boundary conditions which describe changing the methane concentration in domes, considerable in volume and more than 0.5 m in height, forming in carrying out development workings is given.*

UDC 622.284(574.32). А.С. САГИНОВ, А.Е. МАГЗУМОВ. **Investigating Forces of Fixing Roof Bolting with Stick Fast Hardening Compositions in Mine Conditions.**

*The results of carried-out mine investigations on fixing roof bolting with stick fast hardening compositions are considered.*

UDC 622.284.74. G.D. ZADAVIN. **Experimental Investigations on Determining Carrying Capacity of Steel-and-Polymer Anchors.**

*The experimental investigations on determining the carrying capacity of steel-and-polymer anchors are given.*

UDC 551.4035(23). А.В. ЕГОРИНА. **Interconnection of Oroclimatic Barrier of Great Altay with Centers of Acting Atmosphere of Planet Scale.**

*The analysis of transforming season pressure fields over Northern Asia, of the conditions of forming and the state of Asian anticyclone and Iranian thermal depression has been given. The interconnection of the oroclimatic barrier of Great Altay with large forms of the planet circulation has been shown.*

UDC 622.232.8. G.S. ZHETESOVA, O.M. ZHARKEVICH. **Determining Technical-and-Economic Indices of Powered Support «Glinik».**

*The technical-and-economic, technological indices of the support «Glinik» as well as the calculation of reliability indices have been given.*

UDC 621.9. R.M. MUKHAMADEYEVA. **Mathematical Model of Tension Allowed by Deformation Limit on Combined Treatment.**

*The results of investigating the influence of tension on changing parts dimensions on combined treatment of holes have been stated. The analytical dependence of tension on the forecast qualitative characteristics of the surface layer has been determined.*

UDC 531+681. А.З. ИСАГУЛОВ, С.Ш. КАЖИКЕНОВА. **Mathematical Modelling of Copper Melt Flow.**

*A numerical solution of hydrodynamic equations with the finite difference method has been suggested for a computer simulation of melts flow. Theoretical computations to calculate the melt yield taking into account the melt movement speed have been given. Applying the finite difference method has been shown on the*

но на примере численного решения уравнений Навье-Стокса.

УДК 621.771.23. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, М.А. ЗИМАКОВА. **Исследование влияния технологических параметров прокатки на распределение механических свойств марки стали X60 по длине горячекатаных полос.**

*Рассмотрено влияние технологических параметров горячей прокатки на распределение механических свойств марки стали X60 по длине полосы в условиях УД АО «Миттал Стил Темиртау».*

УДК 621.771.41:662.614. В.И. ИЛЬКУН, М.И. СИТКИН. **Исследование температурных режимов работы подшипников скольжения сдвоенных мультипликаторов привода валков двухклетевого прокатно-дрессировочного стана 1400.**

*Установлены интервалы колебаний температур подшипников скольжения сдвоенных мультипликаторов (комбинированных редукторов) привода валков клетей ДПДС-1400, свидетельствующие о нормальных условиях работы указанных подшипников в клетях, эксплуатирующихся в весьма тяжелых режимах.*

УДК 669.2.8.66.093.3:549.31. У.А. ТУРУМБЕТОВ, К.Ж. ЖУМАСHEB, Ж.У. БУКАНОВ, А.К. НАРЕМБЕКОВА, Ж.Н. ШАХМЕТОВА. **Разработка и оптимизация процесса направленной гидрокаталитической десульфуризации полиметаллического сульфидного сырья.**

*Приведены результаты по оптимизации процесса направленной десульфуризации пирит содержащего полиметаллического концентрата на укрупненно-лабораторной установке. Предложена принципиальная технологическая схема обогащения труднообогатимых колчеданно-полиметаллических руд и хвостов обогащения.*

УДК 669.162+621.74.04. А.З. ИСАГУЛОВ, С.С. АХМЕТОВА. **Выпуск сыпучих материалов из установок с зоной циркуляции.**

*Определение массовой скорости истечения сыпучего материала чрезвычайно важно, так как она непосредственно связана с производительностью установки, используемой для этой цели. При этом выявление массы частиц, проходящих через зону циркуляции, имеет принципиальное значение, потому что число и скорость частиц определяют интенсивность процессов тепло- и массообмена.*

УДК 621.01.531.4. Ж.Б. БАКИРОВ, А.Н. ЕРАЛИН, Г.Д. ТАЖЕНОВА. **Исследование двухмассовой модели привода с упругой муфтой.**

*Рассмотрено исследование двухмассовой модели привода. Для уменьшения вибрации в приводных механизмах устанавливаются упругую муфту.*

УДК 66.972.16. Е.В. ТКАЧ, М.О. ИМАНОВ, Д.К. МАХМЕТОВ, Г.Д. НАУРЫЗБАЕВ. **Высокоэффективные химические модификаторы из побочных продуктов промышленности.**

*Приведены результаты разработки гидрофобизирующих модификаторов, позволяющих получать бетонные смеси с минимальным водоотделением и расслоением.*

УДК 624.074.43:539.3. С.К. ЕЛЬМУРАТОВ. **Поведение тонких оболочек и пластин при динамическом нагружении в**

Стокс тендеулерін сандық шешу мысалында көрсетілген.

ӘОЖ 621.771.23. А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, М.А. ЗИМАКОВА. **Илемдеудің технологиялық параметрлерінің X60 маркалы болаттың механикалық қасиеттерін ыстықтай илемделген жолақтардың ұзындығы бойымен үлестіруге әсерін зерттеу.**

*Ыстықтай илемдеудің технологиялық параметрлерінің X60 маркалы болаттың механикалық қасиеттерін «Миттал Стил Темиртау» АҚ ҚД жағдайларындағы жолақтың ұзындығы бойымен үлестіруге әсері қарастырылған.*

ӘОЖ 621.771.41:662.614. В.И. ИЛЬКУН, М.И. СИТКИН. **Екі клетьтік илемді-жаттықтырушы 1400 орнағының біліктері жетегінің қосарлы мультипликаторларының сырғанау мойынтіректері жұмысының температуралық режимдерін зерттеу.**

*ДПДС-1400 клетьтерінің біліктері жетегінің қосарлы мультипликаторларының (аралас редукторларының) сырғанау мойынтірегі температураларының ауытқу интервалдары анықталған, олар аса ауыр режимдерде пайдаланылатын клетьтерде көрсетілген мойынтіректің жұмыс істеуінің қалыпты жағдайлары туралы куәландырады.*

ӘОЖ 669.2.8.66.093.3:549.31. У.А. ТҰРЫМБЕТОВ, К.Ж. ЖҰМАСHEB, Ж.У. БУКАНОВ, А.К. НАРЕМБЕКОВА, Ж.Н. ШАХМЕТОВА. **Полиметалл сульфидтік шикізатты бағытталған гидрокатализдік күкіртсіздендіру процесін әзірлеу және оңтайландыру.**

*Іріленген-зертханалық қондырғыда құрамында пирит бар полиметалл концентраты бағытталған күкіртсіздендіру процесін оңтайландыру бойынша нәтижелер келтірілген. Қиын байытылатын колчедан-полиметалл рудалар мен байыту қалдықтарын принциптік технологиялық байыту сұлбасы ұсынылған.*

ӘОЖ 669.162+621.74.04. А.З. ИСАГУЛОВ, С.С. АХМЕТОВА. **Айналу аймағы бар қондырғыдан сусымалы материалдың шығару.**

*Сусымалы материал өтуінің салмақтық жылдамдығын анықтау өте маңызды, өйткені ол осы мақсат үшін пайдаланылатын қондырғының өнімділігімен тікелей байланысты. Сонымен бірге айналу аймағы арқылы өтетін бөлшектердің салмағын айқындаудың принциптік маңызы бар, сондықтан бөлшектердің саны мен жылдамдығы жылу және салмақ алмасу процесінің қарқындылығын анықтайды.*

ӘОЖ 621.01.531.4. Ж.Б. БАКИРОВ, А.Н. ЕРАЛИН, Г.Д. ТАЖЕНОВА. **Серпімді муфтаы жетектің екі салмақты моделін зерттеу. Мақалада жетектің екі салмақты моделін зерттеу қарастырылған. Дірілді азайту үшін жетекті механизмдерде серпімді муфтаны орнатады.**

ӘОЖ 66.972.16. Е.В. ТКАЧ, М.О. ИМАНОВ, Д.К. МАХМЕТОВ, Г.Д. НАУРЫЗБАЕВ. **Өнеркәсіптің жанама өнімдерінен алынған жоғары тиімді химиялық модификаторлар. Су аз бөлінетін және қатпарланатын бетон қоспаларды алуға мүмкіндік беретін, гидрофобтаушы модификаторларды әзірлеу нәтижелері келтірілген.**

ӘОЖ 624.074.43:539.3. С.К. ЕЛЬМУРАТОВ. **Орталау бетте динамикалық жүктелу кезіндегі жұқа қабықшалар мен тілем-**

*example of the numerical solution of Navier-Stokes equations.*

UDC 621.771.23. A.B. NAYZABEKOV, M.A. ZIMAKOVA. **Investigating Influence of Rolling Practice Parameters on Distribution of Mechanical Properties of Steel Quality X60 along Length of Hot-Rolled Strips.**

*The influence of hot rolling practice parameters on the distribution of mechanical properties of steel quality X60 along the strip length has been considered in the conditions of CMD JS «Metal Steel Temirtau».*

UDC 621.771.41:662.614. V.I. ILKUN, M.I. SITKIN. **Investigating Temperature Conditions of Running Plain Bearings of Doubled Step-Up Gears of Drive of Rolls of Two-Stand Double-Strand Mill 1400.**

*Intervals of temperature variations of plain bearings of doubled step-up gears (combined reduction gears) of the drive of rolls of stands TSDSM-1400 have been stated which testify the normal conditions of running the given bearings in the stands operating in rather hard conditions.*

UDC 669.2.8.66.093.3:549.31. U.A. TURUMBETOV, K.Zh. ZHUMASHEV, Zh.U. BUKANOV, A.K. NAREMBEKOVA, Zh.N. SHAYAKHMETOVA. **Developing and Optimizing Process of Directed Hydrocatalytic Desulphurization of Polymetal Sulphide Raw Material.**

*The results of optimizing the process of directed desulphurization of pyrite-containing polymetal concentrates in an integrated laboratory plant have been given. A principal production process scheme of dressing hard-concentrated pyrite polymetal ores and tailings has been suggested.*

UDC 669.162+621.74.04. A.Z. ISAGULOV, S.S. AKHMETOVA. **Discharging Loose Materials out of Plant Having Circulation Zone.**

*Determining the mass speed of the loose material outflow is extremely important as it is directly connected to the plant capacity which is used for this purpose. Revealing the mass of particles passing through the circulation zone has a principal significance as the number and speed of particles determine the intensity of the processes of heat and mass exchange.*

UDC 621.01.531.4. Zh.B. BAKIROV, A.N. YERALIN, G.D. TAZHENOVA. **Investigating Two-Mass Model of Drive Having Elastic Coupling.**

*The investigation of a two-mass model of a drive has been considered in the article. An elastic coupling is mounted in drive mechanisms to decrease vibration.*

UDC 66.972.16. Ye.V. TKACH, M.O. IMANOV, D.K. MAKHMETOV, G.D. NAURYZBAYEV. **Highly-Effective Chemical Modifiers Made of By-Products of Industry.**

*The results of developing water-repelling modifiers allowing to get concrete mixtures of minimum water elimination and separation have been given.*

UDC 624.074.43:539.3. S.K. YELMURATOV. **Behavior of Thin Shells and Plates at Dynamic Loading in Median Surface.**

**срединой поверхности.**

*Исследуется динамическая устойчивость тонких оболочек при действии сил в срединной поверхности. Дано решение для цилиндрической оболочки в случае динамического приложения нагрузки на часть и контура.*

УДК 629.114.42. А.Т. ФИЛИМОНОВ, Н.А. ДАНИЯРОВ, М.А. ЖУМАНОВ, А.З. ЖАЛГАСБЕКОВ. **Адаптация горных машин и оборудования к горно-техническим условиям эксплуатации.**

*Рассмотрены вопросы эксплуатации самоходного оборудования с использованием современных теорий о создании машин, основой которых является теория адаптации.*

УДК 539.3. А.Т. КАСИМОВ. **Анализ сходимости метода конечных разностей при решении задач изгиба слоистых пластин.**

*На основе варианта уточненных теорий рассмотрены сходимость решения метода конечных разностей к точному решению для различных видов пластин.*

*Установлена приемлемая густота (10x10), в некоторых случаях (8x8), при которых расхождение с точными решениями не превышает 5%.*

УДК 622.416:681.518. Л.А. АВДЕЕВ, И.Н. ЛИСИЦЫНА. **Автоматический контроль проветривания на выемочных участках шахты.**

*Предложена автоматизированная система контроля и управления газовой обстановкой в горных выработках, которая отслеживает, гибко воздействует на источники газовой выделений и автоматически перераспределяет режимы работы электротехнических комплексов выемочных участков.*

УДК 621.34:621.771.23. И.В. БРЕЙДО, Н.В. КАЧУРА. **Исследование механических свойств стальной полосы при термообработке в печи ТХО.**

*Проведены экспериментальные исследования механических свойств стальной полосы при термообработке в печи ТХО. На основании экспериментальных данных получены зависимости температуры и линейного расширения полосы от времени. В результате экспериментов установлена необходимость внедрения дополнительного натяжного устройства в печи ТХО.*

УДК 621.34:621.771.23. Е.В. КУНТУШ. **Разработка математической модели изменения провиса полосы горизонтального петлевого устройства.**

*Предложена имитационная модель измерения провиса полосы горизонтального петлевого устройства и рассмотрена ее адекватность.*

**шелердің тәртібі.**

*Орналау бетте күштер әсер еткен кезде жұқа қабықшалардың динамикалық тұрақтылығы зерттеледі. Контур бөлігіне жүктеме динамикалық түскен жағдайда цилиндрлік қабықша үшін шешім берілген.*

ӘОЖ 629.114.42. А.Т. ФИЛИМОНОВ, Н.А. ДАНИЯРОВ, М.А. ЖУМАНОВ, А.З. ЖАЛГАСБЕКОВ. **Тау-кен машиналары мен жабдықтарының тау-кен-техникалық пайдалану шарттарына бейімделуі.**

*Олардың негізгі бейімделу теориясы болып табылатын, машиналарды жасау туралы қазіргі теорияларды пайдалану арқылы өзі жүретін жабдықтың пайдалану мәселелері қарастырылған.*

ӘОЖ 593.3. А.Т. ҚАСЫМОВ. **Қабатты тілімшелер иілісі есептерін шешу кезінде шеткі айырымдар әдісінің жинақтылығын талдау.**

*Нақтыланған теориялар нұсқасы негізінде шеткі айырымдар әдісін шешудің тілімшелердің әр түрлеріне арналған дәл шешімге жинақталуы қарастырылған.*

*Дәл шешімдермен жинақталмау 5% аспайтын, кейбір жағдайларда (8x8), қолайлы тығыздық анықталған (10x10).*

ӘОЖ 622.416:681.518. Л.А. АВДЕЕВ, И.Н. ЛИСИЦЫНА. **Шахтаның алу учаскелерінде желдетуді автоматтық бақылау.**

*Тау-кен қазбаларындағы газ жағдайын бақылау мен басқарудың автоматтандырылған жүйесі ұсынылған, ол бақылайды, газ бөліну көздеріне икемді әсер етеді және алу учаскелерінің электротехникалық кешендерінің жұмыс режимдерін автоматты түрде қайта бөледі.*

ӘОЖ 621.34:621.771.23. И.В. БРЕЙДО, Н.В. КАЧУРА. **ТХӨ пешінде термиялық өңдеу кезінде болат жолақтың механикалық қасиеттерін зерттеу.**

*ТХӨ пешінде термиялық өңдеу кезінде болат жолақтың механикалық қасиеттерін эксперименттік зерттеу жүргізілген. Эксперименттік деректер негізінде температураның және жолақтың сызықтық кеңейтуінің уақытқа тәуелділіктері алынған. Эксперименттер нәтижесінде ТХӨ пешінде қосымша тартымдық құрылғыны ендіру қажеттілігі анықталған.*

ӘОЖ 621.34:621.771.23. Е.В. КУНТУШ. **Көлденең тұзақты құрылғы жолағы аспасының өзгеруінің математикалық моделін әзірлеу.**

*Көлденең тұзақты құрылғы жолағы аспасының өзгеруінің имитациялық моделі ұсынылған және оның теңбе-теңдігі қарастырылған.*

*Dynamic stability of thin shells under the action of forces in the median surface is investigated. The solution for a cylindrical shell is given in the case of the dynamic application of load on a contour part.*

UDC 629.114.42. A.T. FILIMONOV, N.A. DANİYAROV, M.A. ZHUMANOV, A.Z. ZHALGASBEKOV. **Adaptation of Mining Machines and Equipment to Mining Technical Conditions of Operation.**

*Problems of operating self-propelled equipment using modern theories of making machines the basis of which is the theory of adaptation have been considered.*

UDC 539.3. A.T. KASIMOV. **Analysis of Finite Difference Method Convergence in Solving Problems of Bending Layered Plates.**

*The convergency of solving the finite difference method to the exact solution for different types of plates has been considered on the basis of the variant of corrected theories.*

*The acceptable thickness (10x10), in some cases (8x8), at which the divergence with the exact solution doesn't exceed 5% has been determined.*

UDC 622.416:681.518. L.A. AVDEYEV, I.N. LISITSINA. **Automatic Control of Ventilation in Getting Sections of Mine.**

*A computer-aided control system of gas conditions in mining workings has been suggested which tracks, influences flexibly the source of gas emission and redistributes automatically the operation of electrotechnical complexes of getting sections.*

UDC 621.34:621.771.23. I.V. BREYDO, N.V. KACHURA. **Investigating Mechanical Properties of Steel Strips at Thermal Treatment in HCT Furnace.**

*Experimental investigations of mechanical properties of a steel strip at thermal treatment in a HCT furnace have been given. The dependences of temperature and linear expansion of a strip on time have been obtained on the basis of experimental data. As a result of the experiments the necessity of introducing an additional bridling equipment of a HCT furnace has been stated.*

UDC 621.34:621.771.23. E.V. KUNTUSH. **Developing Mathematical Model of Changing Sag of Strip of Horizontal Looper.**

*A simulation model for measuring the sag of a strip of a horizontal looper has been suggested and its adequacy has been considered.*

## *Правила оформления и представления статей*

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагаются дискета с файлами, направление организации. Приводится аннотация на русском языке, указывается индекс УДК. Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через два интервала (между строками 6 мм) на одной стороне листа форматом 210x297 мм; **поля со всех сторон по 2 см**; страницы нумеруются. На дискете текст необходимо набирать в редакторе Word 97 либо Word 2000 (не ниже) **шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегель) — 14.**

Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в тексте.

Рекомендуется компьютерная графика. Рисунки могут иметь расширения, совместимые с Word 97, Word 2000, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP.

**Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегель) 14. Рисунки должны быть хорошего качества.**

Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегель) 14.

**Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType или Equation.**

В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты. Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов.

Публикация неверно оформленных статей задерживается.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано две статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать данными, полученными экспериментальным путем или методами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не допускается использование в статьях фрагментов текста, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ      ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА  
2006. №3. 71 с.

№ 1351-ж тіркеу куәлігін 2000 жылдың 4 шілдесінде Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігі берген

Регистрационное свидетельство № 1351-ж от 04.07.2000 года выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

*Әдеби редакторлар — Литературные редакторы*

Т.В. Рустемова, Р.С. Исакова, Б.А. Асылбекова, Қ.Ә. Үйсін

*Аудармашылар — Переводчики*

А.С. Қордабаева, Л.В. Евдокимова

*Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка*

М.М. Утебаев

Басуға қол қойылды	26.09.2006	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	11,3	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	3418	Заказ
Индексі	75857	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Редакцияның мекен-жайы — Адрес редакции

100027, г. Караганда, бульвар Мира, 56. Издательство КарГТУ, тел. 56-20-62