

**УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ**  
**ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА**

✻ 2 (43)  
2011

---

2000 жылдан бастап шығарылады  
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года  
Периодичность 4 раза в год

---

*Журнал Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қолданбалы ғылым 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

**А.М. Газалиев**

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

## Редакционный совет

- Газалиев А.М.** *ректор, академик НАН РК, д-р хим. наук, проф. (председатель)*
- Ахметжанов Б.А.** *зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.*
- Байджанов Д.О.** *профессор кафедры технологии строительных материалов и изделий, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
- Бакиров Ж.Б.** *зав. кафедрой механики, д-р техн. наук, проф.*
- Брейдо И.В.** *зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, чл.-кор. КНАЕН, д-р техн. наук, проф.*
- Ермоллов П.В.** *зав. лабораторией ИПКОН, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук, проф.*
- Жумасултанов А.Ж.** *профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин, д-р ист. наук*
- Исагулов А.З.** *первый проректор, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф. (ответственный за выпуск)*
- Климов Ю.И.** *профессор кафедры систем автоматизированного проектирования, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.*
- Колесникова Л.И.** *доцент кафедры экономической теории, канд. экон. наук*
- Малыбаев С.К.** *профессор кафедры промышленного транспорта, д-р техн. наук, проф.*
- Низаметдинов Ф.К.** *зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.*
- Нургужин М.Р.** *зам. председателя правления АО «Национальный научно-технологический холдинг «Самгау»», академик МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.*
- Пак Ю.Н.** *руководитель группы ГОС, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.*
- Пивень Г.Г.** *почетный ректор, академик МАН ВШ, академик АЕН РК, д-р техн. наук, проф.*
- Портнов В.С.** *директор Департамента организации учебного процесса, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
- Смирнов Ю.М.** *зав. кафедрой физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
- Туганов С.К.** *зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
- Фешин Б.Н.** *профессор кафедры автоматизации производственных процессов, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ</b> .....	5
ПАК Ю.Н., НАРБЕКОВА Б.М., ПАК Д.Ю. Компетентностный подход в ГОСО нового поколения и качество образования.....	5
ТАУТОВА Е.Н., ХАМИТОВА А.С., ТУРСУНБАЕВА А.К. Инновационная методика изучения окислительно-восстановительных реакций .....	11
ВОРОБЬЕВ А.Е., ПОРТНОВ В.С., ТУРСУНБАЕВА А.К., КОРНИЕНКО А.С. Сравнительный анализ основных российских образовательных программ менеджмента в нефтегазовой отрасли.....	13
<b>РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ</b> .....	16
ИСАГУЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., ИСАГУЛОВА Д.А., ТОЙЫМБЕКОВА Б.К. Управление плотностью литейных форм при импульсном уплотнении.....	16
НАЙЗАБЕКОВ А.Б., АНДРЕЯЩЕНКО В.А. Упрочнение литейных алюминиевых сплавов равноканальным угловым прессованием.....	18
ЖЕТЕСОВА Г.С., ЖУНУСОВА А.Ш., ГРИЦОВА Н.А. Определение уровня качества гидрораспределителя таксономическим методом оценки – построение дендрита .....	20
ТЕН Э.Б., УТЕПОВ Е.Б., ДРОКИН А.С., КАЛДЫБАЕВА С.Т. Исследования кристаллизации алюминиевого чугуна .....	23
ТОЛЕУОВА А.Р., СМАГУЛОВ Д.У. Фазовый состав алюминиевых сплавов .....	26
БОЯРСКИЙ В.Г., ТИДА О.В., АЛИЕВ Т. Анализ прочностных расчетов конструкций с использованием моделирующих программ. Автоматизированное проектирование фасонных резцов .....	30
ИЛЬКУН В.И. Моделирование колебательных процессов в холоднокатаной полосе дрессировочного стана при чистой прокатке .....	32
САМЕКИНА У.М., ЖАРКЕВИЧ О.М., НУРЖАНОВА О.А. Анализ видов, последствий и причин потенциальных дефектов .....	35
ШВОВЕ В.Ф., СИХИМБАЕВ М.Р., БОЯРСКИЙ В.Г. Пути развития электроконтактной обработки в машиностроении .....	39
<b>РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> .....	41
ОМАРОВА Н.К., АКИМБЕКОВА Б.Б., ШЕРЕМБАЕВА Р.Т. Исследование флотации медной руды Саякского месторождения с применением нового реагента НРБ.....	41
ЖЕТЕСОВ С.С., АБДУГАЛИЕВА Г.Б., БЕЙСЕМБАЕВ К.М. К расчету оптимизации выпускного люка.....	44
ВОРОБЬЕВ А.Е., ТУРСУНБАЕВА А.К., ПОРТНОВ В.С., МОЛДАБАЕВА Г.Ж., ДЖИМИЕВА Р.Б. Образование зон обрушения и трещиноватости при подземной отработке горючих сланцев.....	47
КРУПНИК Л.А., ДЕМИН В.Ф., ШАПОШНИК Ю.Н., ШАПОШНИК С.Н. Выбор рациональной технологии закладочных работ на Суздальском руднике АО «ФИК «АПЕЛ» .....	51
ТУРСУНБАЕВА А.К. Рудоподготовка месторождений благородных металлов для кучного выщелачивания.....	55
ПАК Г.А., ДОЛГОНОСОВ В.Н., ПАНАСЕНКО Е.А., ДОЛГОНОСОВА Е.В. Периодические выбросы метана из очистного пространства на шахтах «Саранская» и «Сокурская».....	58
ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г. Динамика изменения концентрации метана в куполах большого объема .....	62
СИХИМБАЕВ М.Р., СТАРЫХ Н.С. Преимущества от внедрения систем менеджмента охраны труда на предприятиях Республики Казахстан.....	64
<b>РАЗДЕЛ 4. СТРОИТЕЛЬСТВО. ЭКОНОМИКА</b> .....	67
БАЙДЖАНОВ Д.О., ТОКАНОВ Д.Т., СЕМЕНОВА У.И. Применение механической активации в технологии цемента низкой водопотребности .....	67
АБИЛЬДИН С.К., МОСКАЛЕНКО Н.А. Исследование причин обрушения покрытия завода ЖБИ .....	70
МУЗДЫБАЕВА Т.К., ТУЛЕБЕКОВА А.С. Определение несущей способности основания из армированного песка численным методом.....	71

АХМЕТЖАНОВ Б.А., ЖУМАБАЕВА К.М. Анализ рынка кредитных услуг и особенности обслуживания платежных карточек Республики Казахстан .....	74
БОРИСЕНКО А.В., ВИНС Е.С., ИБРАЕВ М.К., ТАЖИБЕКОВА К.Б. Оценка эффективности инвестиционного проекта по внедрению активационной технологии газоочистки «АVsalut Ecology» .....	77
РАХИМОВ М.А., СЕРОВА Р.Ф., РАХИМОВА Г.М., АКАНОВ Ч.Т. Влияние органоминеральной добавки на свойства бетонных смесей .....	81
<b>РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА. УПРАВЛЕНИЕ</b> .....	<b>83</b>
ФЕШИН Б.Н., ШАЛДЫШЕВ Д.В., БУЛАТБАЕВА Ю.Ф., БАЙМУХАМЕТОВ К.М., МУРДАЛОВА Е.О. Перспективные формы дистанционного обучения в рамках международной программы Sinergy.....	83
ЭМ Г.А. Анализ существующих методов теоретического исследования тиристорного электропривода постоянного тока.....	87
ФЕШИН Б.Н., СУЛЕЙМЕНОВ К.М., СУЛЕЙМЕНОВ Н.С. Оптимизация выбора оборудования АСУ ТП по комплексу технико-экономических критериев (Часть I).....	90
<b>НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ</b> .....	<b>96</b>
ЕРМЕКОВ Т.Е., ТАЗАБЕКОВ И.И., АРПАБЕКОВ М.И. Выбор моделирующего алгоритма процессов фронтально-фланговой выемки угля горными автоматическими манипуляторами.....	96
<b>РЕЗЮМЕ</b> .....	<b>99</b>
<b>Правила оформления и представления статей</b> .....	<b>109</b>

УДК 330.341

## **Компетентностный подход в ГОСО нового поколения и качество образования**

*Ю.Н. ПАК, д.т.н., профессор, руководитель группы ГОСО,  
Карагандинский государственный технический университет,*

*Б.М. НАРБЕКОВА, к.и.н., доцент, директор Института высшего и послевузовского  
образования НАО им. Ы. Алтынсарина,*

*Д.Ю. ПАК, к.т.н., доцент кафедры ГФиГ,  
Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова:* компетентностный подход, ключевые компетенции, государственный стандарт, качество образования, Болонский процесс, профессиональный стандарт.

**В** настоящее время нет общепринятого определения понятию «качество». Прежде всего, это связано с тем, что участники образовательного процесса (студенты, работодатели, преподаватели и др.) имеют различные суждения о качестве и предъявляемых требованиях.

Рыночный принцип гласит: если выпускники востребованы рынком, то можно говорить о приемлемом качестве подготовки. Это чисто конъюнктурный подход, бытующий за рамками учебно-образовательного процесса. Качество образования следует оценивать с точки зрения результативности учебно-воспитательного процесса, как комплексную деятельность вуза по подготовке конкурентоспособных специалистов.

Качество образования, по Н.А. Селезневой, представляет собой сбалансированное соответствие высшего образования (как результата, как процесса, как образовательной системы) многообразным потребностям, целям, требованиям и стандартам [1]. Критериями качества высшего образования служат степени соответствия качества установленным нормам, требованиям, стандартам.

Качество высшего образования, интегральным результатом которого выступает качество выпускаемого специалиста, является результирующей ряда факторов: уровня образованности абитуриентов, их мотивации к познаниям, профессионализма профессорско-преподавательского состава, содержания образовательных программ, качества педагогических технологий и организации

образовательного процесса, уровня и качества ресурсного обеспечения.

Качество заключается в отсутствии несоответствия. В казахстанской высшей школе основным инструментом контроля качества служат государственные общеобязательные стандарты образования (ГОСО), в которых описывается квалификационная характеристика, по сути, характеризующая модель специалиста. В них прописаны требования к знаниям, умениям, навыкам выпускника, к его личностным качествам и нравственным ценностям. При этом вузам предписывается организовать учебно-образовательный процесс и создать инфраструктуру, соответствующую подготовке специалистов, обладающих качествами, адекватными квалификационной характеристике.

В системе высшего образования Казахстана в период 1995-2010 годы разработано 4 поколения государственных образовательных стандартов. Каждое поколение ГОСО выполняло конкретные социально-экономические задачи своего времени. В этих стандартах преобладал «знаниевый» подход, ориентированный на накопление знаний. В ГОСО последних двух поколений (2004-2006 гг. и 2009-2010 гг.) прописаны элементы компетентного подхода с обозначением ряда ключевых компетенций.

Первые бакалавры по техническим специальностям, «скоропалительно» подготовленные в Казахстане в 2008 г., – это недоучившиеся инженеры, которым сократили срок обучения на 1 год [2]. Это, естественно, сказалось на качестве и уровне компетентности выпускников. К счастью, далеко не дивилизованный рынок «молча» вынужден был принять новоиспеченных бакалавров техники.

В последующие годы бакалаврские стандарты совершенствовались в направлении оптимизации образовательных программ и отбора знаний, умений и навыков для достижения заданных компетенций.

Оrientируют ли существующие ГОСО на получение глубоких знаний по изучаемым дисциплинам? Соответствуют ли перечень обязательных дисциплин и их содержание формированию опережающего образования? Создана ли в вузах современная инфраструктура учебного, воспитательного и научного процессов, соответствующая выработке ключевых профессионально-личностных компетенций? Немаловажный вопрос: кто и как будет оценивать результативность прописанных в стандартах требований, критериев, положений? Имеется ли надежный инструментарий?

Качество подготовки во многом зависит от учебно-методической обеспеченности образовательного процесса. Качественной учебной литературы не хватает. Расширение вузовского компонента образовательных программ усугубляет эту проблему. Достаточно много литературы, изложенной с позиции софистики. Наблюдается тенденция издания учебников с явно завышенным объемом. Принцип «краткость – сестра таланта» забыт.

Уровень научности образовательных программ служит одним из критериев качества образования. Он характеризует истинность знаний, без которых трудно подготовить специалиста-профессионала. В условиях информационного бума научные истины теряют ценность. Одна из причин такой тенденции – это относительно невысокий уровень научно-методологической подготовки педагогических работников и менеджеров образования. Овладение научной методологией познания мира и окружающей действительности должно быть в основе многоуровневого образовательного процесса. В этом плане важнейшая роль должна отводиться системной подготовке и переподготовке кадров.

В современном мире 65 % национального богатства составляет человеческий капитал. По подсчетам специалистов, 40 млрд. долларов, ежегодно инвестируемых в обучение персонала, в США приносят прибыль более 1 трлн. долларов [3]. Показательным примером – синонимом процветания – может служить Сингапур, ВВП которого за 40 лет вырос в 100 раз. По качеству человеческого капитала Сингапур занимает первое место в мире. На образование тратится более 20 % госбюджета. Развита гибкая система обучения, начиная с дошкольного и кончая переподготовкой кадров.

Норвегия за 20 лет совершила мощнейший рывок, превратив нефтяное богатство в инновационную экономику и качественное образование, где месячная зарплата школьного учителя составляет 5 тыс. долларов.

Южная Корея совершила стремительное восхождение в «Азиатское чудо» за счет высшего образования, ставшего культом. В 2005 г. 97 % молодых людей получили высшее образование.

Все эти страны объединяет главное: они добились выдающихся результатов в экономике за исторически короткие сроки благодаря качественному образованию на всех уровнях и продуманной системе мер по удержанию квалифицированных кадров и минимизации «утечки мозгов».

На качестве высшего образования в РК сказывается нищенская зарплата «сеятелей разумного, доброго и вечного». Ситуация, когда оплата труда опытного преподавателя вуза ниже стартовой зарплаты выпускника – вчерашнего студента, должна волновать всех.

Особую актуальность приобретает проблема ускоренного вовлечения в научно-образовательную сферу молодых людей. Необходимо обеспечить карьерный рост молодежи. С учетом сложившейся ситуации зарплата молодых людей должна расти быстрее, чем зарплата ППС, уже достигшего определенных позиций.

Переход на многоуровневую структуру подготовки (бакалавр, магистр, доктор PhD), единое национальное тестирование, подписание Болонской декларации, отказ от подготовки традиционных кандидатов и докторов наук и др. – это примеры административных решений вне широкого обсуждения в научно-образовательной сфере. Привели ли они к повышению качества образования?

Скорее нет, чем да! Одна из причин состоит в том, что образование в целом и, в частности, высшее не стало по сути приоритетом в экономической политике. Во всем цивилизованном мире образование считается наиболее прибыльной сферой размещения капитала.

Знания в современной экономике выполняют ту же роль, что энергоресурсы в промышленности. В условиях информационного бума и научно-технического прогресса профессиональные знания устаревают очень быстро. Для того чтобы сохранять высокую конкурентоспособность, необходимо периодически возвращаться в образовательную среду для повышения квалификации.

В настоящее время в Казахстане с населением около 16 млн. человек насчитывается 148 вузов. По числу вузов на душу населения – Казахстан в числе лидеров. Массовый спрос на высшее образование породил возникновение негосударственных вузов, составляющих 2/3 всех вузов. Низкое качество образования в основном связывают с появлением частного сектора. В действительности же проблема не в количестве вузов, а в качестве обучения.

В обществе сложилось мнение о том, что диплом о высшем образовании – это неременный атрибут благополучного трудоустройства и дальнейшего карьерного роста. По количеству взрослого населения с высшим образованием Казахстану еще далеко до передовых стран, что снижает эффективность индустриально-инновационного развития страны. Качество подготовки бакалавров в целом оставляет желать лучшего. Причин множество. Преобладающий спрос на диплом, а не на знания, порождает завуалированную выдачу дипломов в рассрочку.

В погоне за увеличением контингента обучающихся, в том числе и платных студентов, вузы в большинстве своем не мотивированы к развитию и применению передовых технологий обучения.

Говоря о качестве образования, не следует забывать и о имеющем место «натаскивании» выпускников школ в рамках процедуры единого национального тестирования. Причина невысокой конкурентоспособности казахстанского образования видится в отсутствии массового высшего образования и низком качестве управленческих и экспертных решений. Сейчас на этапе модернизации казахстанского высшего образования бытует мнение о высокой затратности проводимых реформ и целесообразности развития элитных университетов.

Обозначенный в Госпрограмме развития образования РК на 2011-2020 годы курс на создание сети инновационных университетов нового типа является серьезным шагом на пути интеграции и приближения к уровню лучших рейтинговых университетов мира. Селективная поддержка ведущих вузов при жестко ограниченных финансовых ресурсах государства известна в мировой практике. Она вполне объяснима в условиях мирового экономического кризиса. Тем не менее, она не решает главной задачи – повышения уровня образованности всего общества. Качество образования требует расходов, а высокое качество – больших расходов. Расходы на образование

– это в долгосрочной перспективе высокодоходные инвестиции в будущее.

Большинство нововведений в высшей школе коснулось преимущественно внешнего контура образовательного процесса и практически не затронуло сердцевину. Борьба за качество обернулась для вузов бесконечной массой отчетной документации и административным прессингом. Внедренные в образовательную сферу системы менеджмента качества добавили поток бюрократических бумаг.

Чем вызвана необходимость внедрения компетентностного подхода в высшее образование? Во-первых, Казахстан подписал Болонскую декларацию и тем самым подтвердил готовность следовать общеевропейским тенденциям интеграции, гармонизации архитектуры европейской системы высшего образования и сменой образовательной парадигмы.

Сейчас крайне важно содействовать повышению информированности научно-педагогической общественности и в целом общества о Болонском процессе, в который вступил Казахстан в марте 2010 г. Нужны системные меры по формированию критической массы осведомленности и социально-психологической готовности наших вузов к переменам согласно Болонскому соглашению. В Европейском сообществе, в частности в России, бытует мнение, что Болонская декларация подписана министрами образования 29 европейских стран без учета мнения вузовской общественности. В этой связи особую актуальность приобретает необходимость углубления в казахстанском обществе целей и задач Болонского процесса, сложностях и противоречивом характере его развития и др.

Следуя за модой, идеологи коренных скоропалительных преобразований в сфере высшего образования забывают, что любые инновации, усиливая одни сегменты развития, ограничивают другие. Р. Барнет, анализируя ныне модный компетентностный подход, справедливо отмечает, что в погоне за результативностью, предприимчивостью и социальной мобильностью выпускников образование рискует утратить традиционную установку на воспитание способности к пониманию и рефлексивности [4].

В высшем техническом образовании Казахстана контрастно обозначились некоторые противоречия между: возрастающим объемом знаний (информации) и ограниченным сроком обучения в бакалавриате; соотношением доли общеобразовательных и специальных дисциплин; уровнем естественно-научной и профессиональной подготовки; соотношением обязательного и вузовского компонентов; повышенными требованиями к ППС и низким социальным статусом и др.

Тезис о превращении образования в ведущий фактор развития гражданского общества и экономики, к сожалению, пока не подкрепляется конкретными действиями.

В связи с вступлением Казахстана в Болонский процесс необходим научно-методический анализ существующих образовательных стандартов

специальностей бакалавриата. Новое поколение государственных стандартов нужно проектировать такими, чтобы качество подготовки специалистов отвечало современным требованиям (удовлетворяло требования общества, личности и рынка труда).

Казахстанское высшее образование как часть советской системы образования создавалось на знаниевой парадигме. Образовательные программы первых поколений ГОСО строились в соответствии с дидактической триадой «Знания – умения – навыки» [2]. При этом основной акцент делался на передачу и усвоение знаний, в процессе которого должны формироваться необходимые умения и навыки.

К сожалению, традиционная знаниевая парадигма испытывает кризис, вызванный высокой динамикой перемен в мире знаний. Период полураспада компетентности соизмерим с циклом обучения в высшей школе. Это делает неэффективным традиционный подход трансляции знаний. В условиях глобализации и динамично меняющегося рынка востребованы не знания сами по себе, а способность (готовность) специалиста успешно применять их в профессиональной деятельности. В этом видится суть компетентностного подхода.

Попытку проектирования образовательных стандартов, в которых конечные результаты обучения обозначены в виде компетенций, расценивают как инновационный элемент, позволяющий формировать новое качество высшего образования [5]. Формулировки компетенций в стандартах нового поколения должны быть в достаточной мере обобщены, но не носить чисто рамочный характер.

Актуализация компетентностного подхода обусловлена необходимостью практической реализации Программы форсированного индустриально-инновационного развития и присоединением Казахстана к Болонскому процессу. Формирование образовательных программ, ориентированных на компетентностную модель специалиста, – это магистральное направление преодоления разрыва между конечными результатами образования и современными требованиями. Оно, не отрицая значимости комплекса знаний и умений, акцентирует внимание на достижении интегрированного результата, – каким служит компетентность.

Конкурентоспособность образования – многоаспектное явление, зависящее от многих факторов. В мировой практике утвердилось мнение, что одним из направлений повышения конкурентоспособности служит переход к образовательным программам, основанным на компетентностном подходе.

В настоящее время компетентностный подход вызывает неоднозначную реакцию в академической среде [6]. Отсутствует устоявшееся определение этого понятия. Имеющееся разнообразие отражает субъективную направленность и пристрастие авторов. Это не способствует формированию образовательных стандартов на основе компетентностной модели выпускника. Это делает необходимым проведение системных научно-методологических исследований

этой проблемы с учетом казахстанской действительности.

В зарубежной практике компетенции определяются не как образовательные результаты, а как многоаспектные характеристики работников не с позиции его функционального предназначения, а с точки зрения его личностных качеств и потенциала.

Под специальными компетенциями понимают совокупность знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения конкретных функциональных задач. Процесс обучения в вузе не гарантирует сам по себе высокий уровень компетенций. Помимо обучения нужен опыт профессиональной деятельности самообразования. В экономически развитых странах тезис «образование в течение всей жизни» превратился в образ жизни. Этому способствовали высокая динамика смены технологий, быстрое устаревание знаний и компетентностный подход в образовательной практике высшей школы.

Компетентностный подход в формате зарубежной практики предполагает перенос основного внимания с качества образовательных программ и организации учебного процесса на конечные результаты обучения и освоения программ, выраженные в так называемых компетенциях. При этом, если качество программ и организации учебного процесса можно проверить (критерии, стандарты, аттестация и др.), то результаты обучения в терминах компетенций не поддаются прямым измерениям.

ГОСО нового поколения целесообразно проектировать на основе компетентностной модели специалиста с использованием общеевропейской системы зачетных единиц (ECTS) [7]. Это придаст образовательным программам большую узнаваемость. Трудоемкость учебного года оценивать не 32 кредитами, а 60 кредитами, как это принято в европейских вузах согласно Болонскому соглашению. В целом бакалаврские образовательные программы следует планировать с учетом 4-летнего цикла (240 кредитов ECTS). В ГОСО нового поколения следует закрепить одинаковый перечень общих компетенций для одного направления подготовки, а перечень профессиональных компетенций выпускников разного уровня (бакалавр, магистр) дифференцировать по объему в зависимости от уровня образования. Формирование каждой компетенции обеспечивается определенным набором дисциплин, объединенных в модули.

Таким образом, ГОСО нового поколения предполагает проектирование результатов образования на основе квалификационной характеристики выпускника в формате компетенций. Это потребует тщательного подхода при определении структуры, формы и содержания оценочных и диагностических инструментариев в процессе итоговой аттестации выпускников.

Модернизация высшего образования в контексте Болонского процесса ставит ряд проблемных вопросов:

– Насколько казахстанские вузы свободны в части проектирования образовательных программ, выбора



приоритетов в учебно-исследовательской работе, автономного использования ресурсов?

– Насколько сбалансированы академическая, организационная и экономическая сторона автономности?

– Насколько научно-педагогическая общественность осведомлена о сути Болонских преобразований и возможных его последствиях?

– Является ли существующая модель управления высшим образованием адекватной задачам модернизации высшей школы?

– Готовы ли вузы осознанно интегрироваться согласно Болонскому сценарию?

– Получит ли вузовская наука дальнейшее развитие? Будет ли в вузах усилен исследовательский компонент?

– Будет ли обеспечено достаточное финансирование для практической реализации основных принципов Болонского процесса?

Этот проблемный ряд не исчерпывается этими вопросами.

В основу государственных стандартов по специальностям бакалавриата должны быть положены функциональные задачи, которые должен уметь решать выпускник и ключевые компетенции, которые должен приобрести в процессе обучения. Поставленные функциональные задачи и обозначенные компетенции определяют содержание образовательной программы. Такой компетентностный подход позволяет прогнозировать квалификацию выпускника и его востребованность на рынке труда.

При формировании компетентностной модели специалистов необходимо тщательно определить круг их задач и функции профессиональной деятельности, в процессе которой они должны проявить компетентность. Нужно сформулировать требования к ключевым компетенциям, на основе которых обозначить общие требования к различным видам компетенций, включая социальные и личностные. Вполне очевидно, что при разработке ГОСО нового поколения в формате компетенций следует оптимизировать соотношение государственного и вузовского компонентов образовательных программ. При этом приоритет должен быть за методологическими аспектами, определяющими совокупность компетенций.

Компетентностная модель предполагает формирование у студентов профессионального мышления и творческой способности к интеграции знаний. Для этого необходимо создать образовательные программы, обучающие модули для выработки ключевых компетенций.

Знаниевый подход, преимущественно имевший место в стандартах первого и второго поколений, безусловно, нуждается в реформировании. Знаниевый и ныне внедряемый компетентностный подходы не тождественны. Компетентностный подход, прежде всего, усиливает практико-профессиональную значимость подготовки, подчеркивая роль знаний, умений и опыта при решении профессиональных задач.

Масштабный и противоречивый Болонский процесс, формирование ГОСО в формате компетенций и системы ECTS – это новации нынешнего этапа модернизации высшего образования. Похоже, мы действуем по наполеоновскому принципу: «Главное ввязаться в бой, а там посмотрим». А ведь Наполеон проиграл свои войны. Складывается впечатление, что суть модернизации, начатой в 2004 г. с момента перехода на бакалаврско-магистерскую подготовку, – в ужесточении контроля, увеличении распоряжений, приказов, нормативных документов при относительно неадекватном по масштабам преобразований финансировании высшей школы.

Компетентностный подход при формировании ГОСО нового поколения предполагает системные преобразования в высшей школе, затрагивающие содержание образовательных программ, организацию учебного процесса, в т.ч. и СРС, технологии обучения и контроля знаний, учебно-методическое и информационное обеспечение. Важным станет выбор таких технологий обучения, которые бы стимулировали активную вовлеченность студентов в научно-образовательную среду.

Развитие социального партнерства (вуз-бизнес) – это стратегическое направление подготовки конкурентоспособных специалистов. В этом плане государство должно инициировать и поддерживать усилия по социальному партнерству высшего образования и бизнес-сообщества прежде всего в части совершенствования содержания образования на основе использования профессиональных стандартов. Образовательные стандарты нужно проектировать в соответствии с ключевыми компетенциями, обозначенными в соответствующих профессиональных стандартах.

В современной трактовке составными частями компетенции являются знания, умения, навыки и способность их применять на практике.

Наряду с чисто профессиональными качествами в литературе предлагаются многочисленные компетенции: успешная адаптация в современных условиях; умение ставить проблемы и принимать решения; быть способным работать в команде; самостоятельно добывать информацию; быть компетентным в социально-общественной деятельности и др. Можно ли все эти компетентности сформировать у студентов в рамках традиционных лекционно-семинарских занятий?

Переход к компетентностному образованию потребует изменения всей педагогической системы общеобразовательной и высшей школы. Без существенных государственных инвестиций трудно создать новые модели обучения и повысить его качество.

Реализация компетентностного подхода в образовательную практику казахстанской высшей школы должна сопровождаться установлением соответствия компетенций выпускника и перечнем дисциплин, посредством которых планируется сформировать обозначенные компетенции, а также выявлением критериев определения готовности

выпускника результативно применять полученные знания, умения и навыки в профессиональной деятельности. Это сложнейшая задача, решение которой затруднено отсутствием научно обоснованной методологии трансформации требований квалификационной характеристики и компетенций специалиста в содержание образовательной программы.

Компетентностный подход не следует расценивать как некую панацею при решении ключевых проблем развития высшей школы Казахстана. Вариативность, образовательные модули, двудипломное образование, компетентностная модель стали модными терминами в последнее время. За этими модными терминами не всегда просматривалась системность проводимых реформ. Только министры образования в РК на системной основе (через каждые 1,5-2,5 года) сменяли друг друга, но дело модернизации образования оставалось **«живее всех живых»**.

Сейчас в эпоху глобализации важно не допустить превращения высшего образования полностью в сферу услуг. Болонские преобразования нужны не в усеченном варианте. Следует избегать упрощенческих решений, при которых вузы вынуждены создавать видимость преобразований по Болонскому сценарию [8].

Компетентностный подход в ГОСО нового поколения согласно Государственной программе развития образования Республики Казахстан на 2011-2020 годы предполагает их проектирование на основе профессиональных стандартов с четко определенными компетенциями. Доля таких стандартов к 2015 году достигнет 50 %. Расширится академическая автономия вузов. Вузовский компонент образовательных программ бакалавриата будет доведен до 70 %. Полностью завершится переход на европейскую систему зачетных единиц (ECTS), являющуюся инструментом признания полученных знаний и основой мобильности студентов.

Для работодателей при всем многообразии факторов прежде всего важна профессиональная компетентность специалиста, его способность и готовность эффективно решать производственные задачи. Это еще раз подтверждает необходимость разработки профессиональных стандартов с четким определением ключевых компетенций будущих специалистов.

Компетентностная модель специалиста предполагает оценку качества результатов не по академической успеваемости студентов, а по результатам их профессиональной и социокультурной деятельности.

Сложность состоит в том, что объективно оценить эти результаты трудно. Отсутствует надежный инструментарий. Переход от обучения в вузе к профессиональной деятельности и процесс профессиональной, социальной адаптации

выпускника занимает несколько лет. Причем, как правило, социальная адаптация проходит заметно болезненнее, поскольку формирование социально-личностных компетенций напрямую не входит в содержание высшего образования.

Несмотря на то, что в обществе существует некоторый скептицизм в достижении результативности такого партнерства, эту трудоемкую работу, требующую значительных усилий высококвалифицированных экспертов, необходимо безотлагательно развивать.

Компетентностный подход в ГОСО нового поколения должен способствовать гармонизации требований рынка труда к сфере образования. Бизнес-сообщество должно стать не только потребителем и заказчиком специалистов определенных направлений подготовки, но и равноправным партнером всего образовательного сообщества; партнером, профессионально готовым к компетентному разрешению конфликтов интересов и способным разделить меру ответственности.

Справедливости ради следует отметить, что далеко не цивилизованный казахстанский рынок и бизнес не в полной мере готовы сейчас к активному сотрудничеству. Бизнес-сообщество еще слабо информировано о сути Болонского процесса и предстоящих реформах в высшем образовании. Отсутствие профессиональных стандартов является серьезной проблемой на пути активного участия бизнеса в совершенствовании ГОСО нового поколения.

Предоставление большей автономии вузам в части формирования образовательных программ согласно ГОСО РК 5.04.019 – 2011 «Высшее образование. Бакалавриат. Основные положения» может иметь негативные последствия. Свобода, которая предоставляется вузам, в связи с введением ГОСО-2011, позволит многим сильным вузам легализовать инновационные образовательные программы и траектории (специализации) обучения. При этом возникнут сложности в обеспечении минимального базового уровня подготовки и сопоставимости образовательных программ разных вузов, в особенности технического профиля в масштабе страны, что постулируется требованиями Болонской декларации.

Реализация компетентностного подхода в высшем образовании повлечет за собой трансформацию действующих государственных образовательных стандартов в направлении проектирования результатов образования в виде ключевых компетенций.

Позитивный эффект возможен на пути синергии учебно-методических объединений вузов РК и повышения их ответственности в разработке и реализации конкурентоспособных образовательных программ в соответствии с ГОСО нового поколения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болонский процесс: Середина пути / Под ред. В.И. Байденко. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.
2. Пивень Г.Г., Пак Ю.Н. Казахская высшая школа и Болонский процесс // Высшее образование в России. 2005. № 9.
3. Аргынов Б. Культ образованной личности // Казахстанская правда. 16 февраля 2011.
4. Сальников В.А. Инновационное обучение: Личностно-ориентированный подход // Высшее образование в России. 2010. № 11.
5. Голуб Г.Б., Фишман И.С., Фишман Л.И. Стандарты третьего поколения: Чему учить и что проверять на выходе // Вопросы образования. 2010. № 3.
6. Сенашенко В.С., Кузнецова В.А., Кузнецов В.С. О компетенциях, квалификации и компетентности // Высшее образование в России. 2010. № 6.
7. Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Система зачетных кредитных единиц в контексте Болонских реформ // Тр. КарГТУ. 2010. № 1.
8. Байденко В.И. Многоплановый и системный характер Болонского процесса // Высшее образование в России. 2009. № 9.

УДК 541.123.31:547.554.2

## Инновационная методика изучения окислительно-восстановительных реакций

*Е.Н. ТАУТОВА, к.х.н., доцент кафедры химии,*

*А.С. ХАМИТОВА, к.х.н., доцент, декан химико-биологического факультета,*  
*Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова,*

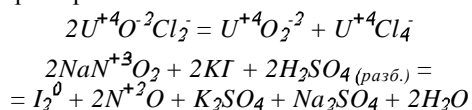
*А.К. ТУРСУНБАЕВА, к.т.н., профессор кафедры ММиН,*

*Карагандинский государственный технический университет*

**Ключевые слова:** степень окисления, окислительно-восстановительная реакция, электронный баланс, тестовые задания без машинного контроля, структурные формулы, окислители.

Все химические реакции условно делят на реакции, протекающие с изменением и без изменения степеней окисления элементов. Условно, как известно, потому что в химических реакциях могут совпадать начальные и конечные степени окисления элементов, но в течение химических превращений могут происходить изменения степеней окисления элементов [1, 2].

Например:



Химические процессы, при которых изменяются степени окисления некоторых элементов, называются окислительно-восстановительными реакциями.

В типовых программах по неорганической химии в педагогическом институте, университете для специальностей «Химия», «Химия и биология», «Биология» изучение теоретических основ этого предмета заканчивается главой «Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)».

Для успешного усвоения ОВР мы предложили метод предварительной подготовки с применением тестовых заданий без машинного контроля.

*Начальный этап.* При прохождении темы «Основные классы неорганических соединений» в неорганической химии восстанавливаем школьные знания первокурсников по определению понятий «степень окисления» и «валентность»; «окислители» и «восстановители».

Степень окисления – это заряд, который возникает на атоме химического элемента в соединении в результате перехода электронов к более электроотрицательному элементу. Степень окисления – это формальный заряд, так как истинный (эффективный) заряд на атоме элемента в соединении всегда меньше ввиду неполного смещения общей электронной плотности химической связи к более электроотрицательному элементу [3, 4]. Фтор – самый электроотрицательный элемент. Кислород по электроотрицательности уступает только фтору. Поэтому кислород только в соединении с фтором будет иметь положительную степень окисления.

Окислители – это вещества, содержащие атомы или ионы, присоединяющие электроны. Процесс отдачи частицей электронов и есть окисление. Восстановители – это вещества, содержащие атомы или ионы, отдающие электроны. Процесс

присоединения частицей электронов есть восстановление.

Валентность показывает число химических связей. Неадекватность понятий «степень окисления» и «валентность» показываем сначала на следующих примерах (таблица) [5, 6].

Во всех данных соединениях валентность кислорода равна двум, т.е. число образуемых им химических связей равно двум. Однако степень окисления (формальный заряд) на атомах кислорода различен.

Аналогично рассматриваем структурные формулы ортофосфорной  $H_3PO_4$ , ортофосфористой  $H_3PO_3$  и фосфорноватистой  $H_3PO_2$  кислот, где во всех

соединениях валентность фосфора равна 5, а степень окисления атомов фосфора соответственно +5, +3, +1.

В сложном парамагнитном веществе красного цвета  $(O_2)^+[Pt^{+5}F_6]^-$  не атом кислорода имеет заряд +1, а его молекула.  $(O_2)^+$  – молекулярный ион – диоксигенил, является катионом в данном соединении, которое называется гексафтороплатинат (V) диоксигенила. Это вещество синтезировал канадский ученый Н. Бартлет ещё в 1962 г. А поскольку энергия ионизации (ЭИ) инертного (благородного) газа ксенона близка ЭИ молекулы кислорода, то ученые смогли применить подобные окислительно-восстановительные реакции

Степень окисления и валентность кислорода в некоторых соединениях

Соединения кислорода	Структурная формула вещества	Степень окисления атома кислорода	Валентность атома кислорода
$H_2^{+}O^{-2}$ вода	$H^+ - O^{-2} - H^+$	-2	2
$H_2^{+}O_2$ пероксид водорода	$H^+ - O^- - O^- - H^+$	-1	2
$O_2^0$ кислород	$O = O$	0	2
$O_2^{+2}F_2^-$ диоксидфторид	$F^- - O^{+2} - O^{+2} - F^-$	+1	2
$O^{+2}F_2^-$ дифторид кислорода	$F^- - O^{+2} - F^-$	+2	2

для синтеза соединений ксенона, т.е. смогли окислить ксенон. Этим примером мы показываем важность знаний процессов окисления-восстановления.

Вещества с положительной степенью окисления кислорода – сильнейшие окислители. Подобные соединения используют как эффективные окислители ракетного топлива.

Далее проводим самостоятельную работу в этом направлении. Для закрепления данного материала, формул и свойств ряда кислот и кислотных оксидов разбираем примеры, показывающие, что степень окисления кислотообразующего элемента в химической формуле кислоты равна его степени окисления в молекуле ангидрида этой кислоты.

$H_2^{+}S^{+6}O_4^{-2}$  – серная кислота;  $S^{+6}O_3^{-2}$  – ангидрид серной кислоты, оксид серы (VI), триоксид серы. Здесь кислотообразующий химический элемент – сера. Согласно правилам ИЮПАК в скобках римскими цифрами обозначается степень окисления атома элемента, а не валентность.

$H_3^{+}P^{+5}O_4^{-2}$  – ортофосфорная кислота;  $P_2^{+5}O_5^{-2}$  – ангидрид ортофосфорной кислоты, оксид фосфора (V). Ангидридом метафосфорной кислоты  $H^+P^{+5}O_3^{-2}$  будет также оксид фосфора (V)  $P_2^{+5}O_5^{-2}$ .

$H_4^{+}P_2^{+5}O_7^{-2}$  – дифосфорная кислота (пирофосфорная);  $P_2^{+5}O_5^{-2}$  – ангидрид пирофосфорной кислоты, оксид фосфора (V).

$H_4^{+}P_2^{+3}O_5^{-2}$  – дифосфористая кислота;  $P_2^{+3}O_3^{-2}$  – ангидрид дифосфористой кислоты, оксид фосфора (III).

В фосфорных кислотах кислотообразующим элементом является фосфор.

Анализируются и другие кислоты. В молекулах ортофосфорной и серной кислот величины степеней окисления атомов кислотообразующих элементов по абсолютному значению совпадают.

Выполнение разнообразных упражнений в аудитории и дома развивает умение четко определять величины степеней окисления атомов элементов в формуле любого соединения.

*Следующий этап:* использование модуля «Строение атома. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева (ПС). Химическая связь». Здесь опирались на знания электронных формул атомов элементов, их положения в ПС, на знания их высших, низших, устойчивых и неустойчивых степеней окисления.

Акцентируем внимание на том факте, что номер группы в ПС показывает число валентных электронов и, соответственно, высшую степень окисления атомов этих элементов (конечно, кроме некоторых исключений).

При прохождении данного модуля студенты развивают умения и навыки определения возможностей атома элемента в данной степени окисления присоединять или отдавать определенное число электронов в химических реакциях.

Приводим примеры упражнений с ответами.

А) Атом азота  $N^{+5}$  находится в состоянии высшей степени окисления ( $N_2^{+5}O_5^{-2}$ ,  $HN^{+5}O_3$ ).

Отдавать электроны  $N^{+5}$  больше не может, а только может присоединять до электронной конфигурации  $2s^2p^6$  ( $H_3^+N^{-3}$  аммиак).  $N^{+5} + 8e^- \rightarrow N^{-3}$ .

Атом серы  $S^{+6}$  находится в состоянии высшей степени окисления ( $S^{+6}O_3^{-2}$ ,  $H_2S^{+6}O_4$ ). Отдавать электроны  $S^{+6}$  больше не может, а только может их присоединять до электронной конфигурации  $3s^23p^6$  ( $S^{-2}$ ,  $H_2^+S^{-2}$ ).

$S^{+6} + 2e^- \rightarrow \dots (S^{+4}, SO_2, H_2S^{+4}O_3); S^{+6} + 6e^- \rightarrow \dots (S^0);$   
 $S^{+6} + 7e^- \rightarrow \dots (S^-, Fe^{+2}S_2^-); S^{+6} + 8e^- \rightarrow \dots (S^{-2}, H_2^+S^{-2})$

Б)  $Cl^0 + e^- \rightarrow \dots (Cl^-, H^+Cl^-)$ . Нейтральный атом хлора может присоединить только один электрон до устойчивой электронной конфигурации  $3s^23p^6$ .

В)  $Cl^0 - e^- \rightarrow \dots (Cl^+, HCl^+O)$ ;  $Cl^0 - 3e^- \rightarrow \dots (Cl^{+3}, HCl^{+3}O_2)$ ;  
 $Cl^0 - 5e^- \rightarrow \dots (Cl^{+5}, HCl^{+5}O_3)$ ;  $Cl^0 - 7e^- \rightarrow \dots (Cl^{+7}, HCl^{+7}O_4)$ ;  
 $Cl^{+7}$  – это высшая степень окисления атома хлора, образовалась устойчивая электронная конфигурация  $2s^2 2p^6$ . Дальнейшая отдача электронов невозможна, поэтому  $Cl^{+7}$  в химических реакциях далее не окисляется.

Г)  $Br^{+7} + ne^- \rightarrow Br^- (+8e^-)$ ;  $Br^{+5} + ne^- \rightarrow Br^+ (+4e^-)$ ;  
 $Br^+ - ne^- \rightarrow$  атом брома в высшей степени окисления (-6e<sup>-</sup>);

$Br^{+5} - ne^- \rightarrow Br^{+7} (-2e^-)$

$Br^{+5}$  может и присоединить и отдать валентные электроны.

Делаем вывод об окислительно-восстановительной двойственности элемента, если он находится в исходном положении в промежуточной степени окисления. Степени окисления атомов элементов изменяются в окислительно-восстановительных реакциях.

Для закрепления нового материала и проверки его усвоения используем на последующих занятиях тестовый контроль.

Примеры тестов

1) Какое соединение проявляет только окислительные свойства: а) азот; б) оксид азота (I); в) оксид азота (II); г) оксид азота (IV); д) азотная кислота?

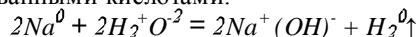
2) Какой ион проявляет только восстановительные свойства: а)  $BrO_2^-$ , б)  $BrO_4^-$ , в)  $Br^-$ , г)  $BrO_3^-$ , д)  $BrO^-$ ?

3) Сколько электронов присоединяет атом иода в ионе  $IO_3^-$  при его восстановлении до иодид-иона  $I^-$ ? а)  $2e^-$ ; б)  $3e^-$ ; в)  $8e^-$ ; г)  $6e^-$ ; д)  $5e^-$ ?

4) Сколько электронов может отдать или принять в окислительно-восстановительной реакции атом углерода в метане  $CH_4$  при его полном сгорании в токе кислорода?

а)  $5e^-$ ; б)  $8e^-$ ; в)  $7e^-$ ; г)  $6e^-$ ; д)  $4e^-$ ?

В теме «Основные классы неорганических соединений» при изучении свойств простых веществ и разбавленных соляной и серной кислот восстанавливаем школьные знания по применению метода электронного баланса в подборе коэффициентов в уравнениях ОВР: при растворении в воде натрия и взаимодействии активных металлов ( $Zn$ ,  $Fe$ ) с названными кислотами.



$Na^0 - e^- \rightarrow Na^+ |2| Na^0$  – восстановитель (процесс окисления);

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2^0 |1| H^+$  – окислитель (процесс восстановления).

Метод электронного баланса основан на том, что количество отданных восстановителем электронов равно числу принятых электронами окислителем.

К концу прохождения вышеназванного модуля программы у студентов наблюдалось улучшение химического мышления, необходимого для правильного предсказания продуктов ОВР.

Таким образом, применение аналогичных упражнений и тестовых заданий на каждом занятии, независимо от темы занятий, как повторение и закрепление дало возможность постепенно подойти к последней теме теоретических основ неорганической химии «Окислительно-восстановительные реакции» с достаточным багажом знаний, необходимых для успешного усвоения этих самых сложных химических процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 2003. 743 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия. М.: Интеграл-Пресс, 2003. 728 с.
3. Реми Г. Курс неорганической химии. М.: Мир, 1972. Т. 1, 2.
4. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1997. 527 с.
5. Руководство к лабораторным работам по общей и неорганической химии / Под ред. Ф.Я. Кульба. Л.: Химия, 1978. 280 с.
6. Полинг Л. Общая химия. М.: Мир, 1974. 846 с.

УДК 622.277(574)

## Сравнительный анализ основных российских образовательных программ менеджмента в нефтегазовой отрасли

**А.Е. ВОРОБЬЕВ**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела, Российский университет дружбы народов (г. Москва),

**В.С. ПОРТНОВ**, д.т.н., профессор, директор ДОУП,

**А.К. ТУРСУНБАЕВА**, к.т.н., профессор кафедры ММиН,

Карагандинский государственный технический университет

**А.С. КОРНИЕНКО**, магистрант, Российский университет дружбы народов (г. Москва)

**Ключевые слова:** проблемно-ориентированный модуль, нефтегазовый бизнес, магистерская программа, менеджмент, учебный процесс, переподготовка специалистов, инновации.

Нефтегазовая отрасль формирует значительную часть доходов государственного бюджета в России. С каждым годом усиливается ее роль как вектора, определяющего возможности отношений России с другими государствами. Таким образом, можно говорить не только об экономическом значении данной сферы, но и о ее растущем геополитическом потенциале.

Глобализация мировой экономики способствует дальнейшей интеграции компаний нефтегазовой направленности и подталкивает их к новым инновационным способам добычи, транспортировки и переработки нефти и газа. Одной из составляющей этого процесса является технологический базис производства, который функционирует исключительно благодаря выверенным управленческим решениям. Подготовка высококвалифицированных специалистов в области управления нефтегазовым производством в России осуществляется в высших учебных заведениях как по специальностям, так и по отдельным программам бизнес-образования. Преимуществом первого типа подготовки является государственный образовательный стандарт, который позволяет выдавать дипломы государственного образца по данной специальности [1].

Подготовкой руководителей высшего и среднего звена, а также формированием кадрового резерва нефтяных и газовых компаний (бизнес-образования) занимаются многие российские высшие учебные заведения. В основном на такое обучение принимаются лица, уже получившие первое высшее образование и имеющие опыт работы в нефтегазовой промышленности.

Одним из таких высших учебных заведений является Институт нефтегазового бизнеса АНХ, который осуществляет подготовку кадров по двум программам: «Мировой нефтегазовый бизнес» и «Нефтяной и газовый бизнес». Суть этих программ состоит в подготовке научно-технических кадров, применяющих системное видение развития нефтегазовой отрасли и опирающихся на опыт 15 стран различных регионов мира.

С 1999 г. в программе участвуют ведущие нефтегазовые компании: ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «ТАТНЕФТЬ», ОАО «ГАЗПРОМ», ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ», ОАО «ТНК-ВР», РУП ПО «БЕЛОРУСНЕФТЬ», АО НК «КАЗМУНАЙГАЗ» и др. Программа «Мировой нефтегазовый бизнес» включает в себя лекции ведущих зарубежных ученых, выступления руководителей органов государственного регулирования нефтегазового сектора, а также «круглые столы» с представителями зарубежных компаний и исследовательских учреждений.

Состоит программа из 9 проблемно-ориентированных модулей, которые охватывают все аспекты деятельности нефтегазовой компании:

1. Нефтегазовый бизнес США. Основные направления развития. Научно-технологические центры, управление знаниями и подготовка кадров.

2. Нефтегазовый бизнес Нидерландов и развитие европейского энергетического рынка. Корпоративные HR-программы. Современные нефтегазовые технологии.

3. Нефтегазовый бизнес и энергетика Франции. Инновационные технологии и образовательные ресурсы интегрированных и сервисных компаний.

4. Нефтегазовый бизнес Анголы и ЮАР: новые возможности.

5. Нефтегазовый бизнес Канады: масштабные проекты и тяжелые нефти.

6. Нефтегазовый бизнес Австралии и Сингапура: современные технологии и логистические решения.

7. Нефтегазовый бизнес в Катаре и ОАЭ: проекты СПГ и диверсификация.

8. Нефтегазовый бизнес Китая: стратегия и развитие.

9. Нефтегазовый бизнес Бразилии и Аргентины: морские проекты и новые технологии.

Второе направление «Нефтяной и газовый бизнес» состоит из шести двухнедельных учебных модулей (12 базовых курсов), проводимых один раз в квартал: экономика и организация нефтегазового бизнеса; бизнес, государство и общество; конкуренция и стратегия; финансы и инвестиции; управление маркетингом; развитие компании. Тематика указанных модулей охватывает всю цепочку вертикальной интеграции нефтегазовой компании (рисунок 1).

Первая в России лицензированная Министерством образования РФ программа МВА, представленная в Московском государственном институте международных отношений (МГИМО) по направлению: «Международный нефтегазовый бизнес», позволяет получить государственный диплом о дополнительном образовании, с присвоением квалификации магистра «Международный нефтегазовый бизнес».



Рисунок 1 – Схема вертикальной интеграции нефтегазовой компании

Учебный процесс обеспечивается высококвалифицированными преподавателями МГИМО МИД России, МГУ им. М.Ю. Ломоносова, АНХ при Правительстве РФ и ведущими экспертами и консультантами из российских и зарубежных нефтяных компаний, нефтяных аналитических агентств, Минэнерго России, научно-исследовательских институтов и центров, специализирующихся в области нефти и газа. На

обучение принимают выпускники вузов с опытом работы в нефтегазовом бизнесе не менее 2-х лет. Другой программой МГИМО является «Международный бизнес в нефтегазовой отрасли», которая также осуществляет подготовку и переподготовку специалистов высшего управленческого звена. Отличительной чертой этой программы является кооперация с ведущими вузами Норвегии: обучение производится поочередно в Высшей школе бизнеса Университета Будо (Норвегия) и МГИМО (Россия). Программа дает образование в области управления освоением энергоресурсов, анализа политических, экономических и других рисков при реализации нефтегазовых проектов, управления сложными производственно-финансовыми механизмами, международного маркетинга, инновационного менеджмента, корпоративного управления, конъюнктуры и закономерностей развития мировых рынков. Совместная российско-норвежская программа соответствует требованиям образовательных стандартов обеих стран, а также болонской системы. Программа вносит реальный вклад в энергетический диалог России и Норвегии, которые являются крупнейшими экспортёрами нефти и газа в Европе. Кроме того, Российский государственный университет нефти и газа им. А.И. Губкина (РГУНГ) реализует программу магистерской подготовки «Международный нефтегазовый бизнес», проводимой совместно с Университетом Делфт (Голландия) и Институтом «Энерджи Дельта» (Нидерланды). Данная программа предоставляет возможность получить образование, соответствующее официальным международным стандартам, а также два диплома – РГУ нефти и газа им. А.И. Губкина и одного из престижных университетов Европы, каким является Университет Делфт. Программа направлена на подготовку аналитиков и специалистов в области анализа рынков углеводородного сырья, стратегии управления международных нефтегазовых компаний, оценке конкурентных преимуществ, проблемам рационального недропользования и т.п. Для обучения по этим программам в РГУНГ создана современная инновационная среда обучения. К тому же у норвежских специалистов имеется большой теоретический и практический опыт работы. Учебные занятия для участников рассматриваемой магистерской программы будут проводить профессорско-преподавательские составы обоих вузов, специалисты, а также руководители нефтегазовой отрасли.

Программа обучения рассчитана на два года. Вестись она будет на английском языке в РГУНГ и университете Ставангера. В университете Ставангера студенты, сдавшие экзамены по отдельным дисциплинам, получают соответствующий сертификат. Производственную практику студенты будут проходить в ведущих нефтегазовых компаниях России и Норвегии. Учебный план предусматривает модули для обязательного обучения и курсы по выбору. Он составлен таким образом, чтобы уровень компетентности обучающихся был высоким не только

в пределах специализации, но и в смежных областях. Основное внимание в программе уделяется морским нефтегазовым технологиям. Студенты будут проходить стажировку продолжительностью не менее шести недель в летний период после первого курса [2]. Подготовка магистерской диссертации будет проходить у каждого участника программы в своем университете, но обязательно совместное руководство профессоров обоих вузов.

Необходимо выделить новую магистерскую программу «Менеджмент нефтегазового дела», разработанную в Российском университете дружбы народов на кафедре Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела. Целью программы является передача студентам современных знаний, умений, навыков и компетенций в области комплексного управления нефтегазовыми предприятиями. Программа явит собой важное связующее звено при укреплении политических отношений с Южной Кореей. Ее осуществление намечено совместно с Сеульским университетом Южной Кореи в рамках Государственной Программы создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения, которая предусматривает изучение вариантов организации поставок газа от конечной точки газотранспортной системы «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» в Южную Корею к 2017 году. Вести дисциплины будут ведущие специалисты Корейской нефтяной компании, а также специалисты РУДН [3]. Блоки рассматриваемой программы охватывают широкий круг необходимых дисциплин общенаучного, природоресурсного, технологического, экономико-управленческого и правового характера. В первый год обучения магистры изучают в основном общенаучные дисциплины, а во втором – профессиональные (рисунок 2).

В совокупности они сформируют специалиста-менеджера нового типа – активного, инициативного, самостоятельного, ответственного, способного нестандартно мыслить и находить неожиданные и простые решения в самых сложных ситуациях, способного выполнять ключевые роли на нефтегазовом производстве. Данное методическое обеспечение позволяет практически отработать умения и навыки сбора и анализа результатов исследований и, как следствие, принять оптимальное решение в будущем на производстве. Выпускники данного направления получают двойной диплом государственного образца (Россия – Корея) и в дальнейшем будут иметь реальную возможность трудоустройства в российско-корейских нефтяных компаниях. Тем самым магистерская программа «Менеджмент нефтегазового дела» демонстрирует современный подход к образовательной системе, позволяющий приблизить обучение к реальной профессиональной деятельности, придать учебным программам практическую проблемность.

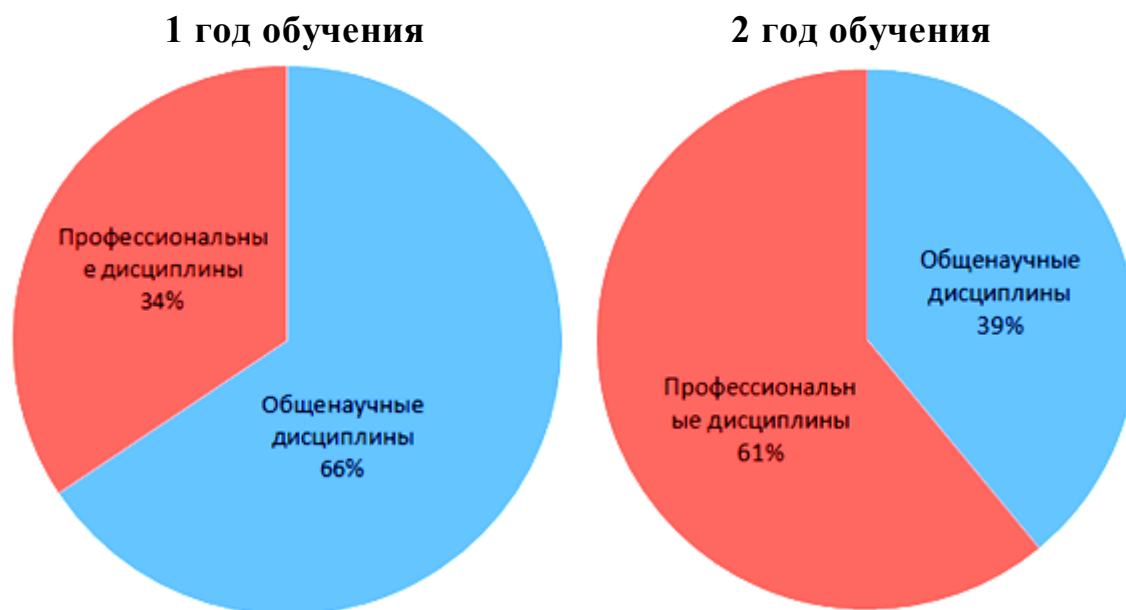


Рисунок 2 – Соотношение дисциплин по курсам обучения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иголеви́ч В., Иголеви́ч Н. Подготовка менеджеров: психологическая составляющая // Высшее образование в России. 2007. № 4.
2. Нуртдинов Ф. Магистерские программы // ТЭК. 2010. № 4.
3. Клеандров М.И. Нефтегазовое законодательство в системе российского права. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 144 с.



## Раздел 2

## Машиностроение. Металлургия

УДК 621.744.3

**Управление плотностью литейных форм при импульсном уплотнении**

*А.З. ИСАГУЛОВ, д.т.н, профессор, первый проректор,  
В.Ю. КУЛИКОВ, к.т.н, зав. кафедрой ММиН,  
Е.П. ЩЕРБАКОВА, преподаватель кафедры ММиН,  
Д.А. ИСАГУЛОВА, докторант, преподаватель кафедры ММиН,  
Б.К. ТОЙЫМБЕКОВА, студентка,  
Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова:* импульс, формовка, уплотнение, качество, рассекатель, пластина, устройство, газ, сечение, плотность, литейная форма.

Темпы роста, структура и объём производства складываются под влиянием ряда факторов, основным из которых является соотношение темпов роста литейного производства и темпов роста отраслей, потребляющих заготовки. Ведущая роль машиностроительного комплекса определяется тем, что он производит средства труда для всех отраслей.

Проблемы развития, размещение специализации и концентрации производства приобрели в современных условиях активное значение. От их решения во многом зависят темпы дальнейшего повышения эффективности общественного производства. Развитие промышленности непосредственно связано с оптимальным развитием и рациональным использованием имеющихся средств в литейном производстве.

Продукция литейного производства характеризуется большой номенклатурой, сменой оснастки и используемых материалов, что вызывает необходимость постоянного проведения научно-

исследовательских работ, совершенствования технологических процессов с целью повышения прибыли предприятия.

Экономия металла в литейном производстве проявляется в снижении металлоёмкости продукции, увеличении долговечности, надёжности и улучшении качества литых деталей, повышении коэффициента использования металла, который определяется отношением массы готовой продукции к массе металла, расходуемого на её изготовление.

Важным фактором снижения расхода металла на выпуск единицы годной продукции является применение новых технологических процессов. В настоящее время повышение точности литых заготовок, а следовательно, и снижение расхода металла осуществляется в направлении совершенствования методов получения форм и литья в песчано-глинистые формы. Повышение точности песчаных форм – одно из необходимых условий увеличения коэффициента использования металла.

В настоящее время одним из современных способов формообразования является процесс изготовления литейных форм импульсным способом. Поток воздушной смеси направляется на смесь через рассекаль. Известен плоский рассекаль с равномерным распределением отверстий для прохода газа по его поверхности, что обеспечивает равномерное давление газа на всю поверхность формовочной смеси [1]. Его недостатком является значительная неравномерность плотности формовочной смеси по поверхности литейной формы.

В [2] приводятся сведения о коническом рассекателе для уплотнения литейной формы газом, который позволяет увеличить давление газа на центральную и периферийную поверхности формы и тем самым повысить равномерность распределения плотности по поверхности формовочной смеси.

Недостатком устройства остается достаточно высокая степень неравномерности плотности формовочной смеси 1 по ее поверхности, которая образуется вследствие наличия в центральной зоне деревянной или металлической модели 2 (рисунок 1). Газ 3, проходя через рассекаль 4, приводит в

движение формовочную смесь, начиная с верхних слоев, которые приводят в движение нижележащие слои. При соударении с преградами – моделью 2 и модельной плитой 5 и следующим за этим резким торможением происходит уплотнение смеси под действием инерционных сил. Кинетическая энергия частиц смеси переходит в энергию уплотнения. Поэтому на те участки, где высота столба смеси меньше, следует подавать меньшее количество газа и наоборот.

Можно использовать целенаправленное неравномерное воздействие потока газа на поверхность формовочной смеси разной плотности (порозности) с таким расчетом, чтобы на поверхность участка формовочной смеси слоя максимальной плотности (минимальной порозности) подавалось минимальное количество газа и наоборот. В участок слоя, где плотность формовочной смеси имеет среднее значение (промежуточный участок), подают соответствующее количество газа (рисунок 2).

Таким образом, повышается равномерность плотности по площади формы, при этом интенсивность

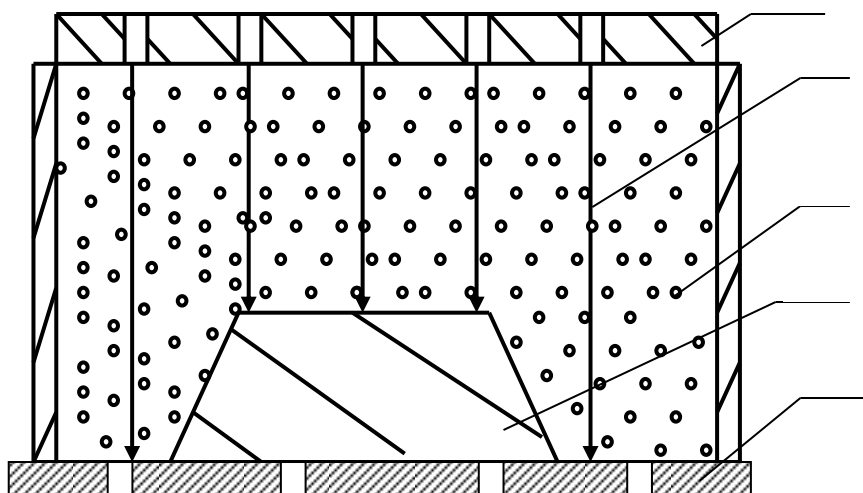


Рисунок 1 – Схема воздушно-импульсного уплотнения

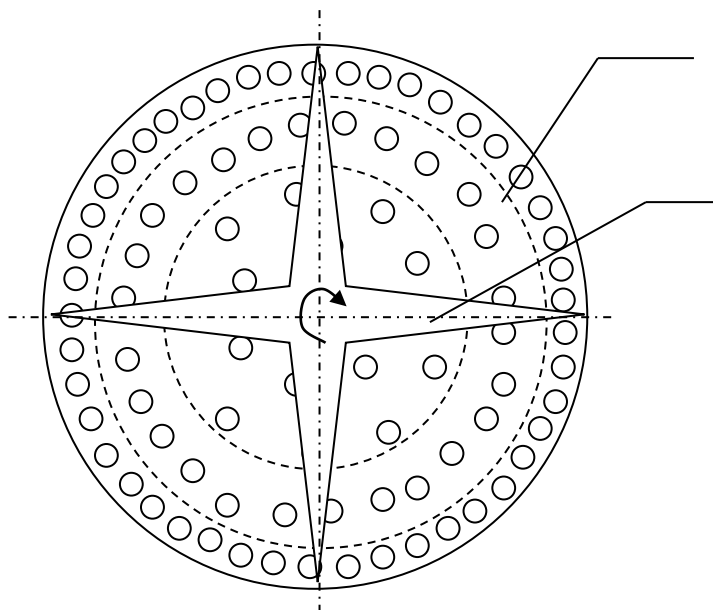


Рисунок 2 – Рассекатель с фигурной пластиной

поступления сжатого воздуха в пространство над смесью формы не уменьшается.

С целью регулирования площади суммарного сечения отверстий предлагается использовать на поверхности рассекателя 1 фигурную пластину 2, которая, вращаясь вокруг центра, закрывает или открывает некоторое количество отверстий. Этим достигается регулирование площади живого сечения, а следовательно, и подачи газового потока на поверхность смеси.

Таким образом, можно заранее устанавливать соотношение суммарных площадей отверстий в центральной и периферийной частях рассекателя и соответственно подавать разное количество газа на поверхность литейной формы. Это позволяет получать требуемую плотность по сечению формы.

Можно на рассекатель устанавливать подвижную плоскую пластину в форме рассекателя, которая, поворачиваясь вокруг центра, закрывает или открывает часть отверстий, изменяя площадь живого сечения (рисунок 3). Это позволит проще регулировать соотношение суммарных сечений отверстий.

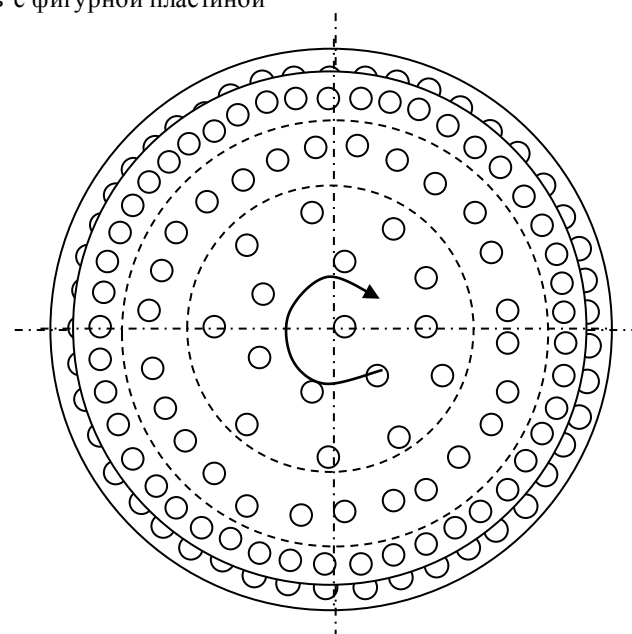


Рисунок 3 – Рассекатель с круглой пластиной

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1207622 СССР. Импульсная головка для уплотнения формовочной смеси давлением. Опубл. 14.06.83.
2. Орлов Г.М. Автоматизация и механизация процесса изготовления литейных форм. М.: Машиностроение, 1988. 196 с.

УДК 621.771.

## **Упрочнение литейных алюминиевых сплавов равноканальным угловым прессованием**

**А.Б. НАЙЗАБЕКОВ**, д.т.н., академик НАН и ВШ РК, профессор, ректор РГП «КГИУ»,  
**В.А. АНДРЕЯЩЕНКО**, магистр материаловедения и технологии новых материалов,  
ассистент кафедры ОМД РГП «КГИУ»

**Ключевые слова:** *алюминиевый сплав, равноканальное угловое прессование, термическая обработка, упрочнение, временное сопротивление, пластичность.*

В настоящее время особое внимание уделяется получению высококачественных, высокопрочных материалов с комплексом повышенных физических характеристик. С этой точки зрения интерес представляют алюминиевые сплавы, которые в специализированных отраслях промышленности заметно выигрывают по сравнению со сталями, обеспечивая сочетание таких эксплуатационных характеристик, как высокая коррозионная стойкость, электропроводность, химическая устойчивость и стабильность этих характеристик. Высокопрочные алюминиевые сплавы наряду с малым весом обладают всем комплексом указанных характеристик, что и делает их выгодным конструкционным материалом.

Повышение механических характеристик для указанных металлов является весьма желательным даже в пределах 10-15 МПа.

Для исследования возможности упрочнения алюминиевого сплава системы Al-Si-Fe-Mn выбраны алюминиевые прутки из указанного сплава.

На основании анализа литературных источников выявлено, что одним из наиболее приемлемых способов упрочнения заготовок без существенного изменения их геометрических параметров является интенсивная пластическая деформация методом равноканального углового прессования (РКУП) [1-4].

Достаточную сложность при исследовании представляет сам состав выбранного сплава (таблица), т.к. присутствие в составе таких легирующих элементов, как Si и Fe, кроме существенного повышения прочности, вызывает резкое падение пластических характеристик. Кроме того, растворимость данных элементов при комнатной температуре является весьма малой, в результате чего в микроструктуре сплава данные элементы присутствуют в виде интерметаллидов, эвтектик и других химических соединений, выделяющихся в виде частиц различных форм и вызывающих охрупчивание металла.

Алюминиевые сплавы с таким содержанием кремния относят к силуминам и имеют достаточно широкое промышленное применение.

Химический состав сплава системы Al-Si-Fe-Mn

Химический элемент	Ca	Fe	Si	Cu	Mn	Al
Содержание, %	0,34	0,5	4,0	0,32	1,12	93,72

Для того чтобы максимально устранить влияние этих структурных составляющих на пластическое поведение сплава, было предпринято проведение термической обработки (отжиг, закалка, старение).

Проведение отжига сплава вызвало коагуляцию фаз и некоторое укрупнение их размеров. В результате устранения напряжений и залечивания дефектов, образовавшихся при изготовлении прутков, удалось повысить значение временного сопротивления, по сравнению с состоянием поставки, на 5 %, и добиться значения 390 МПа.

Кроме того, алюминиевые прутки поставляются, как правило, после проведения закалки и искусственного или естественного старения на максимальную или не максимальную прочность. Проведение же отжига приводит структуру металла к свежезакаленному состоянию и частичному растворению выпавших в процессе закалки и старения фаз.

Выпадение фаз при закалке может двояко сказываться на поведении алюминиевого сплава при пластической деформации и соответственно при испытании на растяжение. С одной стороны, выделение из  $\alpha$ -твердого раствора тугоплавких (по сравнению с алюминием) частиц вызывает повышение пластичности основной матрицы. С другой стороны, выделение мельчайших частиц вторичных фаз по плоскостям скольжения вызывает торможение дислокаций и препятствует их дальнейшему движению, что в свою очередь, снижает пластичность.

На основании проведенных исследований выявлено, что наиболее рациональной термической обработкой, повышающей ресурс пластичности металла, является отжиг. Заготовки после указанной термической обработки при РКУП удается деформировать до трех циклов без образования макроскопических трещин. В то время как после закалки и старения образцы выдерживают не более двух циклов без образования макротрещин, приводящих к разрушению заготовки непосредственно при обработке. Кратковременный промежуточный отжиг при температуре возврата после каждого цикла РКУП также не дал существенных результатов.

Таким образом, с целью повышения ресурса пластичности литейного алюминиевого сплава системы Al-Si-Fe-Mn решено перед деформированием осуществлять отжиг металла, тем самым способствуя уменьшению структурных концентраторов напряжений.

Подготовленные термической обработкой образцы подвергали равноканальному угловому прессованию (рисунок) с кантовкой вокруг продольной оси на  $180^\circ$  для обеспечения знакопеременной деформации [5].

После проведения деформирования из заготовок вырезались стандартные образцы для испытания на растяжение с пятикратной рабочей длиной.

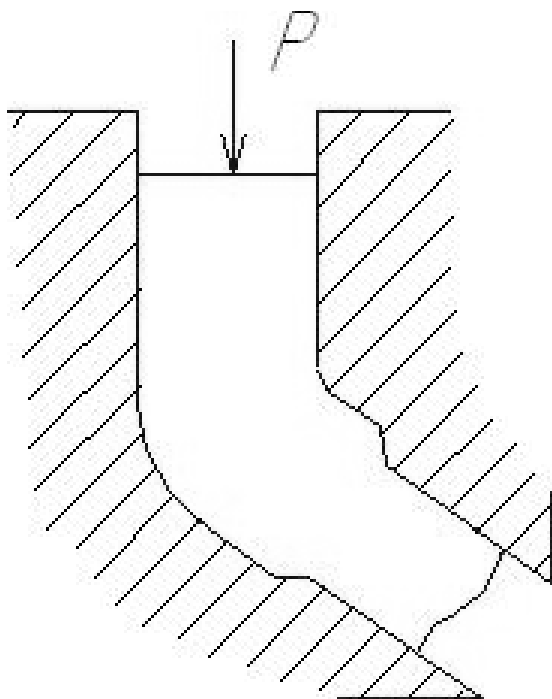


Схема инструмента для РКУП

Ввиду индивидуальных особенностей сплава скорость растяжения выбрана минимально возможной для используемого оборудования (крутильно-разрывная машина М140КУ) и равной 0,5 мм в минуту.

Как и предполагалось, высокой пластичностью сплав не обладает и разрушение наступало без существенной пластической деформации.

Волокнистость, приобретенная в результате первичного прессования при производстве прутков, обуславливает анизотропию свойств. Но учитывая, что при эксплуатации больший интерес представляют свойства прутков в направлении их оси, в поперечном направлении механические характеристики не исследовались.

В процессе многократного РКУП происходит исчерпание ресурса пластичности, и, как следствие, разрыхление металла. В результате чего разрушение при испытании на растяжение наступает в результате объединения многочисленных микропор и

микротрещин в одну центральную трещину, после чего разрушение наступает практически мгновенно, без локализации деформации. Однако относительное остаточное удлинение достигает достаточно высокого значения для высокопрочных алюминиевых сплавов и составляет порядка 15-17 % для образцов после двух циклов РКУП (для сплавов, имеющих в своем составе  $\approx 4\%$  Si, относительное остаточное удлинение не превышает 10 %).

Временное сопротивление после двух циклов РКУП составляет 425-428 МПа, что на 16 % превышает временное сопротивление алюминиевых прутков в состоянии поставки.

Проведение большего количества циклов РКУП не целесообразно ввиду существенного охрупчивания сплава и падения временного сопротивления. Это происходит вследствие того, что разрыхление металла настолько велико, что приложение растягивающих напряжений вызывает объединение микропор и микротрещин, не позволяя испытывать какую-либо значащую деформацию.

Кроме того, упрочнение заготовки до предела ресурса пластичности также является не технологичным, так как при дальнейшей работе изделий необходим достаточный запас прочности для исключения преждевременного разрушения.

В результате проведенных исследований выявлено, что методом равноканального углового прессования возможно повышение временного сопротивления таких типов алюминиевых сплавов, как силумины, несмотря на то, что они относятся к недеформируемым литейным сплавам. Предложенная технология упрочнения сплава системы Al-Si-Fe-Mn позволяет не только существенно увеличить временное сопротивление на 16 % по сравнению с состоянием поставки алюминиевого сплава в виде прутков, но также обеспечить высокие для данного типа сплавов характеристики пластичности, относительное остаточное удлинение которого составляет порядка 15-17 %. Такое сочетание механических характеристик для данного сплава является не только удовлетворительным, но и весьма желательным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: Академкнига, 2007. 398 с.
2. Рааб Г.И., Валиев Р.З. Равноканальное угловое прессование труднодеформируемых металлов // Кузнечно-штамповочное производство. 2001. № 4. С. 23-27.
3. Валиев Р.З. Развитие равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых металлов и сплавов // Металлы. 2004. № 1. С. 15-21.
4. Сегал В.М. Развитие обработки материалов интенсивной сдвиговой деформацией // Металлы. 2004. № 1. С. 5-14.
5. Инновационный патент РК № 22896. Устройство для углового прессования / А.Б. Найзабеков, С.Н. Лежнев, В.А. Андрященко. Опубл. 15.09.2010.

# Определение уровня качества гидрораспределителя таксономическим методом оценки – построение дендрита

Г.С. ЖЕТЕСОВА, д.т.н., зав. кафедрой ТМ,  
А.Ш. ЖУНУСОВА, ст. преподаватель кафедры ТМ,  
Н.А. ГРИЦОВА, студентка 3 курса гр. СТ-08-2,  
Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** вроцлавская таксономия, таксономический метод, оптимальный дендрит, уровень качества, показатель уровня развития, показатели качества, эталон развития, упорядочение, скопления  $i$ -го порядка.

Целью таксономического метода оценки является построение дендрита, который представляют как ломаную, «...которая может разветвляться, но не может содержать замкнутых ломаных, и такая, что любые две точки множества  $Z$  ею соединены». В результате получаем наглядную картину об исследуемых показателях качества, указывающую на упорядочивание изучаемых единиц и расположение их в порядке значимости [1].

Для начала определим таксономический показатель уровня развития качества исследуемого

образца, который представляет собой синтетическую величину, «равнодействующую» всех признаков, характеризующих единицы исследуемой совокупности, что позволяет с его помощью линейно упорядочить элементы данной совокупности [3, 4].

Для этого необходимо определиться с показателями качества гидрораспределителя типа М130.07.110, взятого в качестве оцениваемого образца, и гидрораспределителя типа ЭРА32, взятого в качестве базового (показатели качества и их численные значения приведены в таблице) [2].

Значения показателей качества оцениваемого изделия и базового образца

Показатель качества	Гидрораспределитель типа ЭРА32 (базовый), $x_{i0}$	Гидрораспределитель типа М130.07.110 (оцениваемый), $x_i$
1. Условный проход, мм	8	12
2. Давление на входе номинальное, МПа	32	32
3. Давление на входе максимальное, МПа	40	48
4. Расход рабочей жидкости, л/мин	100	120
5. Усилие на рукоятке управления, кг	10	10
6. Количество отказов	57	60
7. Коэффициент технической готовности, %	92,7	89,2

Для выбранных показателей качества необходимо определить показатели уровня развития  $d_i$ , для каждого показателя в отдельности, исходя из формул (3)-(8) [1]:

1. Определим эталон развития для каждого показателя, используя формулу

$$C_{io} = \sqrt{\sum_{s=1}^n (X_{is} - X_i)^2} : \quad (1)$$

$$C_1 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (8 - 12)^2} = 4;$$

$$C_2 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (32 - 32)^2} = 0;$$

$$C_3 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (40 - 48)^2} = 8;$$

$$C_4 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (100 - 120)^2} = 20;$$

$$C_5 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (10 - 10)^2} = 0;$$

$$C_6 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (57 - 60)^2} = 3;$$

$$C_7 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (92,7 - 89,2)^2} = 3,5.$$

2. Определим среднее значение эталона развития:

$$\bar{C}_o = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n 4 + 8 + 20 + 3 + 3,5 = 5,5$$

3. Определим для каждого показателя  $S_i$ , применив формулу

$$S_o = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{io} - \bar{C}_o)^2} : \quad (2)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{7} (4 - 5,5)^2} = 0,57;$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{7} (0 - 5,5)^2} = 2,1;$$

$$S_3 = \sqrt{\frac{1}{7} (8 - 5,5)^2} = 0,94;$$

$$S_4 = \sqrt{\frac{1}{7} (20 - 5,5)^2} = 5,5;$$

$$S_5 = \sqrt{\frac{1}{7}(0-5,5)^2} = 2,1;$$

$$S_6 = \sqrt{\frac{1}{7}(3-5,5)^2} = 0,94;$$

$$S_7 = \sqrt{\frac{1}{7}(3,5-5,5)^2} = 0,76.$$

4. Определим для каждого показателя  $C_0$ , используя формулу

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{i0} : \quad (3)$$

$$C_{o1} = 5,5 + 2 \cdot 0,57 = 6,64;$$

$$C_{o2} = 5,5 + 2 \cdot 2,1 = 9,7;$$

$$C_{o3} = 5,5 + 2 \cdot 0,94 = 7,38;$$

$$C_{o4} = 5,5 + 2 \cdot 5,5 = 16,5;$$

$$C_{o5} = 5,5 + 2 \cdot 2,1 = 9,7;$$

$$C_{o6} = 5,5 + 2 \cdot 0,94 = 7,38;$$

$$C_{o7} = 5,5 + 2 \cdot 0,76 = 7,02.$$

5. Определим среднее значение  $C_0$ :

$$C_0 = \frac{6,64 + 9,7 + 7,38 + 16,5 + 9,7 + 7,38 + 7,02}{7} = 9,19.$$

6. Для выбранных показателей качества необходимо определить уровень развития  $d_i$  по формуле

$$d_i = \frac{C_{i0}}{C_0} : \quad (4)$$

$$d_1 = \frac{4}{6,64} = 0,6;$$

$$d_2 = \frac{0}{9,7} = 0;$$

$$d_3 = \frac{8}{7,38} = 1,08;$$

$$d_4 = \frac{20}{16,5} = 1,21;$$

$$d_5 = \frac{0}{9,7} = 0;$$

$$d_6 = \frac{3}{7,38} = 0,41;$$

$$d_7 = \frac{3,5}{7,02} = 0,499.$$

7. Итоговый таксономический показатель уровня развития качества  $D$  исследуемого образца будет равен среднему арифметическому значению показателей уровня развития  $d_i$  каждого показателя в отдельности:

$$d = \frac{0,6 + 0 + 1,08 + 1,21 + 0 + 0,41 + 0,499}{7} = 0,54.$$

Численное значение показателя характеризуется тем, что является величиной положительной, и лишь с вероятностью, близкой к нулю, может оказаться больше единицы. Интерпретация его следующая: чем ближе значение показателя уровня развития к нулю,

тем на более высоком уровне развития находится данная единица.

При вычислении численного значения показателя рассматриваемого гидрораспределителя оказалось равным 0,54, что свидетельствует о высоком уровне развития качества.

Приступим к построению дендрита, в котором рассматриваемые показатели качества представляются графически в виде кружочков (со вписанными в них обозначениями показателей), связанных отрезками. В связи с этим возникает задача выбора наилучшего упорядочения, заключающаяся в нахождении такого дендрита, в котором смежные единицы будут иметь наименее различающиеся значения показателей уровня развития каждого показателя в отдельности.

С этой целью из полученных показателей уровня развития  $d_i$  выбираются единицы с близкими значениями показателей и формируются сочетания ближайших единиц.

То есть построение оптимального дендрита для рассматриваемого гидрораспределителя будет базироваться на полученных численных значениях показателей уровня развития  $d_i$ , вычисленных для каждого показателя качества в отдельности, согласно формулам (3)-(4).

Предложенный авторами вроцлавской таксономии способ построения оптимального дендрита состоит из нескольких этапов. На первом этапе устанавливаются связи каждой из исследуемых единиц с ближайшими единицами.

Имеется множество, состоящее из 7 показателей качества, для каждого из которых определено численное значение уровня развития  $d_i$ . В этом множестве из 7 элементов получены следующие сочетания ближайших единиц (рисунок 1):

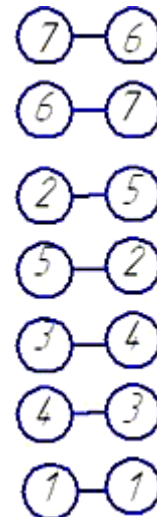


Рисунок 1 – Сочетания ближайших единиц

Нетрудно заметить, что некоторые связи встречаются дважды, например 7-6 и 6-7, 2-5 и 5-2, 3-4 и 4-3. Поскольку при построении дендрита очередность установления связей не играет роли, одно из повторяющихся сочетаний всегда исключается. Это приводит к тому, что остаются связи 7-6, 3-4, 2-5 и 1-

1, а связи 6-7, 4-3, 5-2 – отбрасываются. В результате получаются четыре отдельные конструкции, называемые скоплениями первого порядка (рисунок 2).



Рисунок 2 – Скопления 1-го порядка

Полученные скопления не удовлетворяют основному условию дендрита, а именно, они не связаны в единое целое. Для выполнения этого требования выбирается наименьшее численное значение  $d_i$  между сочетаниями, входящими в скопление 1-го порядка. В результате получаем скопление 2-го порядка (рисунок 3).

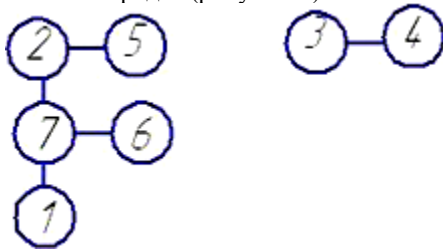


Рисунок 3 – Скопления 2-го порядка

Очередная процедура, которую надлежит выполнить, заключается в соединении полученных отдельных скоплений. Нахождение ближайших единиц между двумя скоплениями и объединение их в одно общее целое – последняя операция в рассмотренном примере. Тогда дендрит семиэлементного множества выглядит так, как показано на рисунке 4.

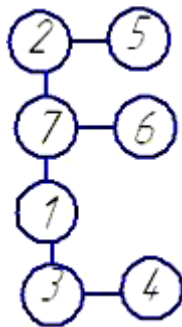


Рисунок 4 – Дендрит, построенный на исследуемых показателях качества

Полученный дендрит дает наглядное представление о том, какие показатели качества имеют наиболее высокий показатель уровня развития, а какие более низкий, и то, за счет каких показателей уровень качества рассматриваемого гидрораспределителя является более высоким, также указывает на те показатели, которые негативно сказываются на уровне качества.

Из полученных численных значений показателей уровня развития видно, что уровень развития качества оцениваемого гидрораспределителя определяется двумя наиболее развитыми показателями качества – 2 (давление на входе номинальное) и 5 (усилие на рукоятке управления), которые в совокупности характеризуют уровень развития качества гидрораспределителя типа М130.07.110.

Построенный дендрит указывает на то, что показатели качества 2 (давление на входе номинальное) и 5 (усилие на рукоятке управления) имеют наиболее высокий уровень развития (численные значения показателей равны нулю), а также уровень качества показателей 2 и 5 оцениваемой продукции равен уровню базового образца.

Показатели качества 7 (коэффициент технической готовности) и 6 (количество отказов) имеют также высокий уровень развития (численные значения показателей близки к нулю), но тем не менее уступают по качеству базовому образцу.

Показатели качества 3 (давление на входе максимальное), 4 (расход рабочей жидкости) и 1 (условный проход) оцениваемого образца превосходят базовый, тем не менее в отношении показателя развития  $d_i$  – находятся на низком уровне (численные значения показателей больше нуля).

В соответствии с вышесказанным стало очевидным, что оцениваемый гидрораспределитель находится на высоком уровне по отношению к качеству.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Е.С. Таксономический анализ. М.: МГУ, 1969. 211 с.
2. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика: гидравлические машины и гидравлические приводы. М.: Машиностроение, 1970. 505 с.
3. Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1990. 216 с.
4. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учеб. пособие для студентов. М.: Филинь, 2004. 295 с.
5. Солод Г.И. Основы квалиметрии: учеб. пособие. М.: Изд-во МГИ, 1991. 84 с.



## Исследования кристаллизации алюминиевого чугуна

Э.Б. ТЕН, НИТУ (МИСиС, г. Москва),

Е.Б. УТЕПОВ, Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы),

А.С. ДРОКИН, НИТУ (МИСиС, г. Москва),

С.Т. КАЛДЫБАЕВА, Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы)

**Ключевые слова:** кристаллизация, алюминиевый чугун, жаростойкий сплав, фазовые превращения, свойства чугуна, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность.

В качестве жаростойких материалов широко применяют в основном высоколегированные сплавы, в которых легирующими элементами являются дорогостоящие хром и никель. Общее содержание их в жаростойких сплавах достигает 30 % и более. Тем не менее, срок жизни рабочих деталей из жаростойких сплавов ограничен. Причем чем выше рабочие температуры, тем он короче. Это обуславливает повышенные затраты на поддержание агрегатов в рабочем состоянии. Примерами таких деталей являются колосники агломерационных машин, детали котельных установок, обжиговых, нагревательных и стекловаренных печей, формы для литья, выхлопные коллекторы форсированных автомобильных двигателей и др.

Выполненные ранее исследования [1-4] позволили оптимизировать состав высоколегированного алюминиевого чугуна ЧЮ22Ш, изучить его структуру, литейные и эксплуатационные свойства, разработать технологические режимы плавки, литья и термической обработки отливок, провести их промышленное испытание и определить перспективные направления применения. Однако в настоящее время потенциал алюминиевого чугуна ЧЮ22Ш используется недостаточно. Одним из сдерживающих факторов является недостаточная изученность закономерностей его кристаллизации, а также отсутствие сведений о теплофизических свойствах, что не позволяет корректно использовать современные методы моделирования литейных процессов для совершенствования технологии изготовления отливок. Исследованию этих вопросов посвящена настоящая работа.

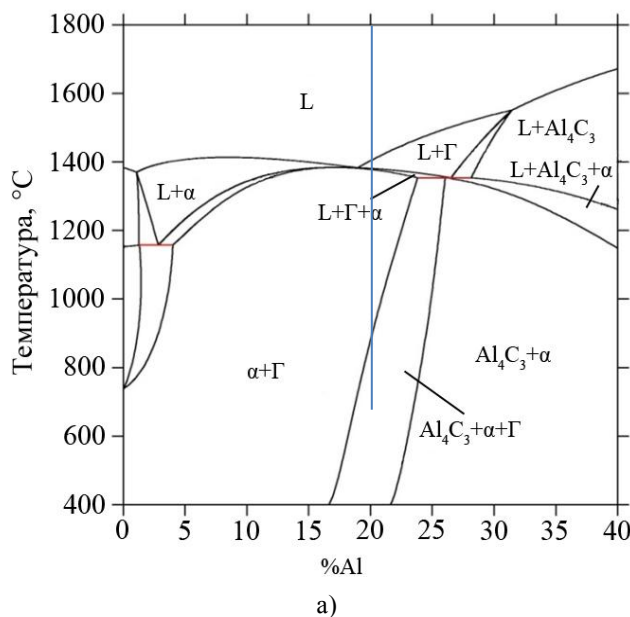
Кристаллизацию чугуна ЧЮ22Ш изучали по фазовым превращениям, протекающим при его затвердевании и остывании. В связи с отсутствием диаграммы состояния Fe – C – Al и Fe – C – Si – Al с помощью компьютерной программы Thermo-Calc построили политермические разрезы для тройных и четверных систем Fe – C – Al и Fe – C – Si – Al. При этом варьировали содержанием углерода в пределах 1,5-2,5 %, кремния – 1-2 % и алюминия – 15-35 %.

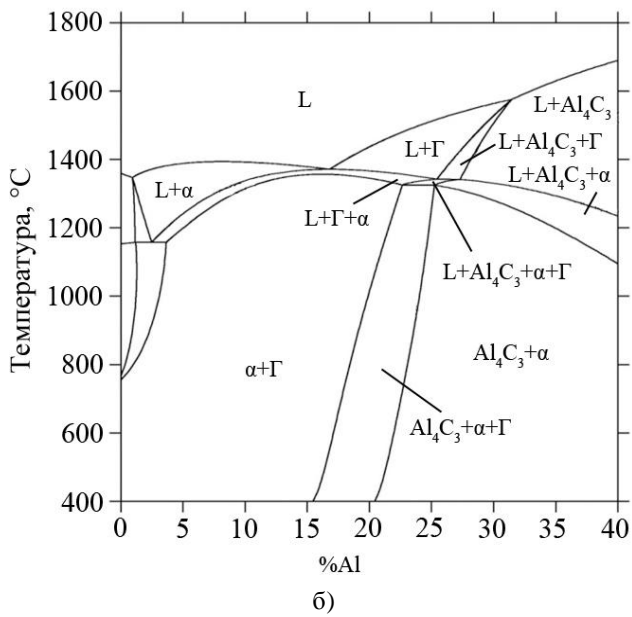
Полученные результаты показывают, что кристаллизация чугуна, по составу эквивалентного ЧЮ22 и содержащего ~2 % C, ~1 % Si и ~22,5 % Al, начинается (рисунок 1) с выделения из жидкого чугуна первичных кристаллов графита. Затем

происходит кристаллизация двойной эвтектики, состоящей из твердого раствора на основе легированного алюминием феррита ( $\alpha$  – фазы) и графита. Затем из остатка жидкой фазы выделяется более легированный алюминием феррит. При последующем охлаждении чугуна вследствие снижения растворимости алюминия в  $\alpha$ -фазе из него выделяется карбид  $Al_4C_3$ .

Эти данные согласуются с результатами термографических исследований. На рисунке 2 приведена экспериментально полученная кривая охлаждения чугуна ЧЮ22Ш.

Кривая охлаждения, прежде всего, свидетельствует о том, что чугун, в основном, кристаллизуется при постоянной температуре, но претерпевает незначительную предэвтектическую и послевтектическую кристаллизацию. На температурно-временной кривой можно выделить участки остывания жидкого чугуна 1, предэвтектической кристаллизации первичного графита 2, эвтектической кристаллизации 3, послевтектической кристаллизации феррита ( $\alpha$ -фазы) 4, остывания твердого чугуна 5 и выделения из пересыщенного твердого раствора ( $\alpha$ -фазы) алюминийсодержащей карбидной фазы 6.





а) Fe – (2 % C) – Al; б) Fe – (2 % C) – (1 % Si) – Al  
Рисунок 1 – Политермические разрезы фазовых диаграмм состояния систем

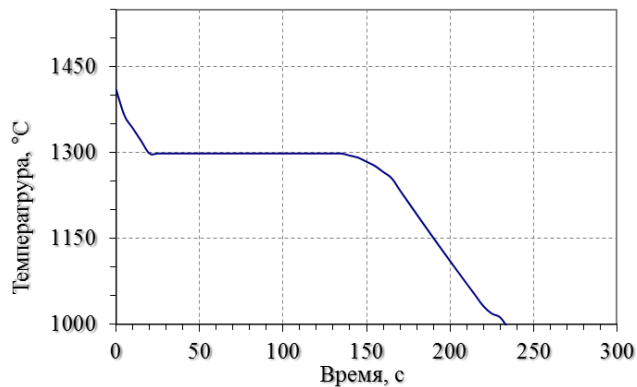


Рисунок 2 – Кривые охлаждения чугунов ЧЮ22Ш

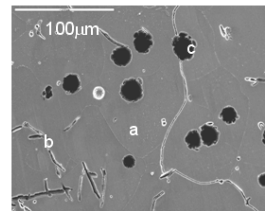
Наличие эвтектической кристаллизации было известно и раньше, причем, по данным [1], у чугуна ЧЮ22 она протекает при температурах 1230-1280 °С. Новизна полученных результатов в том, что эвтектическая кристаллизация может протекать и при более (на 15-60 °С) высокой температуре. Кроме того, установлено наличие предэвтектической и послеэвтектической кристаллизации, а также фазового превращения в твердом состоянии с выделением из твердого раствора алюминия в железе ( $\alpha$ -фазы) железоалюминиевого карбида типа  $Fe_3AlC_x$  ( $\epsilon$ -фазы).

Полученные результаты также внесли ясность в то, какие фазы, в какой последовательности, в каких сочетаниях и при каких температурах выделяются при переходе высоколегированного алюминиевого чугуна из жидкого состояния в твердое.

Большая протяженность горизонтального участка на кривой охлаждения (рисунок 2) свидетельствует о развитости эвтектической кристаллизации и формировании в отливках соответствующей структуры. Согласно кривым охлаждения и политермическим разрезам, в чугуне ЧЮ22 должны присутствовать три структурные составляющие:

включения первичного графита (I), графитно-ферритная эвтектика (II) и вторичный карбид  $Al_4C_3$  (III), выделившийся после эвтектической кристаллизации. Однако реальная структура отличается от изложенной.

Составы фаз дополнительно изучали на электронном микроскопе с микроанализатором. Полученные результаты (рисунок 3) подтверждают, что матрица  $\alpha$  – феррит, легированный алюминием до 23 % ( $\alpha$ -фаза), а темные включения округлой формы  $\beta$  – графит. Данные по строчечным включениям  $\gamma$  свидетельствуют о том, что это они содержат железо, алюминий и углерод, и потому могут рассматриваться как железоалюминиевые карбиды. Однако атомные доли железа в них, согласно многократным определениям, лишь в 1,3-1,6 раз превышают атомную долю алюминия. Поэтому они, скорее всего, являются железоалюминиевыми карбидами переменного состава типа  $Fe_{1,5}AlC_x$ .



Element	in wt%		in at%	
	a	b	a	b
Al	22,99	21,53	37,79	35,84
Si	1,33	1,29	2,11	2,07
Mn	0,88	1,51	0,71	1,23
Fe	74,79	75,67	59,39	60,86
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

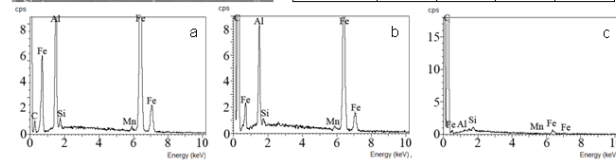


Рисунок 3 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа фаз в чугуне ЧЮ22Ш

Фактическая структура чугуна отличается от предполагаемой по нескольким признакам. Прежде всего, не удастся однозначно выявить выделения первичного графита. Кроме того, в чугуне, вместо ожидаемого карбида  $Al_4C_3$ , образуется железоалюминиевый карбид  $Fe_{1,5}AlC_x$ . Возможно, в условиях высокого переохлаждения термодинамически выгоднее образовать вместо двойного карбида  $Al_4C_3$  тройной карбид, причем даже не  $Fe_3AlC_x$  ( $\epsilon$ -фазу), а  $Fe_{1,5}AlC_x$ .

Теплофизические свойства чугуна необходимы для компьютерного моделирования процессов заполнения расплавом полости литейных форм, затвердевания и остывания в них отливок с целью выбора наилучшего варианта технологии получения их без литейных дефектов. Однако такие сведения по чугуну ЧЮ22Ш отсутствуют.

В работе определяли теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность чугуна ЧЮ22Ш в интервале температур 500-1000 °С. Эксперименты проводили в лаборатории Корейского института материаловедения (KIMS) на приборе NETZSCH LFA 457 Micro-Flash®. Испытания проводили на образцах, выточенных из литых проб. Размеры образцов составили: диаметр – 12,700 мм,

толщина – 3,1580 мм. Плотность чугуна равнялась 5909 кг/м<sup>3</sup>.

Полученные результаты представлены в таблице как средние значения пяти измерений. При этом удельная теплоёмкость измерена с одинаковой точностью во всем температурном интервале - ± 0,001 Дж/(кг·К). А теплопроводность и температуропроводность измерены с переменной точностью: при пониженных температурах - ± 0,028 Вт/(м·К) и ± 0,009·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с; при повышенных температурах - ± 0,157 Вт/(м·К) и ± 0,047·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с соответственно.

Согласно данным таблицы, удельная теплоёмкость чугуна ЧЮ22Ш с повышением температуры от 500 до 1000 °С возрастает с 536 до 585 Дж/(кг·К). У нелегированного чугуна с шаровидным графитом в интервале 20-1000 °С удельная теплоёмкость составляет 586-628 Дж/(кг·К) [2]. То есть эти чугуны сопоставимы по удельной теплоёмкости.

Теплопроводность чугуна с повышением температуры более существенна, чем теплоёмкость – с 12,64 при 500 °С до 15,53 Вт/(м·К) при 1000 °С. Полученные значения заметно меньше приводимых в литературе значений: 16,28 Вт/(м·К) при 200 °С и 26,75

Вт/(м·К) при 500 °С. При одинаковой температуре значения отличаются более чем в 2 раза. Представляется, что полученные в работе данные более надежные, поскольку получены на более современной аппаратуре, каждое значение измерено пятикратно и выполнено в широком интервале температур. Исходя из этого можно считать, что алюминиевый чугун ЧЮ22Ш имеет теплопроводность примерно в 3 раза ниже, чем нелегированный чугун с ферритной металлической матрицей, который при 400 °С имеет коэффициент теплопроводности 38 Вт/(м·К) [2]. Поскольку теплопроводность у нелегированного чугуна уменьшается с повышением температуры, а у чугуна ЧЮ22Ш, наоборот, возрастает, то в области рабочих температур 1000 – 1100 °С это различие должно сильно сократиться.

Коэффициент температуропроводности у чугуна ЧЮ22Ш монотонно возрастает с 4·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с до 4,5·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с при увеличении температуры с 500 до 1000 °С. Отсутствие литературных данных не позволяет сравнить полученные значения. У нелегированного чугуна с шаровидным графитом (ЧШГ) этот показатель равен (5,5-6,5)·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с при 600 °С и (5,0-5,6)·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с при 800 °С [2]. Сопоставление данных показывает, что чугун ЧЮ22Ш при температурах 600 и 800 °С имеет температуропроводность на 33 и 20 % ниже соответственно, но при более высоких температурах температуропроводность чугунов ЧЮ22Ш и ЧШГ будет мало различаться.

Выполненные исследования существенно дополняют наши знания о последовательности, характере и температурах фазовых превращений, протекающих при кристаллизации чугуна. Показано, что реальная структура чугуна отличается от прогнозируемой, и это, видимо, связано с неравновесными условиями кристаллизации в литейной форме. Впервые определены теплоёмкость, теплопроводность и температуропроводность в интервале температур 500-1000 °С.

Использование результатов исследования позволит более адекватно решать технологические вопросы получения качественного литья из чугуна ЧЮ22Ш.

Теплофизические свойства чугуна ЧЮ22Ш

№	Наименование свойств	Температура, °С					
		500	600	700	800	900	1000
1	Удельная теплоёмкость C <sub>ч</sub> , Дж/(кг·К)	536	549	559	565	573	585
2	Теплопроводность λ <sub>ч</sub> , Вт/(м·К)	12,64	13,11	13,64	14,19	14,93	15,53
3	Температуропроводность a <sub>ч</sub> , 10 <sup>6</sup> м <sup>2</sup> /с	3,99	4,04	4,13	4,25	4,41	4,49

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Александров Н.Н., Ключнев Н.И. Технология получения и свойства жаростойких чугунов. М.: Машиностроение, 1964. 174 с.
2. Ковалевич Е. В. Алюминиевые чугуны. Чугун: справочник / Под ред. А. Д. Шермана и А. А. Жукова. М.: Металлургия, 1991. С. 447-479.
3. Бобро Ю. Г. Легированные чугуны. М.: Металлургия, 1976. 288 с.
4. Косников Г.А., Морозова Л.М. Алюминиевые конструкционные чугуны для облегчённых отливок ответственного назначения // Литейное производство. 1997. № 5. С. 19-29.
5. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. Л.: Машиностроение, 1978. 758 с.
6. Литейное производство / Под ред. И.Б. Куманина. М.: Машиностроение, 1971. 320 с.

7. Испытание материалов: справочник: пер. с нем. / Х. Блюменауэр, Х. Ворх, И. Гарц и др.; Под ред. Х. Блюменауэра; М.: Metallurgia, 1979. 448 с.
8. Общетехнический справочник / Е.А. Скороходов, В.П. Законников, А.Б. Пакнис и др.; Под общ. ред. Е.А. Скороходова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. 512 с.  
УДК 669.017.11

## Фазовый состав алюминиевых сплавов

**А.Р. ТОЛЕУОВА**, докторант кафедры металловедения и термической обработки металлов,  
**Д.У. СМАГУЛОВ**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой металловедения и термической обработки металлов,  
Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы),

**Ключевые слова:** фазовый состав, алюминиевый сплав, легирующий элемент, зависимость, упрочнение, границы поверхности, программа Thermo-Calc.

В различных изделиях машиностроения традиционно используются стали и чугуны. В частности, из них делают детали водозаборной арматуры для нефтегазового комплекса. В одних случаях используют обычные марки типа СЧ20, в других – высоколегированные сплавы. В последнее время в мире четко обозначилась тенденция замены сталей и чугунов более легкими сплавами, прежде всего на основе алюминия. Это особенно актуально для тех применений, где требование к минимизации массы изделия является одним из ключевых (например, автомобилестроение).

Если прочностные свойства алюминиевых сплавов находятся на уровне серых чугунов и обычных углеродистых сталей, то по характеристикам износостойкости и жаропрочности сильно уступают последним. С другой стороны, получение объемного износостойкого легкого материала (например, в виде керамики) хотя и позволяет добиться повышения некоторых эксплуатационных свойств, но имеет много недостатков. Среди последних следует отметить хрупкость и, как правило, высокую стоимость. Наиболее перспективным направлением в области создания легких, надежных и долговечных деталей арматуростроения является применение жаропрочных алюминиевых сплавов нового поколения и специальных защитных покрытий.

Известно, что быстрозакаленные алюминиевые сплавы, содержащие 0,05 вес % переходных металлов (Zr, Fe, Cr), хорошо зарекомендовали себя в качестве основы перспективных жаропрочных гранулируемых сплавов в основном за счет формирования в них пересыщенных твердых растворов.

Многие служебные характеристики алюминия сплавов определяются существованием в них алюминидов переходных металлов. В исследованиях последних лет показано, что при быстрой закалке расплавов можно получать дисперсные метастабильные алюминиды, которые дают дополнительные возможности для варьирования и улучшения эксплуатационных свойств таких материалов. Таким образом, разработка новых технологий получения алюминиевых сплавов с переходными металлами открывает широкие возможности для повышения эксплуатационных

свойств данных материалов и является важной задачей современного металловедения.

Введение основных легирующих элементов в больших количествах оказывается возможным потому, что они обладают значительной растворимостью в алюминии в твердом состоянии, что вытекает из двойных диаграмм состояния.

Первая и главная функция легирующих элементов – повысить прочность алюминия (чистый алюминий имеет слишком низкую прочность –  $\sigma_b < 60$  МПа). Упрочнение достигается за счет образования твердого раствора и во многих системах – путем дисперсионного твердения. Кроме того, от содержания легирующих элементов зависят литейные свойства сплава, что в значительной мере определяет их технологичность и, как следствие этого, степень промышленного использования.

Эффект растворного упрочнения определяется рядом факторов, главным из которых является размерный. Относительная разница атомных радиусов алюминия и легирующего элемента  $((R_{A1} - R_2)/R_{A1})100$  % максимальна в случае добавки меди (10,5 %). Эта добавка обеспечивает максимальное растворное упрочнение ( $\Delta\sigma_b/1$  ат. % = 30..40 МПа). Медь, помимо растворного упрочнения, обеспечивает возможность существенного дисперсионного твердения в результате старения после закалки, поскольку ее растворимость в (Al) с понижением температуры существенно уменьшается. Поэтому у сплавов системы Al – Cu можно достигнуть гораздо большей прочности (особенно пределов упругости и текучести) в широком интервале температур. В то же время медь существенно снижает коррозионную стойкость алюминия и любых его сплавов. В этом отношении она является вредной добавкой и ее концентрацию нужно ограничивать. Медь образует с алюминием широкоинтервальную фазовую диаграмму, поэтому литейные свойства сплавов на базе системы Al – Cu очень низки.

Наиболее универсальной малой добавкой является марганец, который входит в состав большинства промышленных сплавов. Основная цель введения марганца и таких переходных металлов, как титан, цирконий, хром и ванадий, состоит в дополнительном

5	731	576	(Al) + Al <sub>20</sub> + Al <sub>3</sub> Zr
---	-----	-----	--

упрочнении сплавов. Достигается это упрочнение за счет образования твердых растворов.

Помимо упрочнения добавки переходных металлов часто улучшают технологичность сплавов за счет измельчения зерна. Особенно эффективен в этом отношении цирконий. Также добавка циркония повышает сопротивление различным видам коррозии. При этом следует обязательно отметить, что положительное действие перечисленных добавок может быть достигнуто только при строгом соблюдении технологии.

В данной работе выполнен количественный фазовый анализ состава системы Al-Cu-Mn-Zr, содержащей меди до 8 %, марганца до 3 % и до 1 % циркония, используя программу Thermo - Calc.

Учитывая, что первичные кристаллы интерметаллидов, которые в общем случае нежелательны, образуются при сравнительно небольших концентрациях переходных металлов, на первом этапе рассчитывали (с использованием базы данных TTAL5) границы ликвидуса для тройной системы Al-Cu-Mn. Из рисунка 1а следует, что с увеличением в сплаве содержания меди граница появления первичных кристаллов Mn-содержащих фаз (Al<sub>20</sub>Cu<sub>2</sub>Mn<sub>3</sub> и Al<sub>6</sub>Mn) сдвигается в сторону меньших концентраций марганца. Этот результат является первым доводом в пользу маломедистых сплавов АЛТЭК по сравнению со сплавами типа 1201, содержащими более 6 % Cu. Расчет границ солидуса также показывает, что с повышением содержания меди однофазная область (Al) сильно сужается по марганцу: от 1,4 % Mn в двойной системе до ~0,2 % Mn при 5,7 % Cu (рисунок 1б).

Таблица 1 – Состав некоторых деформируемых сплавов на основе системы Al-Cu-Mn-Zr

Марка	Cu, %	Mn, %	Zr, %	Другие
Д20 <sup>1</sup>	6,0–7,0	0,4–0,8	0,2	Ti
1201 <sup>2</sup>	5,8–6,8	0,2–0,4	0,1–0,25	Ti, V
АА 2219 <sup>3</sup>	5,8–6,8	0,2–0,4	0,1–0,25	Ti, V
АЛТЭК <sup>4</sup>	1,2–2,4	1,2–2,2	0,15–0,6	Sc, V

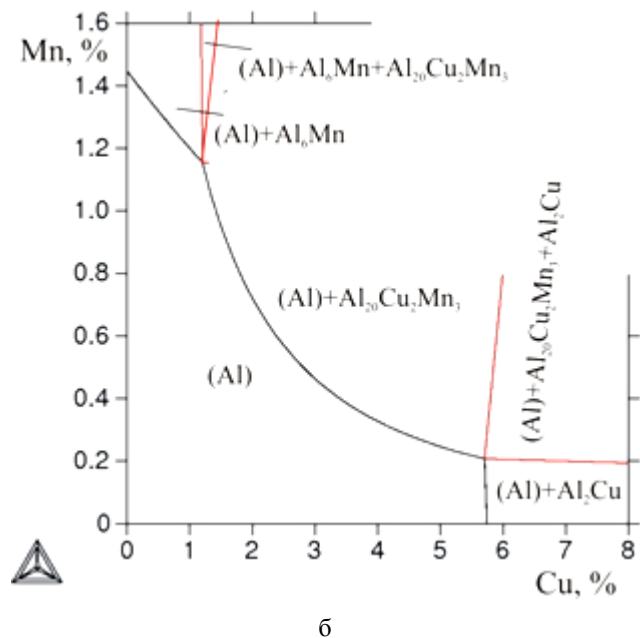
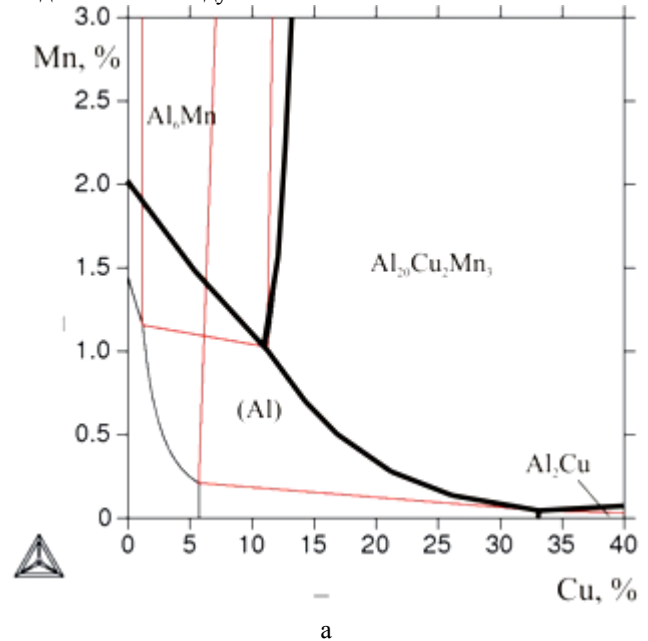
<sup>1</sup>ОСТ, <sup>2</sup>ГОСТ 4784-97, <sup>3</sup>спецификация Алюминиевой Ассоциации (США), <sup>4</sup> пат. РФ № 2252975 (публ. 27.05.2005, бюл. № 15)

Добавка циркония в двойные сплавы, как известно, приводит к образованию фазы Al<sub>3</sub>Zr [1]. Хотя в литературе нет данных по строению диаграммы Al-Cu-Mn-Zr, распределение фазовых областей в алюминиевом углу этой четверной системы в твердом состоянии можно спрогнозировать, опираясь на имеющуюся информацию. Известно, что цирконий сильно повышает температуру ликвидуса в двойных сплавах. Расчет показывает, что наличие меди и магния мало сказывается на степени этого повышения, что демонстрируют политермические разрезы, показанные на рисунке 2, а также данные, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры кристаллизации характерных сплавов системы Al-Cu-Mn-Zr

Cu, %	t <sub>L</sub> , °C	t <sub>S</sub> , °C	Фазы
2	730	628	(Al) + Al <sub>20</sub> + Al <sub>6</sub> + Al <sub>3</sub> Zr

Температуры ликвидуса (T<sub>L</sub>) и солидуса (T<sub>S</sub>) являются одними из наиболее важных характеристик любого сплава. С помощью этих температур определяют режимы термической обработки, температуры плавки и литья сплавов. Результаты расчета значений T<sub>L</sub> и T<sub>S</sub> для некоторых сплавов системы Al – Cu – Mn – Zr приведены в таблице 2. Исходя из результатов расчета, можно сделать вывод, что медь не сильно влияет на T<sub>L</sub>, но заметно снижает T<sub>S</sub>. С другой стороны, добавка уже 0,4 % Zr поднимает ликвидус выше 800 °C.



а) общий вид;  
б) солидус в области алюминиевого угла  
Рисунок 1 – Границы поверхностей ликвидуса (выделены жирными линиями) и солидуса в системе Al-Cu-Mn

Поскольку наибольший эффект от добавки циркония связан с формированием метастабильной фазы  $Al_3Zr$  с кристаллической решеткой  $L1_2$ , изотермические разрезы рассчитывали, исключив с расчета стабильную фазу ( $D0_{23}$ ). Разрез при 0,4 % Zr и 300 °C (рисунок 3) показывает именно ту последовательность изменения фазовых областей с

повышением отношения Cu: Mn, которая вытекает из рисунка 2.

Влияние температуры отражают политермические разрезы при переменном содержании марганца (рисунок 4). Из них видно, что уменьшение концентрации меди с 2 до 1 % уменьшает вероятность образования фазы  $Al_2Cu$ .

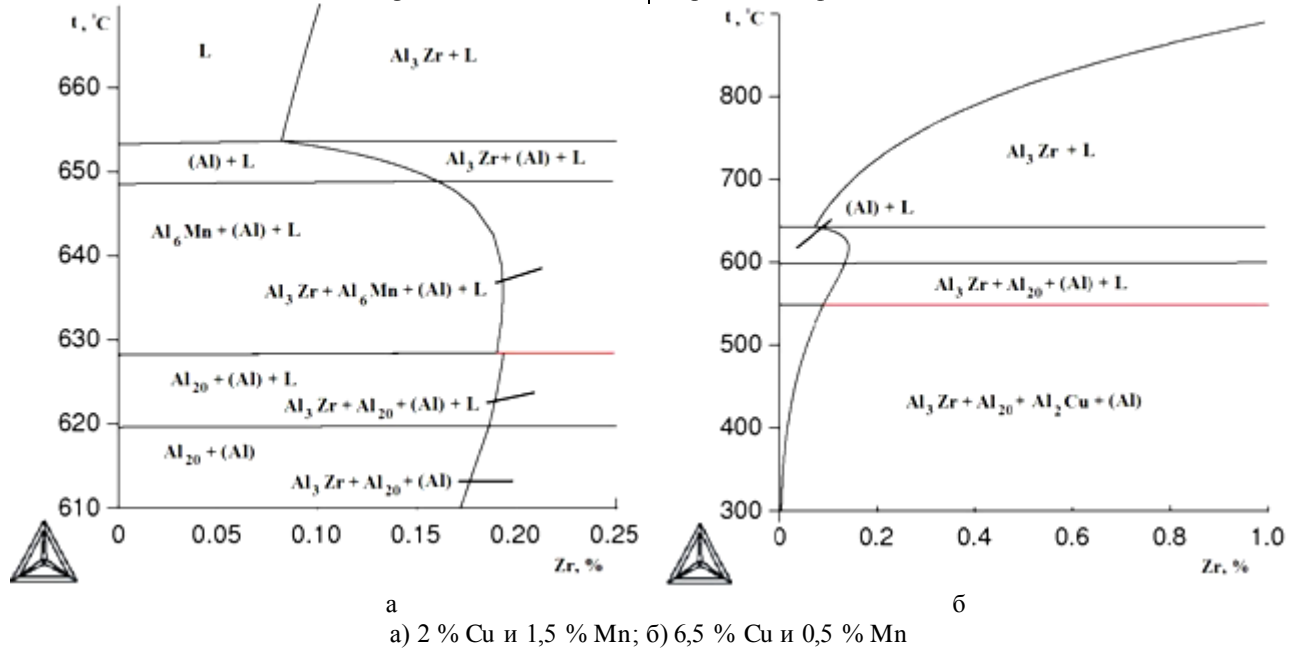


Рисунок 2 – Политермические разрезы системы Al–Cu–Mn–Zr при переменном содержании циркония

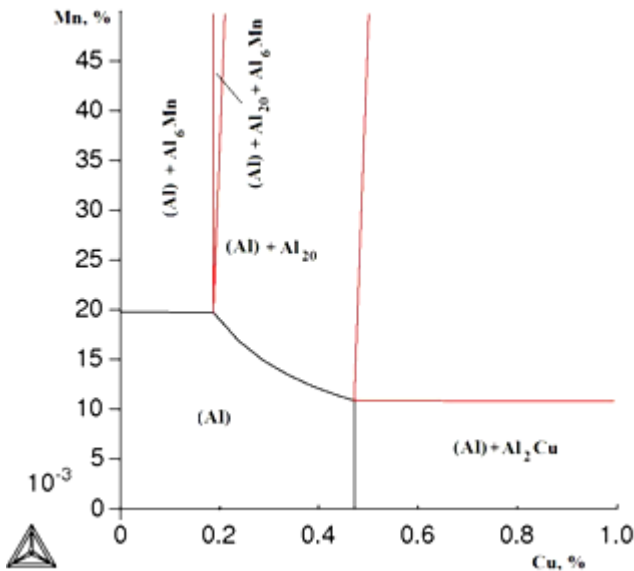
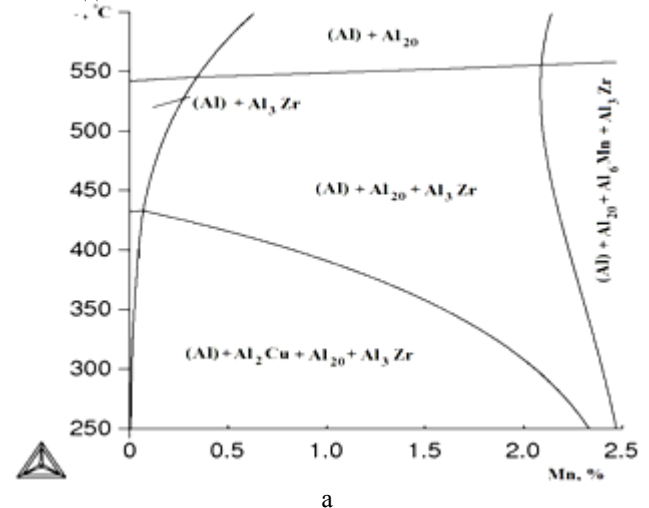


Рисунок 3 – Изотермический разрез системы Al–Cu–Mn–Zr при 0,4 % Zr и 300 °C: расчет для метастабильной фазы  $Al_3Zr$  ( $L1_2$ )

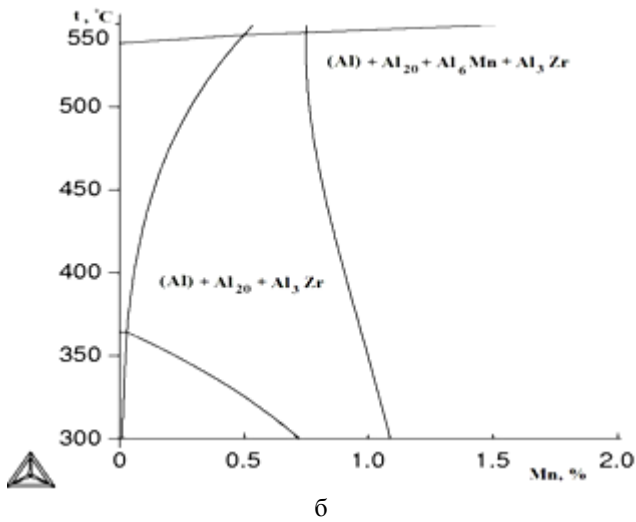
Зависимость массовой доли твердых фаз от температуры при неравновесной кристаллизации сплава Al – Cu – Mn – Zr, рассчитанная по программе Thermo-Calc, приведена на рисунке 6.

Как видно из таблицы 2 и рисунка 5, небольшая добавка меди почти не влияет на характер кристаллизации сплава. В неравновесных условиях кристаллизации растворимость марганца в алюминии

возрастает, а образование тройного соединения подавляется. Поэтому в таких сплавах вместе с (Al) сосуществуют фазы  $Al_2Cu$  и  $Al_6Mn$ . После образования первичных кристаллов (Al), происходит выделение фаз  $Al_2Cu$  и  $Al_{20}Cu_2Mn_3$  по следующей реакции:  $L \rightarrow (Al)+Al_2Cu+Al_{20}Cu_2Mn_3$  при температуре 547 °C. С дальнейшим увеличением концентрации меди существенных изменений не наблюдается.







а) 2 % Cu; б) 1 % Cu: расчет для метастабильной фазы  $Al_3Zr$  ( $L1_2$ )

Рисунок 4 – Политермические разрезы системы Al–Cu–Mn–Zr при 0,4 % Zr и переменном содержании марганца

Количественная информация по фазовому составу характерных сплавов при 350 и 540 °C приведена в таблице 3.

С использованием программы Thermo-Calc проведен количественный анализ фазовой диаграммы Al – Cu – Mn – Zr, включая расчет изотермических и политермических сечений, температур ликвидуса и солидуса, массовых и объемных долей фаз. Определены области концентраций и температур, при которых может быть достигнуто максимальное количество дисперсоидов  $Al_{20}Cu_2Mn_3$  и минимальное количество фазы  $Al_2Cu$ , что должно отвечать наилучшей жаропрочности.

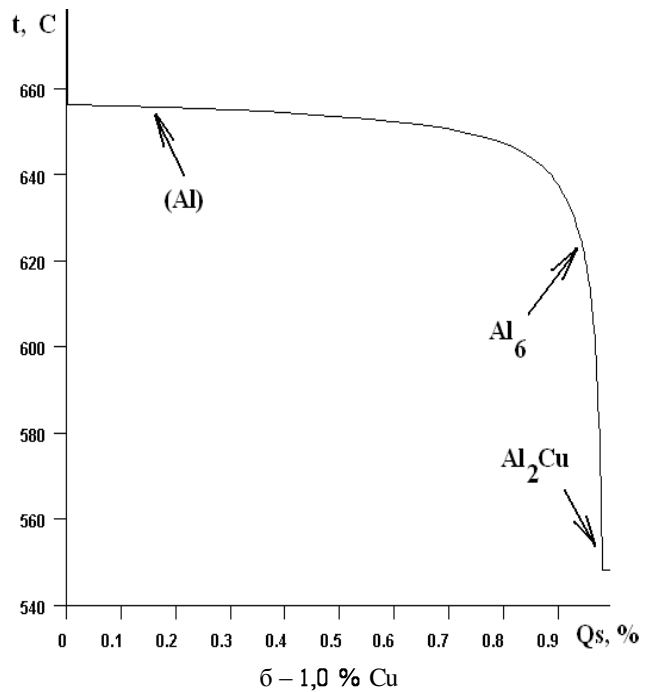
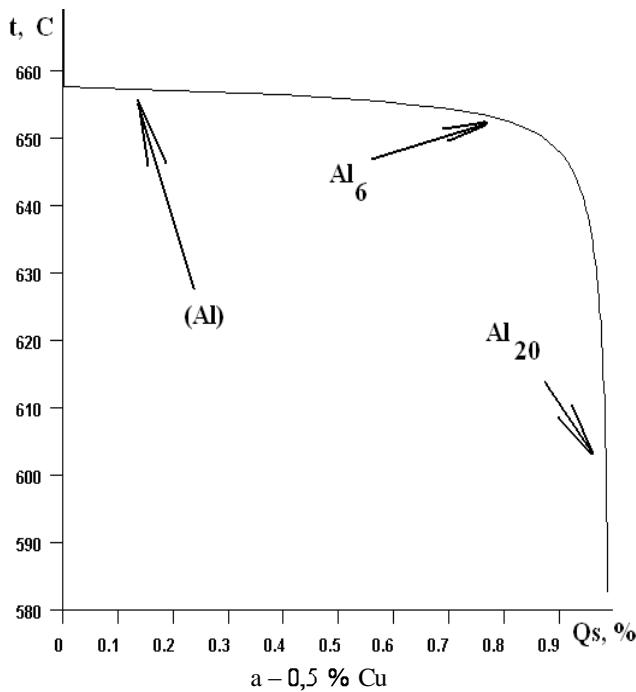


Рисунок 5 – Зависимости массовой доли твердых фаз от температуры в сплавах системы Al–Cu–Mn–Zr в процессе неравновесной кристаллизации

Таблица 3 – Фазовый состав сплава Al – Cu – Mn – Zr при 350 и 540 °C, рассчитанный по программе Thermo-Calc

Фаза	% массовый	% объемный	Содержание компонентов, %			
			Al	Cu	Mn	Zr
$t = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$						
(Al)	85,74	88,72	99,1	0,86	0,02	0,008
$Al_{20}$	11,53	8,95	64,89	15,28	19,82	0
$Al_2Cu$	2,70	2,3	46,36	53,63	0	0
$Al_3Zr$	0,04	0,02	47,01	0	0	52,98
Сплав	100	100	Осн.			
$t = 540\text{ }^{\circ}\text{C}$						

(Al)	88,11	90,81	96,78	2,85	0,26	0,09
Al <sub>20</sub>	11,85	9,16	64,89	15,28	19,82	0
Al <sub>3</sub> Zr	0,04	0,03	47,01	0	0	52,98
Сплав	100	100	Осн.			

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. М.: Metallurgia, 1979.

УДК 621.9.02 (075.8)

## **Анализ прочностных расчетов конструкций с использованием моделирующих программ. Автоматизированное проектирование фасонных резцов**

**В.Г. БОЯРСКИЙ**, ст. преподаватель кафедры ТМ,  
**О.В. ТИДА**, ст. преподаватель кафедры ТМ,  
**Т. АЛИЕВ**, студент гр. МФ-07-2,  
 Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** фасонный резец, алгоритм, твердотельное моделирование.

Использование средств компьютерной поддержки инженерных решений обеспечивает повышение качества проектирования, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования и в конечном итоге повышение экономической эффективности процесса производства изделий.

В качестве объекта проектирования рассматриваются широко используемые в машиностроительном производстве фасонные резцы. Математическое и методическое обеспечение процесса проектирования фасонных резцов апробировано в производстве.

Трудоёмкость процесса проектирования вызвана тем, что для каждой новой детали разрабатывается конкретная индивидуальная конструкция резца. Конструктор вынужден повторять трудоёмкие проектные процедуры, связанные со значительным объемом расчетов.

При разработке конструкции фасонных резцов проектировщик испытывает следующие трудности, ограничивающие достоверность результата при традиционном проектировании:

- переменная геометрия резания, создает проблемы с участками профиля резца, где углы в плане близки к нулю;

- ошибки при конструировании, изготовлении и установке инструмента приводят к погрешностям профиля детали, что должно быть учтено на этапе профилирования резца;

- возникающие в зоне резания высокие силы и температуры должны быть учтены во избежание погрешностей при обработке детали;

- требуемая высокая геометрическая точность профиля резца при шлифовании приводит к необходимости итерационного расчёта допусков на изготовление резца.

Данные проблемы при проектировании, эксплуатации и изготовлении фасонных резцов приводят к необходимости компьютерной поддержки, что во много раз повышает эффективность процесса проектирования.

Предложено автоматизированное проектирование фасонных резцов, состоящее из расчетных и графических модулей, связанных в единый проектный цикл. В качестве программного обеспечения используются графический пакет AutoCAD, расчетный пакет MathCAD.

Компьютерная поддержка предполагает следующие процедуры «Исходные данные», «Определение силы  $P_z$ », «Назначение и проверка геометрических и конструктивных параметров», «Профилирование фасонного резца». Результатом работы с пакетом является параметрический чертеж фасонного резца, выполненный в 3D систем CAD.

Алгоритм расчета круглого фасонного резца включает решение следующих основных задач [1]:

- а) назначение и расчет геометрических и конструктивных параметров,

- б) профилирование резца, т.е. определение его профиля в осевом сечении (рисунок 1).



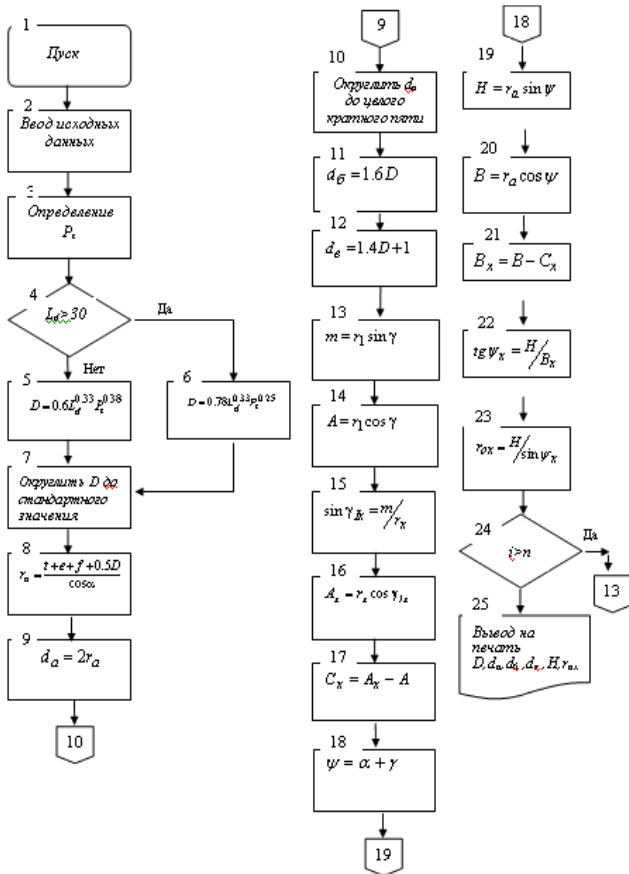


Рисунок 1 – Алгоритм расчета на ПК круглого фасонного резца

При проектировании фасонных резцов задний угол  $\alpha$  на вершине зуба выбирают в пределах 10–12°. Передний угол  $\gamma$  выбирают в зависимости от свойств материала заготовки: от 0° при обработке чугуна и бронзы до 25–30° при обработке меди и алюминия. Диаметр посадочного отверстия  $D = 0,6L^{0,33}P_z^{0,38}$  – для резцов односторонним креплением;  $D = 0,78L^{0,33}P_z^{0,25}$  – для резцов с двусторонним креплением, где  $L$  – длина деталей, мм;  $P_z$  – главная составляющая силы резания, Н;  $P_z = r_{уд} l_n$ , здесь  $r_{уд}$  – сила резания, приходящаяся на единицу длины режущей кромки резца;  $l_n$  – проекция длины режущей кромки на ось резца. Рассчитанный по формулам диаметр посадочного отверстия округляют до стандартного значения (рисунок 1).

Наружный диаметр резца

$$d_a = \frac{2(0,5D + f + e + l)}{\cos \alpha},$$

где  $f = 0,4D$  – толщина стенки резца, мм;  
 $e = 3...8$  – пространство для схода стружки, мм;  
 $t = (r_{max} - r_{min})$  – глубина профиля резца, мм;  
 $r_{max}$  и  $r_{min}$  – соответственно максимальный и минимальный радиусы детали.

Расчетное значение  $d_a$  округляют до целого, кратного пяти. Диаметр буртика с торцовыми зубьями  $d_b = (1,5...1,7)D$ . Диаметр выточки под головку оси  $d_b = 1,4D + 1$ , а ее длина  $l_b = 5...8$  мм. Длина шлифованной части отверстия  $l_1 = 0,25 (B - l_b)$ ;  $B = ($

$L_d + l_b + 6...8$ ), где  $l_n$  – ширина подрезки (рисунок 1, процедуры 1-12).

Расчет профиля фасонного резца производят по узловым точкам детали, которые находятся на стыке участков профиля с различным характером образующих. На конических участках необходимо использовать дополнительную точку, а на участках с криволинейными образующими – не менее трех дополнительных точек.

На рисунке 1 представлены процедуры (1-12) для определения конструктивных и геометрических параметров и процедуры (13-23), необходимые для определения радиуса одной из узловых точек фасонного профиля круглого резца в соответствии с алгоритмом. Для расчета радиуса одной из точек круглого фасонного резца на рисунке 2 представлены параметры, необходимые для расчета.

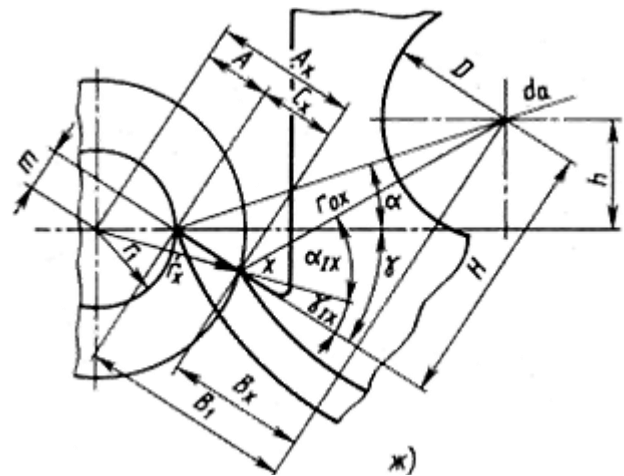


Рисунок 2 – К расчету фасонного резца на ПК

Аналогичным способом определяют радиусы других характерных точек фасонного профиля. Контролируют не радиусы характерных точек, а высотные размеры от какой-либо базы.

Для разработки САД-системы проектирования фасонных резцов произведен анализ используемых методов профилирования фасонных инструментов.

Современные 3D-системы позволяют создавать трехмерные модели самых сложных деталей и сборок. Создаваемая конструктором геометрическая модель хранится в памяти компьютера как некоторое математическое описание и отображается на экране в виде пространственного объекта [2].

Необходимо отметить, что при 3D-проектировании резко уменьшается число ошибок в проекте. Можно наглядно видеть результат своей работы уже в процессе проектирования (рисунок 3).

Основным преимуществом трехмерного моделирования является возможность редактирования 3D-моделей с целью улучшения конструкции модели, либо получения иных видов фасонных резцов, используя расчетные данные, полученные в системе MathCad. Дерево построения (рисунок 4) фасонного резца содержит всю последовательность элементов

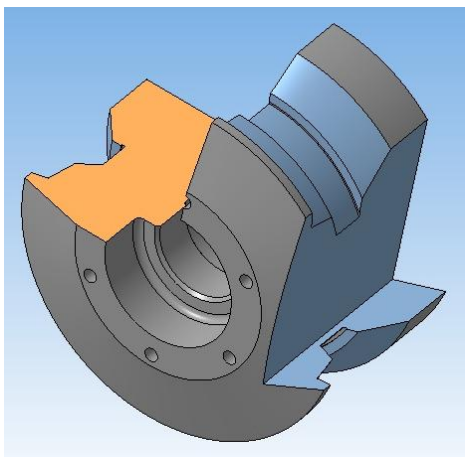


Рисунок 3 – 3D-модель фасонного резца (изометрия, димметрия)

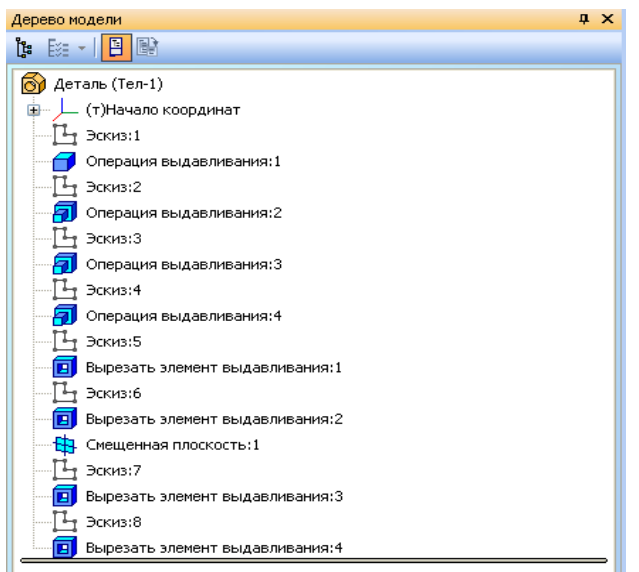


Рисунок 4 – Дерево построения фасонного резца (эскизы, операции, объекты вспомогательной геометрии), составляющих резец, которые возможно изменить в любой момент [3].

Использование универсального математического пакета при выполнении инженерных задач позволяет существенно повысить эффективность трудоемких работ по определению параметров и оформлению документации алгоритмизированными процедурами. При осуществлении анализа полученных расчетных данных и использовании их в процессе проектирования резцов предоставляется возможность оперировать конструктивными данными, т.е. проводить многовариантные расчеты, с целью получения выверенных параметров. Также возможно проведение задачи оптимизации.

Весь процесс проектирования сводится к построению точных программно-выверенных пространственных твердотельных моделей, предоставляющих широкие возможности для анализа, синтеза и оптимизации вариантов конструкции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлорежущие инструменты: учебник / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой и др. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.
2. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, Л.В. Рыбаков. М.: Наука, 2003. 292 с.
3. AutoCAD: трехмерное моделирование и дизайн. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 288 с.

УДК 624.075.22+624.042.8

## Моделирование колебательных процессов в холоднокатаной полосе дрессировочного стана при чистовой прокатке

**В.И. ИЛЬКУН**, к.т.н., доцент,  
 Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** дрессировочный стан, клеть, частота вынужденных колебаний, приводная линия.

Ранее в работе [1] была описана методика моделирования процесса свободных колебаний в фундаменте одноклетьевого дрессировочного стана 1700 (далее ОДС-1700) с одношпиндельным приводом. Сплошной обший железобетонный фундамент ОДС-1700 служит источником паразитных

колебаний, передаваемых от одного технологического агрегата к другому (например, от разматывателя к клети и т.д.). Следует также отметить, что из-за изменяющихся моментов инерции масс рулонов на барабанах разматывателя и моталки спектр генерируемых этими агрегатами вынужденных колебаний непрерывно изменяется в процессе дрессировки одного рулона полосы. Все вышеизложенное существенно усложняет процесс исследования вынужденных колебаний при работе ОДС-1700.

В настоящей работе предложена методика моделирования процесса вынужденных колебаний в холоднокатаной полосе при дрессировке на ОДС-1700.

Для исследования колебательных процессов и определения частот вынужденных колебаний полос их рассматривали отдельно (рисунок 1,а):

а) колебательные процессы на участке «разматыватель-клеть» (рисунок 1,б);

б) колебательные процессы на участке «клеть-моталка» (рисунок 1,в).

В обоих случаях колебания полосы описывались уравнениями, моделирующими колебания струны [1] (ось ординат ОУ на рисунке 1 совпадает с вертикальной осью симметрии рабочей клети).

Уравнение малых колебаний полосы по аналогии с [1] (рисунки 1, 2).

$$\frac{d^2 \delta}{dz^2} = a^2 \frac{d^2 \delta}{dz^2}, \quad (1)$$

где  $a^2 = T_0/m_0$  (здесь  $T_0$  – натяжение полосы в общем случае, кг);

$m_0$  – масса единицы длины полосы,  $\frac{\hat{e}\tilde{a} \cdot \tilde{n}^2}{i} \cdot \frac{1}{i}$  (в

технических единицах массы);

$y(z,t)$  – вертикальное смещение произвольной точки полосы на расстоянии  $z$  от начала координат (рисунок 1,б,в).

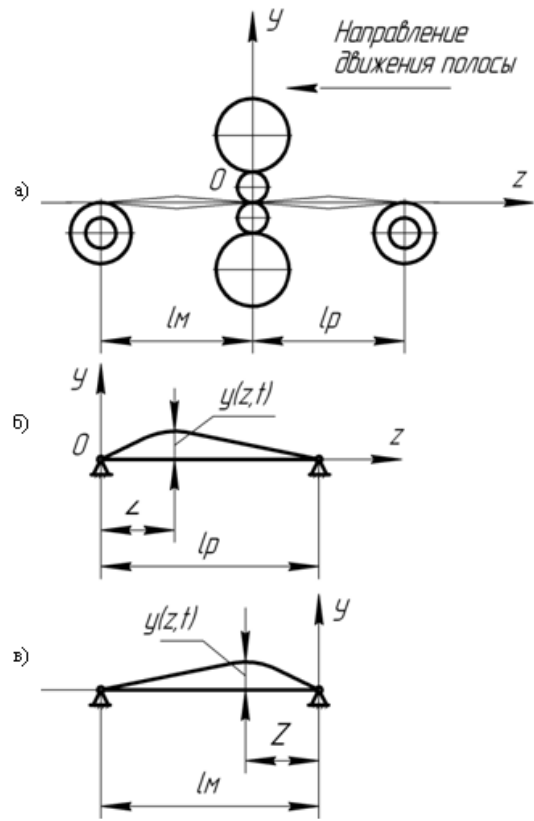
Скорость распределения продольных смещений (волн) в полосе

$$\dot{a} = \sqrt{\frac{\hat{D}_0}{m_0}}.$$

Решение уравнения (1) находим в виде [1]

$$y = Y(z,t)T(t).$$

Функция  $y(z,t)$  должна удовлетворять крайевым условиям для разматывателя ( $z=0; y=0; z=l_p; y=0$ ) и моталки ( $z=0; y=0; z=l_m; y=0$ ) [1] (рисунок 1), так как концевые участки полосы на разматывателе, клети и моталке приняты жестко закрепленными (т.е.  $y=0$ ) при  $z=0, z=l_p, z=l_m$ . Принимаем также, что длина полосы на участках «разматыватель-клеть» и «клеть-моталка» при изменении диаметра рулона в процессе дрессировки не меняется. Поэтому с учетом крайевых условий выражение (1) примет вид [1]



а) – расчетная схема ОДС-1700; б) – схема колебательных процессов в полосе на участке «разматыватель-клеть»; в) – схема колебательных процессов в полосе на участке «клеть-моталка»

Рисунок 1 – К расчету вынужденных колебаний полосы при дрессировке на ОДС-1700

$$\frac{d^2 \delta_1}{dz^2} + \frac{D}{a^2} \delta_1 = 0. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) имеет вид [1]

$$\delta_1 = \tilde{N}_1 \cos \frac{P}{a} z + C_2 \frac{P}{a} z.$$

Следует, что  $C_1=0; C_2 \sin \frac{\lambda}{a} l = 0,$

$\sin \frac{D}{a} l = 0,$  откуда  $\frac{D}{a} l = \pi n (n=1, 2, \dots).$

Далее определяем возможные значения частот вынужденных колебаний полосы  $P_{np}$  на участке «разматыватель-клеть» (рисунок 1,б)

$$D_{i\delta} = \frac{\pi n_\delta}{l_p} a_p = \frac{\pi n_p}{l_p} \sqrt{\frac{T_p}{m_{0\delta}}},$$

здесь  $n_p$  – номер гармоники частоты вынужденных колебаний ( $n_p=1, 2, \dots$ );

$T_p$  – натяжение полосы, кг, на участке «разматыватель-клеть» (рисунок 1,б);

$m_{0p}$  – масса полосы от барабана разматывателя до очага деформации (в клети).

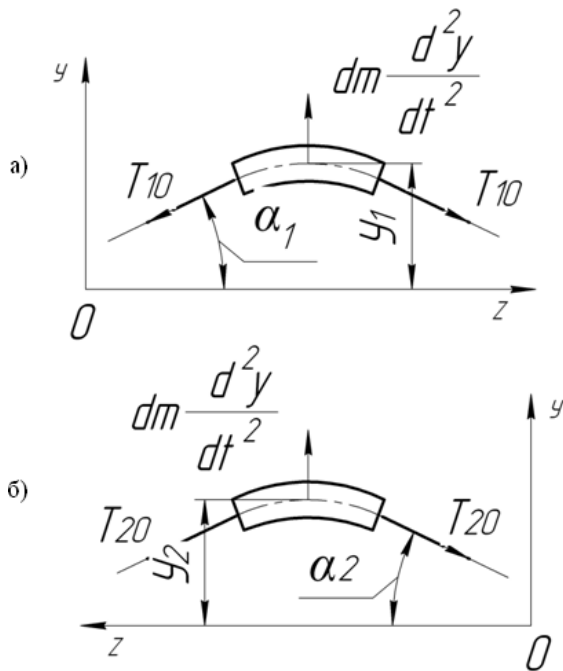
Аналогично для участка «клеть-моталка» (рисунок 1,в) получаем

$$D_{ii} = \frac{\pi n_i}{l_i} a_i = \frac{\pi n_i}{l_i} \sqrt{\frac{T_i}{m_{0i}}},$$

здесь  $n_m$  – номер гармоники частоты вынужденных колебаний ( $n_m=1,2,\dots$ );  
 $T_m$  – натяжение полосы на участке «клеть–моталка», кг;  
 $m_{0m}$  – масса полосы от очага деформации (в клетю) до моталки.

При моделировании вынужденных колебаний полосы в процессе дрессировки на ОДС-1700 использовали аналогию с движущейся верхней лентой конвейера, что не противоречит уравнению (1). Для решения этой задачи применили переменные Эйлера [1]. Переходя от полных производных по времени к локальным, имеем

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= \frac{\dot{y}}{\dot{t}} + \frac{\dot{y}}{\dot{z}} \cdot \frac{\dot{\alpha}}{\dot{t}} = \frac{\dot{y}}{\dot{t}} + \frac{\dot{y}}{\dot{z}} \cdot v \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{\ddot{y}}{\dot{t}^2} + 2v \frac{\ddot{y}}{\dot{z} \cdot \dot{t}} + v^2 \frac{\ddot{y}}{\dot{z}^2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$



а) – «разматыватель–клеть»; б) – «клеть–моталка»  
 Рисунок 2 – К выводу уравнения колебаний тонкой упругой полосы (ленты) для участков

В результате преобразования системы (3) с учетом рисунка 2 получим уравнение вынужденных колебаний полосы (ленты) в общем виде

$$\frac{\ddot{\alpha}^2 \delta}{\dot{t}^2} + 2v \frac{\ddot{\alpha}^2 \delta}{\dot{z} \cdot \dot{t}} - \left( \frac{\dot{\alpha}}{m_0} - v \right) \frac{d^2y}{dz^2} = 0. \quad (4)$$

Решение уравнения (4) представим в виде

$$y = y_1(z)e^{ipt}. \quad (5)$$

После подстановки (5) в (4) получим уравнение колебаний полосы относительно функции  $y_1(z)$

$$\frac{\ddot{\alpha}^2 \delta}{\dot{z}^2} - \frac{2vpi}{\left( \frac{T_{10}}{m_0} - v^2 \right)} \cdot \frac{\ddot{\alpha} \delta_1}{\dot{z}^2} + \frac{p^2}{\left( \frac{T_{10}}{m_0} - v^2 \right)} y_1 = 0. \quad (6)$$

Функция  $y_1$  должна удовлетворять крайним условиям  $z_1=0$ ;  $y_1=0$ ;  $z_1=l_p$ ;  $y_1=0$  (для участка

«разматыватель–клеть», рисунок 2, а)  $z_2=0$ ;  $y_2=0$ ;  $z_2=l_m$ ;  $y_2=0$  (для участка «клеть–моталка», рисунок 2 б).

Характеристическое уравнение для выражения (6), принимая  $y_1=Ay^{\lambda z}$ , имеет вид

$$\lambda^2 - a_1 i \lambda + a_2 = 0, \quad (7)$$

где  $a_1 = \frac{2vp}{\left( \frac{T_{10}}{m_0} - v^2 \right)}$ ;  $a_2 = \frac{p^2}{\left( \frac{T_{10}}{m_0} - v^2 \right)}$ .

Корни уравнения (7)

$$\lambda_{1,2} = \frac{i a_1 \pm \sqrt{a_1^2 + 4a_2}}{2}.$$

Решение уравнения (6) можно представить в виде

$$\delta_1 = \tilde{N}_1 \delta^{\lambda_1 z} + \tilde{N}_2 \delta^{\lambda_2 z}. \quad (8)$$

Решение (8) должно удовлетворять однородным крайним условиям, что позволяет получить следующее ограничение [1]:

$$\delta^{\frac{1}{\lambda_1} l} - \delta^{\frac{1}{\lambda_2} l} = 0$$

или

$$\delta^{\lambda_2 - \lambda_1} l = 1. \quad (9)$$

Условие (9) выполняется при

$$\lambda_2 - \lambda_1 l = 2\pi n i$$

или  $\sqrt{a_1^2 + 4a_2} l = 2\pi n$ ,

откуда после преобразований получаем значения частот вынужденных колебаний полосы в общем виде

$$\delta_n = \frac{\pi n}{l} \sqrt{\frac{T_{10}}{m_0} \left( 1 - \frac{m_0 v^2}{T_{10}} \right)}, \quad (10)$$

где  $n=1,2,3 \dots$ ;

$v$  – линейная скорость движения полосы, м/с;

$T_{10}$  может принимать значение  $T_p$  (на разматывателе) или  $T_m$  (на моталке).

Частоты вынужденных колебаний влияют на натяжение полосы при изменении диаметров смотанной и намотанной частей рулона. Это приводит к изменению величины заднего и переднего натяжений, и, следовательно, частот вынужденных колебаний полосы при размотке и смотке, что может способствовать возникновению резонансных явлений в полосе с одной стороны или по обе стороны клетки.

Результаты расчетов частот вынужденных колебаний полосы на участках «разматыватель–клеть» и «клеть–моталка» (рисунок 1), зависимостей  $p_p = f_1(\delta \cdot s)$   $p_m = f_2(\delta \cdot s)$  показаны на рисунке 3.

При расчетах шаг изменения ширины полосы  $\delta$  составил  $\Delta\delta=100$  мм в диапазоне 1500-700 мм, шаг изменения толщины полосы  $\Delta S=0,4$  мм в диапазоне 2,0-0,4 мм. Кривые 1 и 6 построены для полос  $\delta=1500$  мм; кривые 2 и 7 для полос  $\delta=1300$  мм, кривые 3 и 8 для полос  $\delta=1100$  мм, кривые 4 и 9 для полос  $\delta=900$  мм, кривые 5 и 10 для полос  $\delta=700$  мм.

Анализ полученных результатов расчета  $p_p = f_1(\delta \cdot s)$  и  $p_m = f_2(\delta \cdot s)$  позволил установить, что:

а) для полос 1500x1,6 мм основная частота вынужденных колебаний и 2-5-я гармоники совпадают по величинам с аналогичными частотами вынужденных колебаний для полос 1200x2 мм;

б) для полос 1500x1,2 мм основная частота вынужденных колебаний и 2-я, 5-я гармоники совпадают по величинам с аналогичными частотами для полос 900x2 мм;

в) для полос 1000x1,6 мм основная частота вынужденных колебаний и 2-я, 5-я гармоники совпадают по величине с аналогичными частотами для полос 800x2 мм.

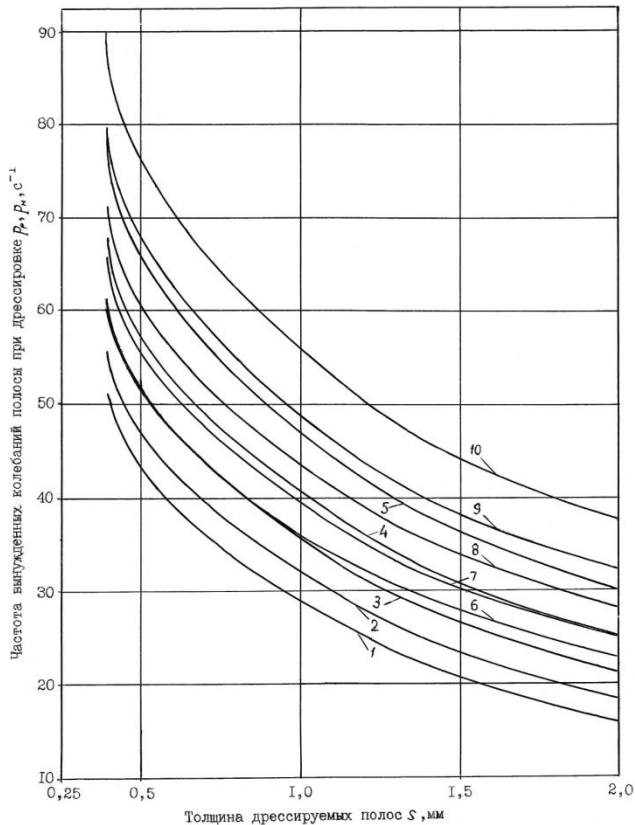


Рисунок 3 – Изменение основных частот вынужденных колебаний полосы при дроссировке  $p_m = f_m(\sigma \cdot s)$ ,  $p_p = f_p(\sigma \cdot s)$  на ОДС-1700 участков «клеть-моталка» (кривые 1-5) и «разматыватель-клеть» (кривые 6-10)

Установлено также, что полученная для полосы 1500x2 мм на участке «разматыватель-клеть» частота вынужденных колебаний  $P=15,941c^{-1}$ . Это близко к верхнему значению частоты вынужденных колебаний передаваемого крутящего момента в передаче через муфту МЗП привода ОДС-1700 с одним нижним приводным рабочим валком, составляющей  $13c^{-1}$  [2], а также частоте вращения внутренних колец подшипников качения рабочего вала ОДС-1700 ( $f_b=13,26c^{-1}$ ) [3] и первой гармоники вынужденных колебаний фундаментной плиты ОДС-1700 ( $\omega'_{фн}=14,872c^{-1}$ ) [4].

Полученные результаты свидетельствуют о взаимосвязи колебательных процессов, происходящих в тракте прокатки-дроссировки, главном приводе и фундаменте ОДС-1700. Это позволяет использовать полученную методику при разработке систем виброзащиты агрегатов ОДС-1700 и для исследования колебательных процессов в двухклетевых дроссировочных станах.

Наши рекомендации по снижению виброактивности агрегата ОДС-1700 приведены в [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Светлицкий В.А., Нарайкин О.С. Упругие элементы машин. М.: Машиностроение, 1989. 264 с.
2. Илькун В.И., Кузнецов Ю.М., Кузьминов А.А. // Сталь. 1985. № 1. С. 51-52.
3. Илькун В.И., Куликов В.И., Карабакин А.А. // Там же. 1996. № 11. С. 42-46.
4. Илькун В.И. Моделирование свободных колебаний фундаментной плиты и упругого основания фундамента ОДС-1700. Технология производства металлов и вторичных материалов // Республиканский научный журнал / Гл. ред. А.Б. Найзабеков. Караганда: Изд-во КарГИУ, 2007. № 1. С. 147-152.

УДК 621:65(574)

## Анализ видов, последствий и причин потенциальных дефектов

У.М. САМЕКИНА, студентка гр. СТ-07-2,

О.М. ЖАРКЕВИЧ, к.т.н., доцент,

О.А. НУРЖАНОВА, преподаватель,

Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** FMEA-анализ, потенциальные дефекты, система менеджмента качества, жизненный цикл продукции, элеватор, экспертная оценка.

Одной из основных задач системы менеджмента качества является обеспечение выявления потенциальных несоответствий (дефектов) и предотвращение их появления на всех стадиях

жизненного цикла продукции. Важнейшим методом решения этой задачи является анализ видов и последствий потенциальных дефектов (FMEA)<sup>1</sup>. В настоящее время не менее 80 % разработок технических изделий и технологий проводится с применением анализа видов и последствий потенциальных дефектов (FMEA-методологии).

Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий широко применяется многими мировыми компаниями как для разработки новых конструкций и технологий, так и для анализа и планирования качества производственных процессов и продукции. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов (FMEA) представляет собой систематизированный комплекс действий, проводимых для того, чтобы:

- выявить несоответствия продукции и процессов, а также последствия возникновения этих несоответствий и дать им количественную оценку;
- создать ранжированный список видов и причин несоответствий для планирования корректирующих и предупреждающих действий;
- определить корректирующие и предупреждающие действия, которые могли бы устранить или снизить вероятность возникновения несоответствий;
- документировать данные по результатам анализа для накопления в базе знаний.

Применение этого метода основано на следующих принципах:

а) командная работа. FMEA проводится силами специально подобранной многофункциональной команды экспертов. Эффективность анализа напрямую зависит от профессионального уровня, практического опыта и согласованности действий специалистов;

б) иерархичность. Для сложных изделий, процессов и процессов изготовления сложных технических объектов анализу подвергается как изделие/процесс в целом, так и его составляющие (детали/операции);

в) итеративность. Анализ проводится неоднократно; он возобновляется при выявлении новых факторов и при любых изменениях, влекущих за собой изменение последствий и их рисков;

г) регистрация данных. Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий и его результаты должны быть документально оформлены.

На рисунке 1 представлена схема работы FMEA-команды ТОО КМЗ им. А. Пархоменко. Объектом изучения является элеватор ковшовый ленточный Л160 (далее элеватор Л160).

#### 1 этап. Образование FMEA-команды

Базовый состав команды специалистов состоит из шести человек:

- руководитель рабочей группы;

- инженер-технолог, ответственный за разработку технологического процесса;

- инженер-технолог, ответственный за разработку аналогичного технологического процесса;

- инженер-конструктор;

- представитель отдела работы с потребителем;

- представитель производства/службы контроля.

В своей работе FMEA-команда применяет метод мозгового штурма; рекомендуемое время работы – от 3 до 6 часов в день.

Полный состав участников FMEA-команды для работы с данным техническим объектом неизменный, однако в отдельные дни в работе FMEA-команды может принимать участие неполный ее состав, что определяется целесообразностью присутствия тех или иных специалистов при рассмотрении текущего вопроса.

<sup>1</sup> FMEA (Potential Failure Mode and Effects Analysis) – анализ видов и последствий потенциальных отказов – это метод, изложенный в руководстве с аналогичным названием к стандарту QS-9000 «Требования к системам качества»

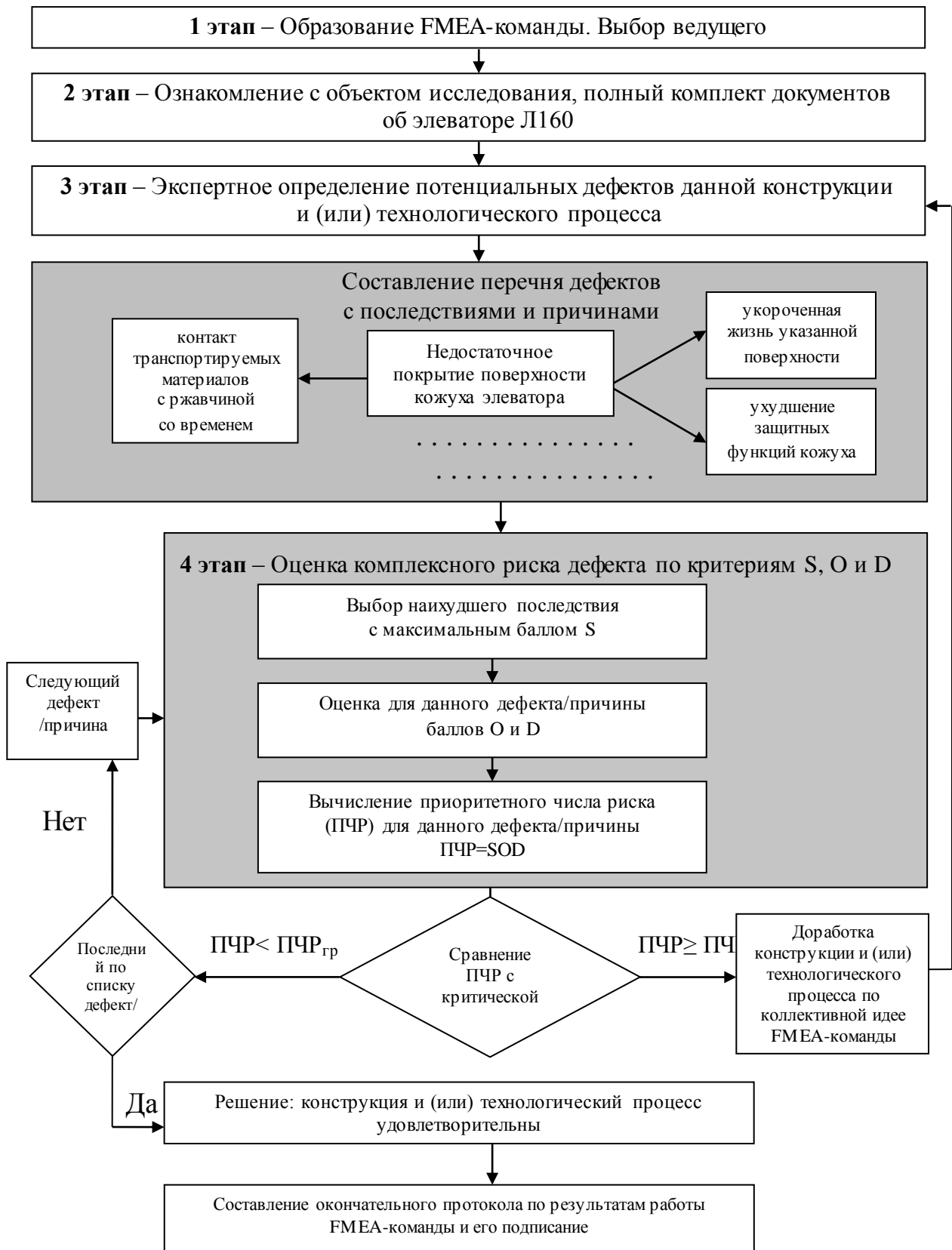


Рисунок 1 – Схема работы FMEA-команды

При необходимости в состав FMEA-команд привлекаются также специалисты с практическим опытом в других областях деятельности.

**2 этап.** Ознакомление с объектом исследования

Элеватор Л160 используют для перемещения сыпучих материалов в вертикальном направлении. Они представляют собой бесконечную ленту с закрепленными на ней ковшами (рисунок 2).

Эlevator состоит из следующих элементов: головки с закрепленным на ней приводом, башмака с устройством натяжения ленты, монтажной трубы со смотровым люком и гладких труб. Принцип работы элеватора заключается в том, что поступающий через приемный носок в башмак продукт загружается в ковши, затем поднимается к головке, где под действием центробежных сил разгружается в выпускной патрубок.



Рисунок 2 – Внешний вид элеватора Л160

**3 этап.** Определение видов потенциальных дефектов, их последствий и причин  
Для элеватора Л160 определяют (пользуясь имею-

щейся информацией и предшествующим опытом) все возможные виды дефектов. Описание каждого вида дефекта заносят в протокол анализа видов, причин и последствий потенциальных дефектов (таблица 2).

**4 этап.** Оценка комплексного риска дефекта по критериям S, O и D

Для каждого последствия дефекта экспертно определяют балл значимости S при помощи таблицы баллов значимости.

Для каждой потенциальной причины дефекта экспертно определяют балл возникновения O. При этом рассматривается предполагаемый процесс изготовления и экспертно оценивается частота данной причины, приводящей к рассматриваемому дефекту.

Для данного дефекта и каждой отдельной причины определяют балл обнаружения D для данного дефекта или его причины в ходе предполагаемого процесса изготовления.

После получения экспертных оценок S, O, D вычисляют приоритетное число риска ПЧР по формуле:

$$\text{ПЧР} = S \cdot O \cdot D. \quad (1)$$

Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница (ПЧР<sub>гр</sub>) в пределах от 100 до 125. По усмотрению службы маркетинга и других служб предприятия для некоторых возможных дефектов значение ПЧР<sub>гр</sub> может быть установлено менее 100. Снижение ПЧР<sub>гр</sub> соответствует созданию более высококачественных и надежных объектов и процессов.

Цель применения метода – изучение причин и механизмов возникновения несоответствий и предотвращение несоответствий, а следовательно – повышение качества продукции.

ФМЕА-команда работает над совершенствованием конструкции кожуха элеватора Л160.

Первоначально предложенная технология предполагает ручное наложение покрытия на поверхность кожуха.

Таблица 1 – Основные параметры элеватора ЦГ 200М

Наименование показателя	Значение показателя
<b>1 Показатели назначения</b>	
1.1 Классификационные показатели:	
- ширина ковша, мм	160
- высота транспортирования, м	6,3-40
1.2 Показатели функциональные:	
- производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч)	22 (44)
- установленная мощность, кВт, не менее	7,5
- скорость ходовой части, м/с	2
- удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т·м	8,4 · 10 <sup>-3</sup>
1.3 Показатели удельной материалоемкости:	
- удельная масса $\frac{\rho}{l \cdot j^3 \cdot x^{-1}}$	7,5 · 10 <sup>3</sup>
- удельная масса металла в изделии $\frac{\rho}{l \cdot j^3 \cdot x^{-1}}$	7,5 · 10 <sup>3</sup>
<b>2 Показатели надежности</b>	
2.1 Показатели безотказности:	
- средняя наработка на отказ, ч, не менее	700
2.2 Показатели ремонтпригодности:	
- объединенная удельная оперативная трудоёмкость тех. обслуживаний и ремонтов, чел.ч/ч, не более	0,09



2.3 Показатели долговечности: - средний ресурс до капитального ремонта, ч, не менее - полный срок службы (до списания), лет, не менее	24 000 12
---	--------------

В результате рассмотрения альтернативных технологических решений было предложено:  
- добавить стопор глубины к распылителю;  
- автоматизировать распыление;  
- установить таймер распыления.  
Новые значения баллов приведены в таблице 3.

**Вывод:** улучшение защитных функций кожуха, равномерное покрытие поверхности.  
Стоимость процесса покрытия кожуха стала дороже, но риск возникновения дефекта значительно уменьшился.

Таблица 2

Потенциальное несоответствие	Последствие потенциального несоответствия	Знач S	Потенциальная причина или механизм несоответствия	Возн O	Действующие меры по предотвращению	Действующие меры по обнаружению	Обн D	ПЧР <sub>ГР</sub>
Недостаточное покрытие по указанной поверхности	Укороченная жизнь указанной поверхности, ведущая к контакту транспортируемых материалов с ржавчиной, со временем ухудшению защитных функций кожуха	7	Головка распылителя не вводится вручную достаточно глубоко	8		Визуальная проверка покрытия	5	<b>280</b>
		7	Головка распылителя забивается из-за чрезмерной вязкости, сниженной температуры, сниженного давления	5	Картина распыления в начале и после периода простоя и программа преду пр. обслуж. для очистки головок	то же	5	<b>175</b>
		7	Головка распылителя деформирована	2	Предупредительное обслуживание для поддержания головок	то же	5	<b>70</b>
		7	Время распыления недостаточно	8		Инструкция оператору	7	<b>392</b>

Таблица 3

Потенциальное несоответствие	Последствие потенциального несоответствия	Рекомендуемое действие	Ответственный и намеченная дата	Результаты действий				
				Предпринятые действия	Новые баллы			
					S	O	D	ПЧР
Недостаточное покрытие по указанной поверхности	Укороченная жизнь указанной поверхности, ведущая к контакту транспортируемых материалов с ржавчиной, со временем ухудшению защитных функций кожуха	1 Добавить стопор глубины к распылителю 2 Автоматизировать распыление	Технологическая служба	1 Проверка снабженного стопором распылителя в работе 2 Отклонено из-за сложности доступа в отдельных частях	7	2	5	<b>70</b>
		Применить планирование эксперимента по температуре, вязкости и давлению	Технологическая служба	Определены пределы температуры и давления	7	1	5	<b>35</b>
		Ничего						
		Установить таймер распыления	Обслуживание	Автоматический таймер заканчивающий распыление	7	1	7	<b>49</b>

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 QS-9000 Требования к системам качества / Крайслер Корп., Форд Мотор Компани, Дженерал Моторс Корп. 3-е изд. Мар. 1998.
- 2 FMEA «Анализ видов и последствий потенциальных отказов» / Крайслер Корп., Форд Мотор Компани, Дженерал Моторс Корп. 2-е изд. Фев. 1995.

УДК 621.791.357

## Пути развития электроконтактной обработки в машиностроении

**В.Ф. ШВОЕВ**, к.т.н., доцент кафедры ТМ,  
**М.Р. СИХИМБАЕВ**, д.э.н., доцент кафедры ТМ,  
**В.Г. БОЯРСКИЙ**, ст. преподаватель кафедры ТМ,  
 Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** электроконтактная обработка, специальные методы обработки, труднообрабатываемые материалы, износ электрода-инструмента.

В настоящее время в Республике Казахстан началось возрождение машиностроительного комплекса, что нашло отражение как в программах Правительства, так и в послании Президента РК. Действительно, ориентирование только на нефтегазовый комплекс может привести к тому, что выработав существующие месторождения, продав природные ресурсы и продукты второго, третьего передела металлургического комплекса, Республика Казахстан может стать страной полностью зависимой от импорта.

Для того чтобы возродить и создать новые машины и оборудование для всех отраслей экономики, необходимо техническое перевооружение и реконструкция машиностроительного производства. Следует подчеркнуть, что в мире за последние два десятилетия существенно изменился состав используемых материалов и сплавов, которые находят все большее применение.

Как правило, часть этих материалов не поддается обычному резанию и требует специальных методов обработки, таких как: электрохимические, химико-механические, анодно-механические, электроэрозионные, электроискровые, ультразвуковые и др. Это связано с тем, что резание труднообрабатываемых материалов затруднено по ряду причин, главными из которых являются [1]:

- а) высокая удельная прочность;
- б) теплоустойчивость;
- в) коррозионная стойкость на воздухе, в морской воде, в кислотах органических и неорганических, щелочах;
- г) низкая теплопроводность;
- д) возрастание твердости и падение пластических свойств при резании, что связано с рекристаллизацией и изменением микроструктуры.

С целью понижения трудоемкости и повышения производительности все чаще применяют методы электротехнологии. Наиболее производительным из этих методов является электроконтактная обработка,

которая является разновидностью электроэрозионной обработки, отличающейся от нее тем, что импульсы энергии генерируются в результате перемещения электродов и прерывания разряда путем прокачки жидкости.

Электроконтактная обработка осуществляется при постоянном и переменном токе в воздухе или жидкой среде. Основными достоинствами метода являются: простота, большая производительность, возможность обрабатывать токопроводящие материалы любой прочности и твердости. Недостатки: большой износ инструмента, большие подводимые мощности, неудовлетворительная точность и качество поверхности.

В результате этих недостатков развитие метода электроконтактной обработки в Республике Казахстан задерживается. К сожалению, несмотря на достаточное качество работ, посвященных электроконтактной обработке (более 300 работ), физика процесса до сих пор изучена недостаточно. Это привело к тому, что изученные ранее вопросы: износ инструмента, точность процесса, качество поверхности, производительность, удельный расход энергии, температурные зависимости – не позволяют дать рекомендации по обработке для различных материалов. Все работы, посвященные процессу электроконтактной обработки (ЭКО), можно разделить на следующие группы:

- а) работы по практическому опыту обработки различных материалов;
- б) работы по повышению производительности;
- в) работы по сравнению различных процессов ЭКО;
- г) работы по созданию различных конструкций электродов-инструментов из различных материалов;
- д) работы по анализу качества поверхности после ЭКО;
- е) работы по физике процесса;
- ж) работы по общему состоянию вопросов ЭКО.

Анализ работ по физическим особенностям процесса электроконтактной обработки показал, что механизм инициации низковольтного пробоя при ЭКО изучен недостаточно. При ЭКО межэлектродные зазоры (инструмент-заготовка) составляют микрометры и доли микрометров, поэтому при критерии Пашина –  $3 \cdot 10^{-6}$  ртутного столба зажигание заряда не подчиняется закону подобия. Для описания процесса ионизации нельзя использовать и механизм ударной ионизации Таунсенда, который действует при напряженности электрического поля  $> 5 \cdot 10^7 \div 10^8$  В/см. Эти работы лишь показали, что начальный пробой происходит из-за наличия в межэлектродном пространстве «случайных» частиц, а затем процесс поддерживается за счет продуктов распада: сажи и металлических частиц. Однако и это не совсем верно.

Проведенные исследования в КарГТУ на кафедре «Технология машиностроения» показали, что металлические частицы имеют однородную структуру и практически представляют собой чистый металл, кроме этого, частота возникновения разрядов составила 3,0-5,0 кГц. Сами частицы, иначе продукты эрозии, имели форму полых шаров с отверстиями, что трудно объяснить физически. Можно предположить, что при расплавлении удаляемого материала происходит его вынос в окружающую среду (жидкость) и быстрое охлаждение, материал стремится занять оптимальную форму (наименьшую площадь), а именно форму шара и высокое давление газов приводит к взрыву внутри шара и в результате образуется отверстие.

Если это действительно происходит, то возможное объяснение находится в следующих вопросах: почему образуется такой микрорельеф обработанной поверхности, а не гладкий, почему зона термического влияния (ЗТВ) так распределена, и почему она так зависит от напряжения и от применяемой охлаждающей жидкости?

Кроме этого, хотелось бы обратить внимание на то, что образующие продукты эрозии представляют из себя практически чистые металлы (данные химико-металлургического института г. Караганды), а это объяснить обычным физическими или химическими процессами затруднительно. Причем, как показали исследования, затрачиваемая мощность на расплавление составляет около 50 %, это достаточно большой КПД процесса и поэтому возникает предположение о собственном иницировании процесса обработки при определенных режимах обработки, это подтверждается тем, что энергоемкость процесса уменьшается с возрастанием производительности, а осциллограммы записей тока и мощности имеют одинаковый характер по времени с уменьшением потребляемой мощности.

Исследования по износу электрода-инструмента, имеющего форму диска показали, что износ колеблется от 1,5 % – 5 % от удаляемого материала, а форма диска после отдельных проходов начинает приближаться к форме диска конического, хотя логика процесса показывает, что электрод-инструмент должен иметь форму диска с закругленными полями,

так как электрические разряды должны возникать в наименьшем межэлектродном зазоре.

Все вышеизложенное показывает, что перспективными направлениями исследования и развития электроконтактной обработки являются:

- 1) дальнейшие экспериментальные исследования электроконтактной обработки;
- 2) разработка методик проектирования установок для электроконтактной обработки;
- 3) создание физической модели электроконтактной обработки.

Только решив эти вопросы, возможно дальнейшее развитие ЭКО в Республике Казахстан. Это откроет перспективы по внедрению новых токопроводящих материалов и позволит Казахстану удерживать передовые позиции в мире по электротехнологии.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гуревич Н.Л. и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1976. 273 с.

## Раздел 3

**Геотехнологии. Безопасность  
жизнедеятельности**

УДК 622.7

**Исследование флотации медной руды  
Саякского месторождения  
с применением нового реагента НРБ**

*Н.К. ОМАРОВА, к.т.н., доцент кафедры ПЭиХ,  
Б.Б. АКИМБЕКОВА, к.т.н., доцент кафедры ПЭиХ,  
Р.Т. ШЕРЕМБАЕВА, к.т.н., доцент кафедры ПЭиХ,  
Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова: руда, флотация, флотореагенты, пульпа, медный концентрат, собиратель, извлечение, качество, выход, открытый цикл флотации.*

Сульфидные руды являются основным источником получения цветных металлов. Медь в саякских рудах в основном представлена халькопиритом  $CuFeS_2$ , борнитом  $Cu_5FeS_4$ , халькозином  $Cu_2S$  и небольшим количеством (5-15 %) окисленных медных минералов. В руде присутствуют в промышленных количествах молибденит и магнетит (3-4 %), имеется пирит (2 %). Минералы пустой породы представлены гранатами, мраморами, кварцем, пироксеном, амфиболами, плагиоклазом, полевыми шпатами и кальцитом.

Прогресс в области обогащения руд связан с совершенствованием флотационного метода. Эффективность флотации зависит в значительной степени от ассортимента селективных реагентов-собирателей.

Оценка собирательной способности флотореагентов производится путем непосредственных опытов по флотации с данной рудой; определения собирательной способности по изотермам смачивания; «нулевым» методом и другими способами [1].

В качестве собирателей сульфидных медных минералов применяются ксантогенаты (средний расход обычно 10-30 г/т) и дитиофосфаты (10 г/т). Широко применяется и сочетание реагентов-собирателей. Например, при флотации медных руд за рубежом применяется реагент Z-200 (изопропилэтилтионокарбамат), который является наиболее селективным по отношению к пириту, в сочетании с изопропиловым или амиловым ксантогенатом. Часто применяется сочетание

сульфидрильных собирателей с аполярными реагентами [2].

Непосредственные опыты по флотации наиболее надежны и просты. Выполнение производится следующими способами: в оптимальных для флотации данного минерала условиях ставят ряд опытов с различным расходом данного собирателя; с каждым собирателем в оптимальных условиях флотации ставят два-три опыта с порционной подачей собирателя.

Два реагента могут дать близкие результаты в основной флотации по качеству концентратов и по извлечению металла, но различно влияют на результаты очистной флотации, в которой получаются конечные концентраты.

В качестве объекта исследований использована руда Саякского месторождения, представленная на 95 % первичными сульфидными рудами, окисленными рудами – 3 %, смешанными рудами – 2 %. Преобладают медно-скарновые и магнетитсодержащие медно-скарновые руды, составляющие 70 % запасов месторождения.

Основными медными минералами являются: халькопирит и борнит (ковеллина и халькозина содержится очень мало). В зоне окисления присутствуют – малахит, азурит, хризоколла.

В руде присутствуют в промышленных количествах молибденит и магнетит (3-4 %), имеется пирит (2 %). Минералы пустой породы представлены гранатами, мраморами, кварцем, пироксеном, амфиболами, плагиоклазом, полевыми шпатами и кальцитом.

Результаты анализа химического состава саякской руды представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав саякской руды

Содержание ценных компонентов, %				
Cu	Fe	Zn	As	CaO
0,76	15,01	0,015	0,5	17,68

В лабораторных условиях проведены исследования по влиянию расхода нового флотационного реагента на показатели флотации саякской медной руды. Для опытов по флотации использовали исходную навеску руды, предварительно измельченную до класса (-0,074 мм) с выходом 58 %. Процесс флотации проводили на лабораторной флотационной машине с объемом камеры 0,5 л, при Т:Ж=1:4.

Опыты № 1, 2 по флотации были проведены в реагентном режиме, принятом на обогатительной фабрике, с применением следующих реагентов: сернистый натрий – 18 кг/т, ксантогенат бутиловый – 40 г/т, ВК-201 – 35 г/т. Продолжительность основной флотации – 5 мин, контрольной флотации – 10 мин.

Таблица 2 – Результаты опытов по флотации саякской медной сульфидной руды

№ опыта	Наименование продукта	Выход продукта	Медь	
		γ, %	β, %	ε, %
1	Концентрат основной флотации	8,20	7,70	85,40

Исследования по флотации медной руды с применением нового реагента обусловлено следующими обстоятельствами: ксантогенаты легко окисляются кислородом воздуха, особенно легко проходит окисление в присутствии влаги и водных растворов. Окисление ксантогената существенно ускоряется в присутствии сульфидных минералов, которые по окислительной способности можно расположить в следующий ряд: сфалерит < галенит < халькопирит < пирротин < пирит.

Реакция окисления нового реагента – диалкилдитиофосфата – в мягких условиях проходит сложно. Диалкилдитиофосфаты в водных растворах присутствуют в двух таутомерных формах (рисунок 1).

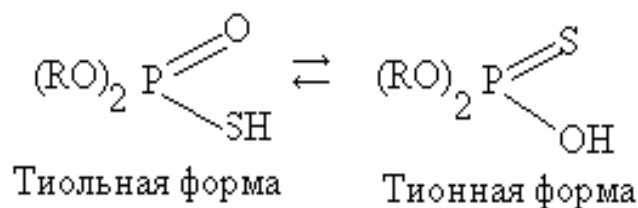


Рисунок 1 – Таутомерные формы диалкилдитиофосфата

В щелочной среде преобладают диалкилдитиофосфаты в тионной форме, являющейся более флотоактивной. В реакциях окисления участвует тиольная форма.

Флотация медных руд с применением нового флотореагента проведена при тех же условиях, только вместо бутилового ксантогената использован новый флотационный реагент (опыты № 3, 4). Результаты проведенных опытов приведены в таблице 2.

Из результатов исследований следует, что применение нового флотационного реагента обеспечивает увеличение качества концентрата и соответственно извлечение меди в концентрат, что связано с наличием в пульпе флотоактивной, менее окисляемой формы (тионная) по сравнению с ксантогенатом, который легко окисляется в водной среде и в присутствии в пульпе сульфидов, входящих в состав исходной руды.

	Концентрат контрольной флотации	2,88	0,57	1,43
	Хвосты	88,92	0,11	3,17
	Итого:	100,00	0,74	100,00
2	Концентрат основной флотации	8,10	7,60	83,19
	Концентрат контрольной флотации	2,89	0,61	2,38
	Хвосты	89,01	0,12	14,43
	Итого:	100,00	0,74	100,00
3	Концентрат основной флотации	5,79	8,60	69,56
	Концентрат контрольной флотации	2,50	6,15	21,47
	Хвосты	91,71	0,07	8,97
	Итого:	100,00	0,71	100,00
4	Концентрат основной флотации	5,65	8,70	69,21
	Концентрат контрольной флотации	2,60	6,28	23,00
	Хвосты	91,75	0,06	7,76
	Итого:	100,00	0,71	100,00

Таким образом, применение нового флотационного реагента в качестве собирателя эффективно и обеспечит прирост извлечения меди.

В лабораторных условиях также проведены исследования влияния режима флотации с применением нового реагента на технологические показатели флотации саякской медной руды в открытом (рисунок 2) и замкнутом (рисунок 3) циклах. Измельчение руды до класса  $-0,074$  мм с выходом 58 % – 28 минут. Флотация проводилась на лабораторной флотационной машине с объемом камеры 3 л при Т:Ж=1:4.

Содержание ценных компонентов в исходной руде составили, в %: меди 0,9-0,97; железа 13,07; молибдена 0,015; мышьяка 0,027.

Исследование процессов флотации медных руд Саякского месторождения с применением нового реагента проведены с использованием вероятностно-детерминированного метода планирования (ВДМП) экспериментов.

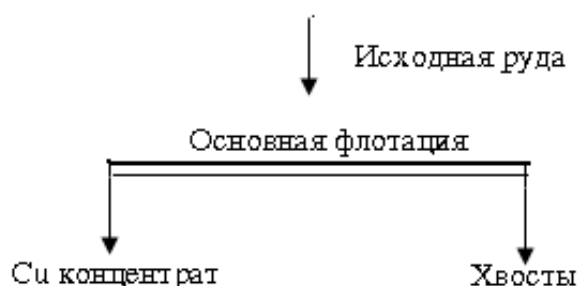


Рисунок 2 – Схема флотации медной руды в открытом цикле

Все обогатительные фабрики, перерабатывающие медные руды, используют сульфидрильные собиратели: ксантогенаты, дитиофосфаты, тионокарбаматы и др. Сульфидные минералы меди обладают высокой флотационной активностью в широком диапазоне pH: от 6 до 14. Причем вторичные сульфиды меди флотируются лучше первичных и депрессируются при более высоких значениях pH пульпы. Это объясняется тем, что минимальная необходимая для полной флотации вторичных сульфидов концентрация собирателя значительно меньше, чем для халькопирита. Когда концентрация, например, ксантогената в пульпе равна только

минимально необходимой для халькопирита, она уже в несколько раз превышает ее для вторичных сульфидов меди, что приводит к большей вероятности закрепления на них собирателя, гидрофобизации поверхности и флотации.

В открытом цикле время флотации основной флотации – 10 минут; расход реагентов г/т: НРБ – 20, ксантогената – 40, пенообразователя Т-92 – 88, извести 1000-2000; при рН 7,91-10,03.

В таблице 3 представлены расходы реагентов, при котором получены оптимальные технологические показатели флотации.

Из таблицы 3 видно, что при применении реагентов: НРБ – 20 г/т, СаО 1500 г/т, Т-92 – 88 г/т, качество медного концентрата составляет 10,13 % при извлечении 94,93 %. При реагентном фабричном режиме – качество медного концентрата составляет 11,27 % при извлечении 71,32 %.

Применение нового реагента НРБ позволяет увеличить извлечение медного концентрата на 23,61 % по сравнению с применением в технологии флотации в качестве реагента собирателя – ксантогената. В замкнутом цикле время измельчения 28 мин. Время флотации: основная флотация – 10 мин; I перерешетка – 7 мин; II перерешетка – 5 мин; III перерешетка – 3 мин.

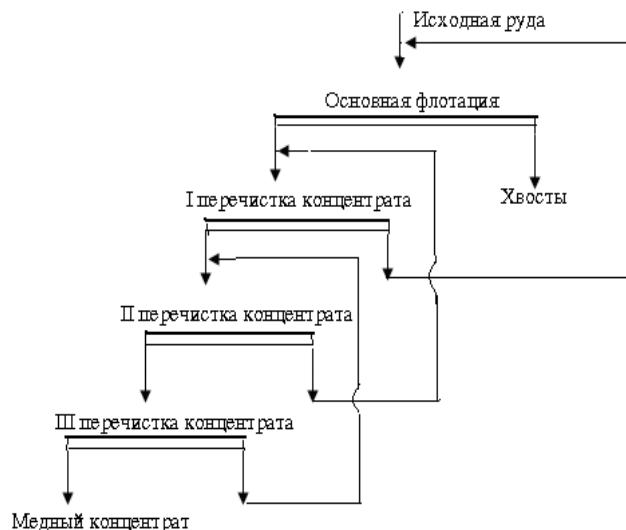


Рисунок 3 – Схема флотации медной руды в замкнутом цикле

Из таблицы 4 видно, что результаты опыта с реагентом НРБ значительно выше, в частности, содержание меди в концентрате 18,64 % (против 17,98 % с ксантогенатом), извлечение меди в концентрат с НРБ – 93,11 % (против 90,28 % с ксантогенатом). Применение реагента НРБ позволяет повысить качество медного концентрата на 0,66 %, извлечение – на 2,83 %.

Таблица 3 – Результаты флотации медных руд в открытом цикле

Наименование продукта	Выход		Cu		As		Реагент, г/т			
	г	%	β, %	ε, %	β, %	ε, %	CaO	НРБ	Ks	Т-92
Опыт № 1							1500	20	0	88
Концентрат	89	8,92	10,13	94,93	0,11	35	-	-	-	-
Хвосты	909	91,08	0,053	5,07	0,020	65	-	-	-	-
Руда	998	100	0,95	91,77	0,028	100	-	-	-	-
Опыт № 2							1500	0	20	88
Концентрат	86	8,63	11,27	71,32	0,10	33,21	-	-	-	-
Хвосты	910	91,37	0,059	20,45	0,019	66,79	-	-	-	-
Руда	996	100	1,03	91,77	0,026	100	-	-	-	-

Таблица 4 – Результаты флотации медных руд в замкнутом цикле

Наименование продукта	Выход		Cu		As		Реагент, г/т			
	г	%	β, %	ε, %	β, %	ε, %	CaO	НРБ	Ks	Т-92
Опыт № 1 (фабричный режим)							1500	-	20	88
Концентрат III перерешетки	187	4,67	17,98	90,28	0,24	41,75	-	-	-	-
Хвосты III перерешетки	15	0,38	4,70	1,92	0,20	2,86	-	-	-	-
Концентрат II перерешетки	202	5,05	16,98	92,20	0,023	44,88	-	-	-	-
Хвосты II перерешетки	20	0,50	2,65	1,43	0,13	2,44	-	-	-	-
Концентрат I перерешетки	222	5,55	15,69	93,62	0,23	46,37	-	-	-	-
Хвосты I перерешетки	50	1,25	0,63	0,85	0,047	2,22	-	-	-	-
Концентрат основной флотации	272	6,80	12,92	94,48	0,19	49,27	-	-	-	-
Хвосты основной флотации	3726	93,20	0,055	5,52	0,014	50,73	-	-	-	-
Руда	3998	100	0,93	100	0,027	100	-	-	-	-
Опыт № 2 (реагентный режим с НРБ)							1500	20	-	88
Концентрат III перерешетки	180	4,51	18,64	93,11	0,11	18,62	-	-	-	-
Хвосты III перерешетки	23	0,58	1,20	0,70	0,31	6,73	-	-	-	-
Концентрат II перерешетки	193	4,84	17,54	94,32	0,11	24,07	-	-	-	-
Хвосты II перерешетки	23	0,58	2,65	1,43	0,13	2,44	-	-	-	-
Концентрат I перерешетки	216	5,42	15,79	95,10	0,15	30,70	-	-	-	-



Хвосты I перечистки	46	1,15	0,34	0,43	0,13	5,65	-	-	-	
Концентрат основной флотации	262	6,57	13,09	95,25	0,15	36,83				
Хвосты основной флотации	3734	93,43	0,046	4,75	0,015	13,22				
Руда	3996	100	0,90	100	0,027	100	-	-	-	

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. М.: Недра, 1984. 383 с.
2. Глембоцкий В.А. Основы физико-химии флотационных процессов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 471 с.

УДК 622.28

## К расчету оптимизации выпускного люка

**С.С. ЖЕТЕСОВ**, д.т.н., профессор кафедры ГМиО,

**Г.Б. АБДУГАЛИЕВА**, магистр кафедры ГМиО,

**К.М. БЕЙСЕМБАЕВ**, к.т.н., доцент кафедры ГМиО,

Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** разработка, гравитация, угольный пласт, опускной блок, массив, стационарно-передвижная крепь, крепление, выпускной люк, напряженно-деформированное состояние кровли.

Применение для охраны выработок целиков и полос из закладки является эффективной мерой воздействия на напряженно-деформированное состояние массива (НДС) с целью управления за счет высокого силового отпора и разнообразной архитектуры выработанного пространства, оптимального расположения в нем очистного, а также вспомогательного оборудования и крепи. При этом открываются перспективные возможности сочетания традиционных технологий с новыми элементами камерных систем для сложных условий [1, 2], обеспечивается возрастание информации об условиях зон разворачивания интенсивных горных работ. Кроме того, возрастают возможности предварительной дегазации массива, управления процессом газоотдачи из пластов, использования комплексности и безотходности производства.

Современные аналитические (числовые) решения не всегда учитывают реальное состояние массива, выражающееся в дезинтеграции призабойной зоны, наличие в системе взаимодействия целиков и полос, волнообразность распределения деформаций и напряжений в глубине пласта, особенности протекающих в нем разрушений [3]. Эти факторы могут стать основными при определении устойчивости погашаемого угля верхней толщи или опускных блоков.

В то же время аналитические подходы с учетом все большего количества факторов усложняются так, что работоспособность их из-за громоздкости решений резко падает. Наиболее используемые в настоящее время численные решения на основе метода конечных элементов (МКЭ) не всегда отвечают требованиям расчетных схем, реалиям состояния массива и взаимодействия его элементов. Поэтому следует разрабатывать работоспособные системы расчётов, допускающих широкие корректировки решений по экспериментальным

данным и имеющим упрощенные выражения, в то же время отражающих главные принципы взаимодействия и движения элементов горной структуры. Это позволяет использовать существенно меньшие ресурсные возможности ЭВМ при большой скорости счета, что необходимо для систем управления современными автоматизированными комплексами в реальном режиме времени.

В сложных условиях надежность прогноза состояния массива при ведении очистных работ не может основываться на аналитических и числовых моделях ввиду их ограничений по точности и неопределенности рассчитываемых параметров. Поэтому она должна подкрепляться взаимосвязанными экспериментальными лабораторными и шахтными исследованиями, определяющими уровень соответствия используемых моделей и обеспечивающих корректировку ее качественных и количественных сторон. Экспериментальные исследования наряду с дублированием наблюдений, проводимых ранее, должны иметь особенности, учитывающие те процессы, которые нагляднее и точнее проявляются в эксперименте. Так, в процессах развития разрушений в массиве, как показывает опыт, фаза устойчивого трещинообразования занимает достаточно большой период перед тем, как перейти в неустойчивый резкий рост. Эта фаза обычно позволяет дать и качественную характеристику предшествующего НДС по её основным проявлениям, в частности, достижения в наиболее нагруженных элементах предельных состояний; в то же время, например, нельзя ожидать совпадений характера распределений напряжений в теоретических и экспериментальных данных из-за влияния флуктуации. Кроме того, лабораторные исследования позволяют с учетом предыдущих выводов построить более полную картину взаимодействия элементов массива из-за возможности

визуального наблюдения процессов, не явных в теоретических моделях и находящихся за пределами наблюдений в шахтных экспериментах. Разработка таких комплексов исследований позволяет создать механизм обратной связи массива, технологии и систем управления. Принципиальным вопросом исследований является установление закономерностей дезинтеграции призабойной зоны в виде разделения пласта на участки с различными физико-механическими свойствами и особенностей расщепления боковых пород. При этом необходимо выявить влияние на состояние массива вынимаемой мощности пласта и мощности верхнего уступа кровли, а также закономерности взаимодействия элементов массива.

Важным элементом управления массивом остается крепь выработок, которую можно подразделить на стационарную, стационарно-передвижную и передвижную. Эффективность и безопасность крепления возрастает при комбинированном использовании этих крепей, например, стационарной и передвижной, при этом возрастает и количество технологических приемов отработки сложно залегающих пластов, до 3 раз уменьшается вес необходимого оборудования по сравнению с традиционными схемами. Секции же крепи легко перестраиваются на выполнение дополнительных функций, включая и принудительное погашение потолочин и угольных пачек, зондирование массива, закладки выработанного пространства и крепление забоя сложной формы.

Гравитационные технологии и соответствующие крепи применяются при разработке мощных угольных пластов. В этом случае крепь подсекает мощный слой угля, который, постепенно опускаясь за перекрытием крепи, выпускается в очистное пространство через специальные люки в перекрытии крепи (рисунок) и далее транспортируется конвейером, расположенным у забоя (а иногда и у завала).

Во всех рассмотренных технологиях управление устойчивостью массива с помощью крепи является одной из важных задач, определяющих эффективность технологии как с точки зрения его устойчивости, так с точки зрения обеспечения управляемого разрушения.

Кроме того, для технологий с выпуском угля необходимо обеспечить максимальные возможности прохождения блоков угля через углеспускные отверстия. Например, аналогичные задачи решаются при оптимизации выпускных дучек при разработке руд. Поскольку, как показал опыт разработки с выпуском угля, главной проблемой, сдерживающей производительность выпуска, является образование негабаритов, поэтому необходимо обеспечить параметры выпускных устройств, пропускающих блоки с максимальным размером. Заметим, что подготовка опускных блоков на мощных пластах позволяет решить вопрос об управляемом опускании слоя угля, поскольку вопрос о применении угля и его зависимости в выработанном пространстве к устойчивому слою пород будет исключен.

Таким образом, задача влияния крепи на напряженно-деформированное состояние кровли для гравитационных технологий должна решаться и с учетом ее размещения в полости, образуемой опускным блоком.

При технологических схемах гравитационной выемки возможно повышение производительности выпуска угля из подкровельной или междуслоевой толщи за счет устранения «мертвых» зон в местах соприкосновения бортов соседних секций. Это можно достичь при применении следующей конструкции (см. рисунок).

В данном случае перекрытие имеет подвижные борты. Подвижными они выполняются в случае необходимости полного устранения межсекционных зазоров.

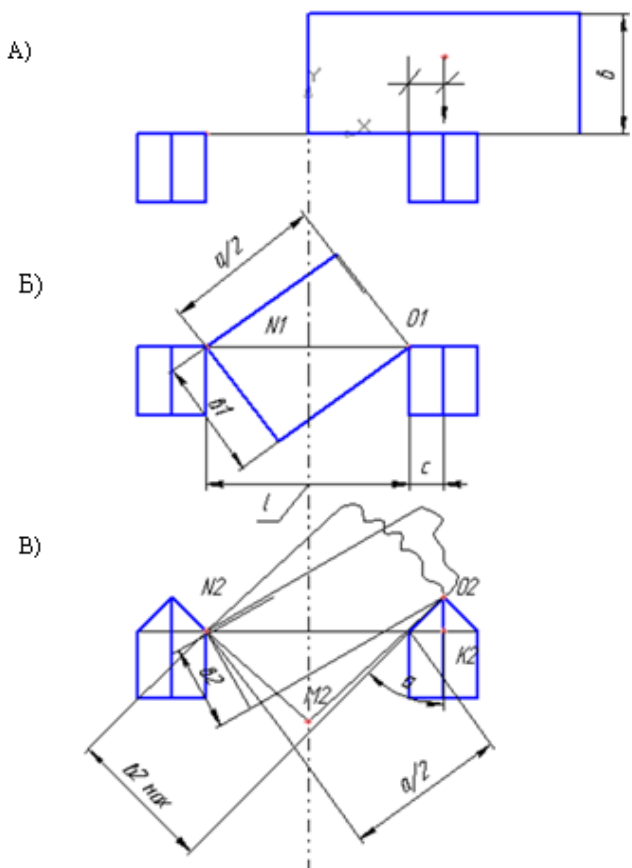
Такие конструкции применяются в крепях типа ОКП – 70; Глиник. Его отличие в том, что он выполнен с наклонной частью, которая образует вместе с соприкасающимся с ним бортом соседней секции остроугольный клин.

Как видно из рисунка *a* блок угля, попавший на балки перекрытия без наклонной части, будет сохранять устойчивость при  $\epsilon > 0$  (стрелкой обозначено направление центра тяжести).

При остроугольной конструкции бортов равновесного состояния блока практически не существует.

Кроме того, повышается размер блоков угля, проходящих в углеспускное отверстие. Из рисунка видно, что при повороте блока вокруг крайней точки борта без учета проскальзывания максимальная длина блока составит

$$\dot{a} = 2\sqrt{l^2 - b_1^2},$$



а, б, в – этапы выпуска блока

К расчету оптимизации выпускного люка

где  $l$  – ширина углеспускного отверстия.

Для остроугольных бортов из сравнения прямоугольных треугольников следует:

$$\tilde{\alpha} = \sqrt{ctg^2 \alpha + l + c^2 - b_2^2}$$

или

$$\hat{\alpha} = 2\sqrt{ctg^2 \alpha + l + c^2 - b_2^2},$$

где  $\alpha$  – половина углеклина совмещенных бортов;

$b_1$  и  $b_2$  – соответственно высота блоков для рассматриваемых случаев.

При одинаковых  $b$  получим приращения длины блока:

$$\Delta \hat{\alpha} = 2(\sqrt{c^2 ctg^2 \alpha + l^2 + 2lc + l^2 - b^2} - \sqrt{l^2 - b^2}).$$

Определим наибольшую пропускную способность для схем (б) по единичному объему блока

$$V_1^{(1)} = 2b_1 \sqrt{l^2 - b_1^2},$$

соотношение  $b_1$  и  $l$ , соответствующее максимальному объему  $V_1^{(1)max}$ , определим из условия переменной  $b_1$

$$\frac{dV_1^{(1)}}{db_1} = 0$$

или

$$\frac{dV_1^{(1)}}{db_1} = \frac{b_1^2}{\sqrt{l^2 - b_1^2}} + \sqrt{l^2 - b_1^2} = 0,$$

откуда получим

$$b_1 = 0.617 l_1,$$

откуда с учетом

$$V_1^{(1)} = 1.576l \cdot 0.617l = 0.958l^2.$$

Для схемы в) переменными является  $\alpha$  и  $b_2$ , поэтому:

$$\frac{\partial V_2^{(1)}}{\partial \alpha} = 0 \quad \frac{\partial V_2^{(1)}}{\partial b_2} = 0,$$

$$\frac{\partial V_2^{(1)}}{\partial \alpha} = \frac{2b_2 c^2 ctg \alpha}{\sin^2 \alpha \sqrt{c^2 ctg^2 \alpha + (l+c)^2 - b_2^2}} = 0.$$

Условие для определения максимального объема блока для улучшенного углеспускного отверстия таковы:

$$\frac{dV_1^{(1)}}{db_1} = -\frac{b_1^2}{\sqrt{l^2 - b_1^2}} + \sqrt{l^2 - b_1^2} = 0.$$

$$\frac{\partial V_2^{(1)}}{\partial b_2} = \frac{-b_2}{\sqrt{c^2 ctg^2 \alpha + l + c^2 - b_2^2}} + \sqrt{c^2 ctg^2 \alpha + l + c^2 - b_2^2} = 0.$$

Максимальный объем блока, проходящего в углеспускное отверстие с  $\alpha = 45^\circ$  в 1,77 больше, чем максимальный объем блока, проходящего в углеспускное отверстие без остроугольных бортов.

Применение остроугольных бортов позволит повысить производительность выпуска за счет крупных блоков угля, уменьшения времени на расштыбовку окон. Кроме того, происходит дополнительное дробление блоков при ударе об угол борта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жетесов С.С., Мукхерджи М. Новая технология подземной угледобычи. Караганда: Изд-во КарГТУ, 1999. С. 166.
2. Жетесов С.С., Карыбаев М.С., Мукхерджи М. Управление выпуском угольных блоков с использованием силы гравитации // Тр. междунар. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». Караганда: Караганд. филиал АЕН РК, 1998. С. 500-502.
3. Тельгарин А.Н., Векслер Ю.А., Брагин Е.П. Анализ механического состояния массива и эффективность мер по улучшению обрушаемости кровли // Уголь. 1987. № 7. С. 12-15.

УДК 622.26

## Образование зон обрушения и трещиноватости при подземной отработке горючих сланцев

**А.Е. ВОРОБЬЕВ**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела, Российский университет дружбы народов (г. Москва),

**А.К. ТУРСУНБАЕВА**, д.т.н., кафедры ММиН,

**В.С. ПОРТНОВ**, д.т.н., профессор, директор ДОУП,

Карагандинский государственный технический университет,

**Г.Ж. МОЛДАБАЕВА**, к.т.н., доцент,

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы),

**Р.Б. ДЖИМИЕВА**, преподаватель, Владикавказский горно-металлургический техникум, Россия

**Ключевые слова:** трещиноватость, провал, обрушение, горючие сланцы, подземная отработка, деформация, горные породы.

**Н**а месторождениях с крепкими вмещающими породами (особенно при разработке слепых рудных тел несплошными системами) горные выработки сохраняются весьма длительный промежуток времени. Так, например, на Березовском золоторудном месторождении (Россия), разработка которого ведется с 1747 г., только с начала XX века было образовано свыше 4,3 млн. м<sup>3</sup> пустот, из которых числятся непогашенными около 2,0 млн. м<sup>3</sup> [1]. В то же время пустоты (горные выработки), сформированные при добыче горючего сланца и угля, довольно быстро «погашаются», зачастую с выходом зоны нарушения налегающего горного массива на дневную поверхность. Разработка пластов горючего сланца приводит к изменению напряженного состояния горных пород и их сдвигению, проявляющемуся в образовании обширных зон сдвижения в горном массиве и на земной поверхности [2].

При проведении горных выработок в районе пласта горючих сланцев исходная устойчивость массива близлежащих горных пород нарушается. Оставшиеся после ликвидации горных предприятий в массиве горных пород пустоты (незаложённые горные выработки) являются потенциальными источниками сдвижений подработанной земной поверхности на многие десятки и даже сотни лет.

В зависимости от сочетания влияющих факторов процесс сдвижения пород может локализоваться в прилегающем горном массиве или достигать земной поверхности и проявляться в форме воронок (рисунок 1), провалов, террас, трещин, плавных сдвижений и их различных сочетаний [2].

Процессы оседания и сдвижения горных пород (обусловленные горными выработками), достигая

поверхности Земли, вызывают ее деформации и формирование мульд сдвижения.

При этом отдельные точки мульд сдвигаются неравномерно, в результате чего возникают вертикальные (наклоны, кривизна) и горизонтальные (растяжение, сжатие) деформации, а также трещины, уступы и провалы.

Сдвиговзброс и сбрососдвиг (формирующие уступы) представляют собой разрывы с вертикальным или наклонным сместителем и косым смещением по отношению к падению (и простираению) сбрасывателя, комбинирующие элементы сдвига и сброса. У сбрососдвига склонение вектора перемещения пологое, а у сдвиговзброса – крутое. В обоих случаях всячески крыло смещено вниз.



Рисунок 1 – Провал земной поверхности в виде воронки

Провалы и впадины, образующиеся на дневной поверхности в результате обрушения кровли подземных выработок, весьма различны по форме и размерам, определяются глубиной разработки, объемами извлекаемых из недр горных пород и руд, геометрией рудных залежей или сланцевых и угольных пластов [3]:

– мульдообразные провалы возникают после разработки пластовых залежей средней (1,5-3 м) и большей мощности, горизонтального, волнистого или полого наклонного залегания. В этом случае мульда сдвижения горных пород находится в зоне прогиба кровли. При большой мощности и крутом падении залежи возможно формирование мульдообразных террасированных провалов. Мульда сдвижения в этом случае будет приурочена к зоне прогиба или обрушения;

– каньонообразные провалы образуются над выработанным пространством мощных полого- или крутопадающих залежей. Мульда сдвижения в этих условиях всегда находится в зоне обрушения;

– кольцевые провалы могут возникать на месте разработки штокообразных крутопадающих залежей.

При плавном оседании пород возникает углубление в земной поверхности – мульда оседания (рисунок 2).



Рисунок 2 – Оседание земной поверхности над горными выработками

Так, при наличии горных выработок определенной ширины и длины покрывающие горные породы кровли в порядке удаления от выработки к дневной поверхности, а также в зависимости от их физико-механических свойств нарушаются, образуя мульду оседания. В частности, на Буланашском угольном месторождении отдельные участки подработанных территорий осели на 15-20 м, а в Челябинском бурогольном бассейне (Россия) – на 20-30 м.

Возможность и опасность проявления воздействия горных работ на земную поверхность, связанного с разрушением природной крепости пород, может иметь место без ограничения во времени, при этом оседание участков поверхности в зоне сдвижения неравномерно и увеличивается от ее границ к центру.

Существует три четко выраженные зоны нарушения массива покрывающих пород (таблица), образующиеся в результате ведения горных работ (формирования горных выработок). Причем, несмотря на то, что каждую выделенную зону можно охарактеризовать по образуемым в слое трещинам, их мощности могут значительно изменяться.

Отдельные точки в мульде сдвижения сдвигаются на разные величины, в результате чего возникают вертикальные (наклоны, кривизна, скручивание) и горизонтальные (растяжения, сжатия, сдвиги) деформации, а также провалы и сосредоточенные деформации – трещины и уступы в вертикальной и сдвиги в горизонтальной плоскостях.

Процесс сдвижения горных пород и земной поверхности зависит от следующих основных факторов: физико-механических свойств горных пород; геологических и гидрогеологических условий залегания месторождения; наличия сбросов, трещин, плоскостей слоистости, кливажа и тектонических нарушений; угла падения отдельных слоев горных пород и залежи в целом; мощности залежи; глубины разработки; системы разработки; скорости подвигания горных работ; размеров очистной выработки; нарушенности горных пород ранее проведенными горными работами; рельефа земной поверхности [4].

Физико-механические свойства горных пород определяют форму проявления процесса сдвижения. Из механических свойств горных пород на процессе сдвижения сказывается их сопротивление сжатию, растяжению, срезу и изгибу. Было установлено, что крепкие породы (граниты, кварциты, порфириды, песчаники, известняки и другие) обладают наибольшим сопротивлением сжатию и изгибу. Под влиянием горных разработок эти породы обычно обрушаются. Пластичные же породы (глины, глинистые и песчаные сланцы) подвергаются деформациям без разрыва сплошности, вследствие чего процесс сдвижения происходит в виде плавного прогиба. Сыпучие породы (прежде всего – пески) способствуют развитию процесса течения, а следовательно, образованию провалов и воронок.

Механические свойства горных пород существенно сказываются на величине углов сдвижения и разрывов. В частности, чем крепче породы, тем больше по абсолютному значению углы сдвижения и разрывов.

Зоны обрушения и трещиноватости массива покрывающих горных пород в районе горных выработок месторождения горючих сланцев [4]

Нарушение массива	Характеристика слоя	Последствия
1. Зона обрушения: 1) полного	Обвал породы в выработку, куски неровной пластинчатой формы различных размеров, разбросанные беспорядочно	Значительные проблемы контроля массива горных пород; дальнейшая разработка месторождения может быть невозможна
2) частичного	Слои значительно изогнуты, наблюдается тенденция к образованию трещин и смещению	Определенные трудности с контролем массива горных пород, ведущие к существенным осложнениям добычи
3) верхний предел зоны обрушения	Возможно отделение слоев по плоскости, образование трещин; отдельные слои не повреждены, смещения встречаются редко	Уменьшение проблем контроля массива горных пород; некоторое осложнение добычи
2. Зона трещиноватости	Порода разломана на блоки по трещинам и изломам вследствие отделения слоев; изгиб не крутой, а трещины выражены незначительно	Проблемы контроля горного массива встречаются в основном в мульде оседания; наблюдаемые сложности по добыче в основном незначительны
3. Зона оседания	Изгиб породы постепенный и распространяется на большое расстояние по горизонтали, без образования крупных трещин	Отсутствие фактических проблем контроля горного массива, воздействующих на дальнейшую добычу

Геологическое строение толщ (литологический состав, последовательность и мощность напластований) и ее обводненность в значительной мере предопределяют основные стороны процесса сдвижения. Так, наличие в геологическом строении толщ месторождения напластований из крепких пород способствует развитию процесса обрушения, а напластования из пластичных пород – развитию прогиба. При этом мощные напластования крепких пород задерживают развитие процесса сдвижения. Обводненность также способствует изменению физико-механических свойств горных пород (в частности увеличению пластичности, явлению текучести, особенно в наносах, и пучению).

Тектонические нарушения и трещиноватость часто являются направляющими плоскостями сдвижения горных пород. Вдоль этих плоскостей породы ослабляются и перемещаются, а это иногда приводит к искажению действительных величин углов сдвижения. Наличие трещиноватости горных пород, а также плоскостей спайности или кливажа не дает оснований рассматривать толщу горных пород как сплошную однородную упругую среду.

Влияние угла падения пород и залежи сказывается на многих параметрах процесса сдвижения горных пород и земной поверхности. От угла падения залежи зависит величина углов граничных сдвижения и разрывов. Так, при пологом залегании пород обычно преобладает их прогиб, а при крутом – обрушение со сдвигом по напластованию. В первом случае на земной поверхности в мульде сдвижения развиваются большие по величине оседания и меньшие горизонтальные перемещения, а во втором случае горизонтальные сдвижения в 1,5-2 раза превышают вертикальные оседания.

Мощность залежи является одним из главных факторов, влияющих на процесс сдвижения горных пород вмещающего массива. В общем случае, чем больше мощность вынимаемой залежи, тем интенсивнее развивается процесс сдвижения горных

пород и тем более преобладает процесс обрушения. Величина деформаций в мульде сдвижения находится в прямой зависимости от мощности вынимаемой залежи.

Глубина разработки. С увеличением глубины разработки конфигурация мульды сдвижения становится настолько плавной, что обнаружить ее на поверхности можно только инструментально. При прочих равных условиях с увеличением глубины разработки величина деформаций быстро уменьшается, а продолжительность процесса сдвижения растет.

Система разработки слагается, как известно, из принятого способа подготовки месторождения к выемке, размеров очистной выемки и оставляемых целиков, способа управления кровлей. Все эти элементы системы разработки существенно сказываются на развитии процесса сдвижения.

Так, сплошная система разработки в сочетании с большими размерами очистной выемки способствует проявлению сдвижения горных пород в виде плавного прогиба. Столбовая система разработки способствует развитию процесса обрушения. При этом оседание земной поверхности часто происходит неравномерно и сопровождается трещинами. Камерная система при значительных размерах междукамерных целиков может задержать развитие процесса сдвижения. При незначительных размерах междукамерные целики разрушаются, что приводит к развитию процесса обрушения с образованием воронок провалов.

Скорость подвигания очистных забоев. Замечено, что равномерное подвигание забоев способствует равномерному оседанию земной поверхности и наоборот. При остановках забоя плавность процесса сдвижения горных пород иногда нарушается до такой степени, что породы разламываются над забоем и образовавшиеся трещины доходят до поверхности земли. Равномерное быстрое подвигание очистных забоев способствует плавному прогибу подработанных участков поверхности и быстрому



подвиганию края мульды сдвижения под подрабатываемыми объектами (если последние попадают на дно мульды).

Влияние рельефа поверхности на процесс сдвижения горных пород сказывается при подработке крутых склонов, особенно гор и холмов. В этих случаях на крутых склонах появляются так называемые заколы, т.е. резко выраженные глубокие трещины. Заколы отделяют нижнюю часть склона от верхней, причем нижняя часть может получить значительные смещения.

При обрушении на земной поверхности образуются зоны обрушения, зоны сдвижения или отдельные провальные воронки.

Провал (провальная воронка) – участок земной поверхности, подвергшийся обрушению под влиянием подземных горных выработок (рисунок 3).

Наиболее опасной из форм сдвижения является образование провалов, когда на земной поверхности внезапно появляются разрушительные для зданий и сооружений деформации.

Провалы образуются над горными выработками, в которых сохраняются пустоты. К таким выработкам прежде всего относятся подготовительные и очистные, пройденные на малой глубине, а также выработки, выходящие на земную поверхность: стволы, шурфы, скважины большого диаметра.



Рисунок 3 – Провал над горными выработками, заполненными водой

В зависимости от глубины разработки, размеров выработанного пространства, геологического строения, физико-механических свойств пород, их обводненности, наличия крепи в выработках и других факторов, скорость развития процессов, приводящих к появлению провалов, колеблется в довольно широких пределах.

Однако большинство провалов образуется в течение первых 5-10 лет после окончания горных разработок, но иногда они появляются спустя несколько десятков и даже сотен лет (по мере нарушения устойчивости незаложенных горных

выработок, разрушения их крепи, нарушения перекрытий шурфов и шахтных стволов и т.д.).

Зоной сдвижения называют участок поверхности, где сдвижение горных пород происходит без разрыва сплошности, а зоной обрушения – участок, где наблюдается оседание террасами с образованием трещин и нарушением сплошности.

Так, высота зоны обрушения составляет от 2- до 6-кратной мощности вынимаемого пласта горючего сланца. Выше последовательно располагается зона трещинообразования, высотой 20-40-кратной мощности пласта.

В результате зона обрушения может подразделяться на несколько областей трещиноватости горного массива [5].

Полная зона обрушения – это область сильно нарушенных слоев горных пород. В данной области происходит обвал породы в выработку и ее разрушение на отдельные куски неровной пластинчатой формы различных размеров. Пласты горючего сланца, расположенные в этой зоне, могут быть неотрабатываемыми.

Область глубин разработки от 6 до 12 долей глубины разработки является зоной частичного обрушения. В данной зоне процесс образования трещин может быть достаточно сильным, чтобы вызвать их появление в относительно больших блоках породы. Причем здесь слои могут иметь значительный прогиб, приводящий к образованию трещин, или смещаться под воздействием напряжений сдвига. Сокращать проблемы управления кровлей в этой зоне также сложно, как и осуществлять за ними наблюдение.

Верхний слой зоны обрушения занимает от 12 до 20 долей. Причем слои горных пород этой зоны могут разделяться вдоль поверхностей напластования, а трещины при этом открываться (хотя отдельные пласты остаются нетронутыми).

Над зоной обрушения находится зона трещиноватости, в которой слои горных пород разбиты на блоки вертикальными и горизонтальными трещинами в результате деления пласта горючих сланцев. Смежные блоки в каждом нарушенном слое соприкасаются полностью или частично вдоль вертикальных или наклонных трещин. Следовательно, горизонтальная сила напряжения здесь передается через поверхность напластования слоя. В данной зоне изгиб горных пород не крутой и трещины менее выражены. Мощность зоны трещиноватости колеблется от 20 до 50 долей глубины разработки.

Проблемы с управлением горным массивом обычно встречаются в области мульды оседания, пласты горючих сланцев в этой зоне могут быть менее сложными для отработки, чем пласты в зоне обрушения. Общая мощность зоны обрушения и трещиноватости изменяется от 30 до 50 долей глубины разработки.

Между зоной трещиноватости и дневной поверхностью расположена зона непрерывной деформации, которую часто называют зоной прогиба. В этой зоне прогиб слоев горных пород плавный и распространяется на протяженные горизонтальные

расстояния, без образования крупных трещин. Как правило, ведение горных работ в подобной зоне не вызывает трудностей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каракоцкая И.А. Мониторинг сдвижения земной поверхности после окончания подземных разработок. Екатеринбург, 2004.
2. Методические указания по технологическому проектированию горно-добывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки / ГИПРОРУДА. СПб. 1993.
3. <http://sitc.ru/ton/chapter10.html>.
4. Воробьев А.Е., Аламгир Мд Джалил. Совершенствование технологии разработки мощных пологих пластов угля с учетом охраны окружающей среды в месторождении Барапукурия (Бангладеш). М.: Мэйлер, 2009. 192 с.
5. Шагалов С.Е., Муллер Р.А., Марков В.В. и др. Защита и подработка зданий и сооружений. М.: Недра, 1974. 188 с.

УДК 622.272

## **Выбор рациональной технологии закладочных работ на Суздальском руднике АО «ФИК «АЛЕЛ»»**

*Л.А. КРУПНИК, д.т.н., профессор,  
Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы),  
В.Ф. ДЕМИН, д.т.н., профессор,  
Карагандинский государственный технический университет,  
Ю.Н. ШАПОШНИК, д.т.н., профессор,  
С.Н. ШАПОШНИК, д.т.н., доцент,  
Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева*

**Ключевые слова:** технология, закладочные работы, проектированные бетоносмесительные комплексы, закладочные смеси, трубопроводная оснастка, технико-экономические показатели.

Горно-перерабатывающий комплекс АО «ФИК «Алел»» находится на территории Суздальского золоторудного месторождения, расположенного в Жана-Семейском районе Восточно-Казахстанской области в 70 км от г. Семей. На сегодняшний день производительность подземного рудника по добыче руды составляет 400 тыс. т в год. Месторождение вскрыто автотранспортными уклонами, для выемки запасов руд приняты системы разработки с обрушением и закладкой выработанного пространства с применением на проходческих и очистных работах самоходного оборудования.

Руководством АО «ФИК «Алел»» в настоящее время принято решение о выемке высокоценных

запасов руд Суздальского месторождения системами разработки с закладкой выработанного пространства. В связи с переводом Суздальского рудника АО «ФИК «Алел»» на технологию выемки запасов руд с закладкой выработанного пространства твердеющими закладочными смесями, возникла необходимость выбора рациональных составов смеси, разработки рациональных схем приготовления и транспортирования закладочной смеси на подземном руднике.

Разработка технологии закладочных работ на Суздальском руднике проводилась в период 2007-2009 гг. рядом проектных и научных организаций, таких как ДГП «ВНИИцветмет» НЦ КПМС РК, ТОО



«БАИСиК» и ТОО «Горметпроект». Первоначально планировался мельничный способ приготовления закладки на поверхностном БЗК и доставка закладочной смеси в пустоты отработанной камеры трубопроводным транспортом в самотечном режиме [1]. В отчете о НИР [2] в качестве инертного заполнителя при приготовлении закладочной смеси в ДГП «ВНИИцветмет» были исследованы следующие инертные материалы: риолиты из каменного карьера; разнозернистый песок из карьера № 2; разнозернистые известняки из внутреннего отвала карьера № 1; углисто-глинистые алевролиты из отвала № 3. Установлено, что максимальную прочность имеют составы, приготовленные с использованием в качестве заполнителя риолита. Контрольные составы на их основе имеют прочность выше по сравнению с составами на основе известняка, песка и алевролитов, соответственно, на 25, 50 и 100%. С учетом вышесказанного, риолит рекомендован в качестве основного источника инертного заполнителя при приготовлении закладочных смесей.

В работе [3] была рассмотрена технология закладочных работ на пастовой закладочной смеси с подачей ее бетононасосами и на жестких бетонных смесях с подачей их метательными машинами. В специфических условиях Суздальского рудника (невысокая производительность рудника, высокая стоимость вяжущего, значительные расстояния доставки) сотрудниками ДГП «ВНИИцветмет» было рекомендовано применение метательных машин и жестких бетонных смесей на основе цемента, отходов горного производства и местных материалов (порода отвалов и песок).

Технологическим регламентом для проектирования [4] рекомендовано подземное размещение бетонозакладочного комплекса на горизонте +160 м.

Доставка закладочной смеси в проекте [5] предусматривалась автомобильным транспортом по автотранспортному уклону, однако в данном проекте бетонозакладочный комплекс не рассматривался. Однако вышеперечисленные проекты строительства БЗК не были приняты к практической реализации на Суздальском руднике из-за высоких капитальных затрат на приобретение шаровой мельницы, дополнительных затрат на водоотлив дренируемых вод при формировании закладочного массива при трубопроводном транспорте закладочной смеси при достаточно небольших объемах закладочных работ в пределах  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ , большой разбросанностью рудных тел со значительным содержанием золота (более 12 г/т), отработка которых предполагается системами разработки с закладкой, незначительной мощностью рудных тел и, как следствие, невысоких объемах закладочных работ в отработанных выемочных единицах.

В настоящее время руководство ФИК «Алел» планирует отказаться от мельничного способа приготовления закладки из-за его достаточно высокой стоимости и ставит задачу разработки технологии приготовления закладки смесителями на поверхностном комплексе и транспортирования

закладочной смеси до мест ее укладки в выработанное пространство самоходными миксерами. Укладка смеси в выработанное пространство предусмотрена бетоноукладчиками с крупностью инертного заполнителя до 20 мм с подачей смеси в выработанное пространство до 80 м. Специалистами АО «ФИК «Алел»» был обоснован выбор наиболее рационального основного технологического оборудования для ведения закладочных работ в условиях Суздальского рудника, а именно бетонорастворосмесительной установки МВ-30WS производства МЕКА производительностью  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  готового бетона, горно-шахтная машина фирмы ПАУС UNI 50-3 миксер и компактный прицепной насос для подачи мелкозернистого бетона Р 715 Putzmeister.

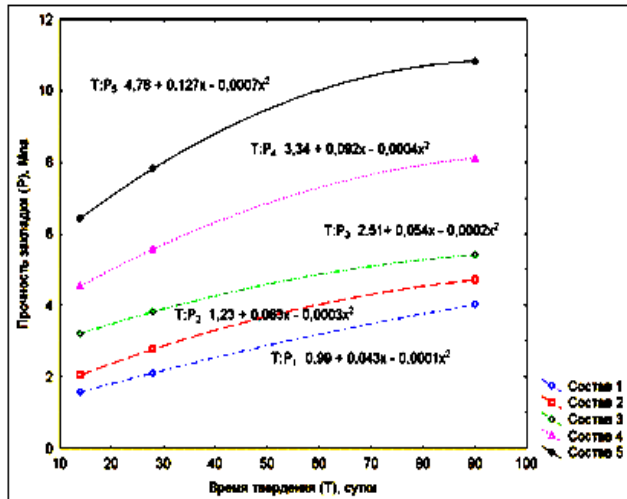
Для практической реализации технологии приготовления закладочных смесей на поверхностном бетоносмесительном узле (БСУ) необходимо подобрать составы закладочной смеси для приготовления закладки (с минимальным количеством затворителя при сохранении необходимых прочностных характеристик закладочного массива), разработать технологическую схему приготовления и транспортирования закладки, выбрать основное технологическое оборудование, провести расчет технологических процессов закладочных работ. Выявлен оптимальный гранулометрический состав смеси, удовлетворяющий требованиям транспортабельности смеси по трубопроводам и нормативной прочности (таблица 1). Лабораторные исследования по выявлению реологических свойств закладочной смеси и прочностных характеристик закладки были проведены в специализированной лаборатории строительных и закладочных работ Риддерского ГОКа ТОО «Казцинк». На основании проведенных всесторонних исследований были определены рациональные составы закладочных смесей для условий Суздальского рудника (таблица 2).

Корреляционные зависимости прочности закладки от времени твердения приведены на рисунке (при

содержании цемента в составах, соответственно, 1 – 125 кг/м<sup>3</sup>; 2 – 150 кг/м<sup>3</sup>; 3 – 200 кг/м<sup>3</sup>; 4 – 250 кг/м<sup>3</sup>; 5 – 300 кг/м<sup>3</sup>, известняка в пределах 380-310 кг/м<sup>3</sup>; песка в пределах 1150-935 кг/м<sup>3</sup> и воды 380-395 л/м<sup>3</sup>.

Таблица 1 – Оптимальный гранулометрический состав смеси, удовлетворяющий требованиям транспортабельности смеси по трубопроводам и нормативной прочности

Фракция, мм	-15+2,5	-2,5+0,074	-0,074
Содержание в смеси, %	10-15	55-60	30-35



Зависимость прочности закладки от времени твердения для условий Суздальского рудника

Как известно, использование в составе закладочной смеси добавок пластификатора типа Pozzolith дает возможность повысить текучесть закладочной смеси, а также снизить расход дорогостоящего цемента при приготовлении закладки при условии сохранения реологических свойств закладочной смеси и прочностных характеристик закладочного массива. Наиболее

Таблица 2 – Рекомендуемые составы закладочных смесей для принятых систем разработки на Суздальском руднике

Системы разработки	Часть закладочного массива	Нормативная прочность, МПа	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Расход добавки Pozzolith MR 55	Срок твердения, сутки	Ожидаемая прочность, МПа
			цемент	заполнитель (известняк: песок)	вода			
Система подэтажно-камерной выемки руды	опорный упрочненный слой	2,5-2,8	150	1700 (425:1275)	310	1,0	28	2,99
		2,5-3,0	100	1717 (428:1287)	320	-	90	3,21
	дозалив	1,5	100	1717 (428:1287)	320	-	28	1,68
		1,5	75	1740(432:1303)	320	-	90	2,41
	несущий слой	4,0-4,5	150	1673(418:1255)	320	-	90	4,71
Система слоевой выемки руды (восходящая выемка)	опорный упрочненный слой	2,0	100	1754(436:1318)	305	1,0	28	2,0
		2,5-2,8	100	1717 (428:1287)	320	-	90	3,21
	основной слой	1,0-1,5	125	1695(424:1271)	320	-	14	1,57
		1,5	100	1717 (428:1287)	320	-	28	1,68
	несущий слой	4,0-4,5	150	1673(418:1255)	320	-	90	4,71
Система слоевой выемки руды (нисходящая выемка)	несущий слой	4,0-4,5	200	1642(411:1232)	315	1,0	28	4,43
		4,0-4,5	150	1673(418:1255)	320	-	90	4,71
	дозалив	1,0-1,5	125	1695(424:1271)	320	-	14	1,57
		1,0-1,5	100	1717 (428:1287)	320	-	28	1,68
Этажно-камерная	одинаковая	2,5-3,0	100	1717 (428:1287)	320	-	90	3,21

подходящими для условий Суздальского рудника является химическая добавка Pozzolith MR 55 (на основе Pozzolith MR 25 с воздухововлекающими добавками). Прирост прочности образцов закладки при использовании добавки пластификатора в объеме 1 кг/м<sup>3</sup> закладки для рекомендованных составов закладочных смесей для условий Суздальского рудника составил от 7 до 15 %.

Расчет на прочность закладочного трубопровода сводится в основном к определению минимально допустимых толщин стенок в зависимости от параметров транспортируемой среды.

Расчет трубопроводов на прочность производится по методу предельных состояний. Для стальных труб устанавливаются следующие предельные состояния, определяемые несущей способностью трубопровода: прочность на разрыв от воздействия внутреннего

давления и достижение предела текучести при работе на поперечный изгиб, сжатие или растяжение трубопровода, уложенного на опоры, от воздействия собственного веса, веса транспортируемой среды и других факторов.

У насоса Putzmeister P 715 напорный патрубок имеет диаметр 4,5" (112 мм), поэтому расчеты были проведены для стандартных наружных диаметров труб 108, 114, 121, 127, 133 мм. Результаты расчетов сведены в таблицу 3.

Таким образом, для последующих расчетов принимаем трубы стальные бесшовные горячедеформированные ГОСТ 8731-74, 8732-78 с наружным диаметром 127 мм и внутренним диаметром 113 мм (толщина стенки 9 мм).

На основании проведенных расчетов установлено, что одна установка насоса позволяет осуществлять устойчивую доставку закладочной смеси на расстояние 250 м по горизонтали плюс 20 м по вертикали.

Расчет транспорта закладочной смеси миксером фирмы ПАУС UNI 50-3 проведен в соответствии с [6].

Исходные данные для расчета: расстояние от БСУ до горизонта 235 м  $L=0,35$  км; мощность двигателя миксера  $N=115$  кВт; КПД трансмиссии  $\eta=0,7$ ; основное удельное сопротивление движению: груженого миксера  $W_o^{gp}=150$ ; порожнего миксера  $W_o^{pi}=250$ ; масса миксера: порожнего  $m_{nop}=18,5$  т; груженого  $m_{gp}=25,5$  т; продольный уклон спирального съезда  $i=80\%$ ; производительность БСУ  $Q_{см}=30$  м<sup>3</sup>/ч; производительность бетононасоса  $Q_{нас}=15$  м<sup>3</sup>/ч

$$m_{\bar{\omega}} = m_{vi\delta} + \rho_{ci} \cdot V_i = 18,5 + 2 \cdot 3,5 = 25,5 \delta,$$

где  $\rho_{zc}=2$  т/м<sup>3</sup> – плотность закладочной смеси;

$V_m=3,5$  м<sup>3</sup> – полезный объем миксера.

Скорость движения миксера по транспортному уклону определяется по формуле:

$$g_{\bar{\omega}} = \frac{3600 \cdot N \cdot \eta}{m w_i - g_i} = \frac{3600 \cdot 115 \cdot 0,7}{25,5 \cdot 150 - 9,81 \cdot 80} = 17,9 \text{ м/с},$$

где  $N$  – мощность двигателя, кВт;

$m$  – масса миксера, т;

$\eta$  – КПД передачи (трансмиссии);

$w_o$  – основное удельное сопротивление движению груженой порожней машины;

$i$  – продольный уклон спирального съезда.

Скорость движения порожнего миксера по транспортному уклону:

$$g_{i\delta} = \frac{3600 \cdot 115 \cdot 0,7}{18,5 \cdot 250 + 9,81 \cdot 80} = 15,1 \text{ м/с}.$$

Принимаем скорость движения миксера груженого и порожнего  $g=15$  км/ч, что соответствует технической характеристике миксера на третьей передаче (20-25 км/ч) и требованиям «Общесоюзных норм технологического проектирования подземного транспорта горно-добывающих предприятий». ОНТП-86.

Время рейса миксера определяется по формуле:

$$T_{\delta} = t_3 + t_{\bar{\omega}} + t_{\delta\delta} + t_{i\delta} + t_{\bar{\omega}i}, \text{ мин},$$

где  $t_3$  – время загрузки миксера закладочной смесью, мин;

$t_{gp}$  – время движения груженого миксера под уклон по спиральному съезду, мин;

$t_{раз}$  – время разгрузки смеси закладочной смеси из миксера в приемную ёмкость насоса, мин;

$t_{nop}$  – время движения порожнего миксера на подъем по спиральному съезду, мин;

$t_{\delta on}$  – время, необходимое на маневры при загрузке миксера, мин.

Время загрузки миксера, исходя из производительности смесителя  $Q_{\bar{m}}=30$  м<sup>3</sup>/ч:

$$t_3 = \frac{V_i}{Q_{ci}} = \frac{3,5 \delta^3}{30 \delta^3 / \delta} = 0,12 \text{ с} = 7,2 \text{ мс}.$$

Принимаем  $t_3=8$  мин.

Время движения груженого миксера от БСУ до насоса по спиральному съезду и горным выработкам:

$$t_{\bar{\omega}} = \frac{L_c}{g_{\bar{\omega}}}, \text{ с},$$

Таблица 3 – Результаты расчетов для стандартных наружных диаметров труб

Наружный диаметр трубы $D_n$ , мм	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные ГОСТ 8731-74, 8732-78			Трубы стальные бесшовные горячекатаные из стали марок 30 ХГСА, – ВД. 30 ХГСН 2А		
	внутренний диаметр $D_{вн}$ , мм	толщина стенки $\delta$ , мм	масса трубы 1 м/кг	внутренний диаметр $D_{вн}$ , мм	толщина стенки $\delta$ , мм	масса 1 м трубы, кг
108	95	8,5	20,86	95	8,5	20,86
114	101	8,5	22,12	101	8,5	22,12
121	107	9,0	23,58	108	8,5	23,58
127	113	9,0	24,84	114	8,5	24,84

133	119	9,0	26,10	119	9,0	26,10
-----	-----	-----	-------	-----	-----	-------

Примечание: указанная толщина стенки трубы является минимальной

где  $L_c$  – длина транспортировки, км;

$g_n^{до}$  – скорость движения груженого миксера под уклон, км/ч.

Время движения порожнего миксера на подъем:

$$t_{ид} = \frac{L_c}{g_n^{ид}}, \text{ ч.}$$

где  $g_n^{ид}$  – скорость движения порожнего миксера на подъем, км/ч.

Принимаем время движения груженого миксера 2 мин. и порожнего – 2 мин. (при длине транспортирования 0,35 км).

Время разгрузки миксера  $t_{раз}$  принимается в соответствии с производительностью насоса Putzmaister. Время разгрузки закладочной смеси из миксера в приемный бункер бетононасоса:

$$t_{раз} = \frac{V_i}{Q_{ид}} = \frac{3,5 \text{ м}^3}{15 \text{ м}^3/\text{ч}} = 0,23 \text{ ч} = 14,1 \text{ мин.}$$

Принимаем  $t_{раз} = 15$  мин.

Суммарное время, необходимое на маневры при загрузке и разгрузке миксера, принимаем равным  $t_{дон} = 3$  мин.

Полное время рейса миксера составит 30 мин.

Анализ результатов расчетов показывает следующее. Трубопроводный транспорт весьма чувствителен к остановкам и перерывам, из-за которых бетонная смесь в трубопроводах загустевает и частично схватывается. Это вызывает аварии и значительные непроизводительные затраты по разборке и очистке бетонопроводов. По этой причине доставка бетонной смеси миксерами должна быть бесперебойной. Практика строительных работ показывает, что при перерыве более чем на 30 минут смесь во избежание образования пробок в бетоноводе должна активизироваться

путем периодического включения бетононасоса. Таким образом, одним миксером возможна работа только на расстояние до 0,35 км. В дальнейшем для нормальной работы закладочного комплекса необходима работа с двумя миксерами.

Себестоимость закладочных работ по статье «Материалы» при формировании искусственного массива усредненной прочностью 2,0 МПа в возрасте 28 суток складывается из следующих компонентов: цемент – 100 кг/м<sup>3</sup>; известняк – 436 кг/м<sup>3</sup>; песок – 1318 кг/м<sup>3</sup>; вода – 305 л/м<sup>3</sup>; химические добавки – 1,0 кг/м<sup>3</sup>.

Удельный расход компонентов закладки при формировании искусственного массива усредненной прочностью 2,0 МПа в возрасте 28 суток и затраты на их приобретение сведены в таблицу 4.

В расчете затрат на приобретение компонентов смеси стоимость цемента производства ТОО «Семейцемент» принята 16 000 тенге/т, затраты на добычу песка в карьере № 2 – 1500 тенге/м<sup>3</sup>, затраты на транспортирование известняка из внутрикарьерного отвала карьера № 1 на расстояние 0,5 км ориентировочно приняты равными 1000 тенге/м<sup>3</sup>.

Для обеспечения процесса приготовления закладочных смесей при производительности комплекса 12 м<sup>3</sup>/ч водопотребление с учетом хозяйственных нужд составит около 5 м<sup>3</sup>/ч. Водоснабжение предусмотрено от инженерных сетей промплощадки и в затраты на приготовление смеси не включается.

Таким образом, удельные затраты на приготовление 1 м<sup>3</sup> закладочной смеси составят около 2690 тенге, что сопоставимо с затратами на приготовление закладки на ведущих горно-добывающих предприятиях Восточного Казахстана: Орловском руднике Жезкентского ГОКа ТОО «Корпорация «Казахмыс» – 2460 тенге/м<sup>3</sup>; Риддер-Сокольном руднике Риддерского ГОКа ТОО «Казцинк» – 2053 тенге/м<sup>3</sup>.

Таблица 4 – Удельный расход компонентов закладки и затраты на приготовление закладочной смеси

№ п/п	Наименование компонентов закладки	Удельный расход компонентов на 1 м <sup>3</sup> закладки, кг/м <sup>3</sup>	Затраты на приобретение компонентов смеси, тенге/кг
1	Цемент М-400 Семейского завода	100	16
2	Песок	1318	0,58
3	Известняк	436	0,39
4	Шахтная вода	305	-
5	Химические добавки Pozzolith MR 55	1,0	150

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологический регламент для проектирования бетонозакладочного комплекса (БЗК) месторождения «Суздальское» (тема: 6-07-44, договор № 80 от 28.08.2007 г.) / ДГП «ВНИИцветмет». Усть-Каменогорск-Семипалатинск, 2007.
2. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Лабораторные исследования и выбор составов закладочных смесей для условий подземного рудника Суздальского месторождения» (дог. № 80 от 26.09.2006 г.) / ДГП «ВНИИцветмет». Усть-Каменогорск, 2007. 37 с.
3. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 6-08-09 «Разработка и исследование жестких закладочных смесей и выдача технологического регламента для проектирования техники и технологии закладочных работ на их основе при отработке месторождения «Суздальское» (дог. № 2517 от 16.04.2008 г.). Этап I. Разработка и исследование жестких закладочных смесей (промежуточный) / ДГП «ВНИИцветмет». Усть-Каменогорск, 2008.

4. Рабочий проект «Бетонозакладочный комплекс (БЗК) подземного рудника месторождения «Суздальское»: ТОО «БАИСиК». Усть-Каменогорск, 2009.
5. Проект «Увеличение мощности рудника Суздальский, часть – технологическая (подземный рудник). Вскрытие и отработка запасов с горизонта +40 м до -100 м» / ТОО «Горметпроект». Усть-Каменогорск, 2009.
6. Нормы технологического проектирования подземного транспорта горно-добывающих предприятий ОНТП 1-86, раздел В «Проектирование самоходного нерельсового транспорта».

УДК 622.277(574)

## **Рудоподготовка месторождений благородных металлов для кучного выщелачивания**

**А.К. ТУРСУНБАЕВА**, к.т.н., профессор кафедры ММиН,  
Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** благородные металлы, кучное выщелачивание, рудоподготовка, рудный штабель, агломерация, окомкование, кольматация, сегрегация.

Развитие добычи благородных металлов в Республике Казахстан осуществляется как на россыпных, так и на коренных месторождениях, что предполагает принципиальную смену технологий от традиционных к физико-химическим и, прежде всего, кучному выщелачиванию, позволяющему существенно снизить капитальные вложения и эксплуатационные затраты. Однако в Казахстане кучное выщелачивание (КВ) не нашло широкого применения не только из-за резко-континентального климата, сложного химического и фазового состава исходного сырья, но и из-за отсутствия целенаправленных теоретических и технологических исследований по рудоподготовке месторождений благородных металлов для кучного выщелачивания. При этом каждое месторождение имеет особенности минералогического, химического состава руд, формы нахождения в них золота и серебра, что требует проведения целенаправленных исследований по добыче и рудоподготовке. Следует отметить, что самым энергоемким и дорогостоящим процессом подготовки руды является ее разрушение: взрывание, дробление и измельчение [1, 2].

Руды ряда месторождений благородных металлов Казахстана имеют значительную твердость, содержат как свободное, так и невидимое золото в арсенопирите и пирите. Наличие такого золота обуславливает высокие требования к работе цикла дробления руды и ее выщелачивания, а также развитие новых методов рудоподготовки, что является предметом настоящих исследований. Основными факторами, определяющими эффективность технологии КВ руд благородных металлов, являются: физико-химические свойства руды, способы рудоподготовки и формирования рудного штабеля, обеспечивающие проницаемость рудной массы. Исходя из этого, определены основные задачи исследования.

На основании математической модели влияния минерального и химического составов, текстурно-структурных факторов на процессы дробления и измельчения руд благородных металлов, дающей возможность классифицировать руды для оптимизации процессов дробления и измельчения, а

также аналитической модели и установленных закономерностей дезинтеграции упорных руд благородных металлов, позволившие классифицировать руды по способам воздействия на них внешних потоков энергии, предлагается технологическая схема рудоподготовки на месторождениях благородных металлов для кучного выщелачивания.

Так как в сульфидных рудах месторождений благородных металлов Казахстана серебро и золото представлено в виде электрума и имеет тонкую вкрапленность, то рекомендуется рудоподготовку осуществлять в три стадии дробления, по классам: -20+15 мм, -15+10 мм, -10+5 мм, что позволяет за период выщелачивания 60 суток при общем расходе растворителя до 1 кг/т достичь степени извлечения драгоценных металлов на уровне 85 %. Для руд других минералогических типов: окисленные, смешанные, гранулометрические – слои штабеля формируются с использованием изложенных принципов.

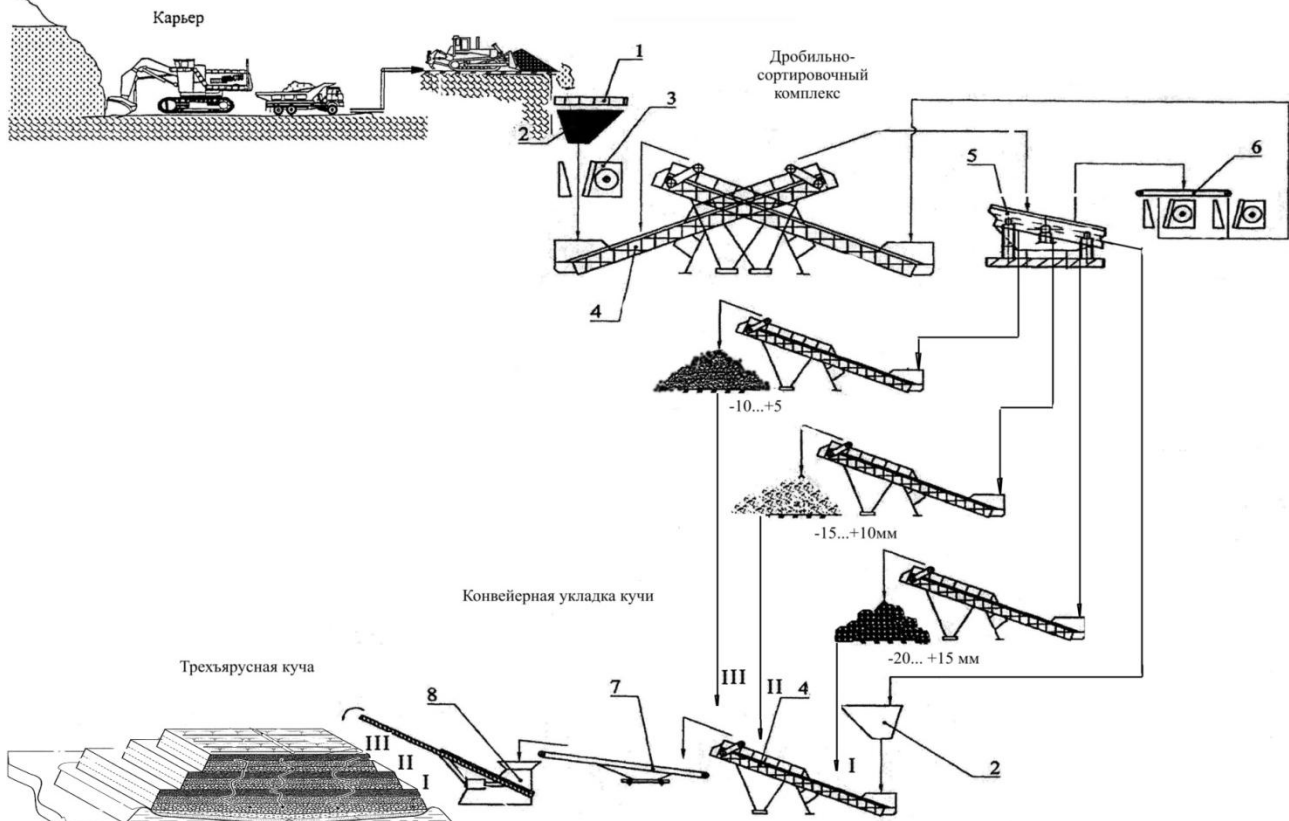
На стадии рудоподготовки образуется значительное количество мелочи, наличие которой резко снижает просачивание раствора через слой руды в штабеле при выщелачивании. Основным способом решения данной проблемы является агломерирование руды связующим веществом на барабанном окомковывателе. В этой связи формирование рудного штабеля предлагается осуществлять передвижными и штабелирующими конвейерами. Для устранения уплотнения рудной массы бульдозером при формировании штабеля рекомендуется использовать передвижные штабелирующие конвейеры. Выявлено, что работа по измельчению минерала пропорциональна его поверхностному натяжению  $\sigma$ . Максимальная работа разрушения отмечается при диспергировании в вакууме, в среде инертного газа или несмачивающей жидкости. Минимальная работа разрушения отмечалась при диспергировании в жидких средах, содержащих поверхностно-активные вещества. Показано, что дробленая руда требует сортировки по типоразмерам, либо окомкования.

Согласно предлагаемой технологической схеме рудоподготовки месторождений благородных металлов для КВ (рисунок 1) добыча руды в карьере после буровзрывных работ осуществляется селективной выемкой. Транспортировка руды выполняется автосамосвалами на склад, а затем на дробильно-сортировочный комплекс (ДСК).

На дробильно-сортировочном комплексе (ДСК) руду разгружают в приемный бункер (1) вместимостью 30 м, из которого с помощью

пластинчатого питателя руда подается на первую стадию дробления.

Схема рудоподготовки включает в себя трехстадийное дробление. На первой стадии дробления установлена щековая дробилка СМД-110А (3) с размерами приемного отверстия 600x900 мм. При крупности исходной руды 510 мм дробилка может обеспечить производительность 60 м<sup>3</sup>/ч. После щековой дробилки дробленая руда подается на конусную дробилку



1 – колосниковая решетка; 2 – барабанный окомковыватель; 3 – щековая дробилка; 4 – магистральный конвейер; 5 – агрегат сортировки; 6 – агрегат среднего дробления; 7 – передвижной конвейер; 8 – штабелирующий конвейер (стакер)

Рисунок 1 – Предлагаемая схема рудоподготовки на месторождениях благородных металлов

среднего дробления КСД-1750 (4). Там она дробится до крупности – 25 мм. Наибольший размер кусков питания – 160 мм, производительность – 90 м<sup>3</sup>/ч.

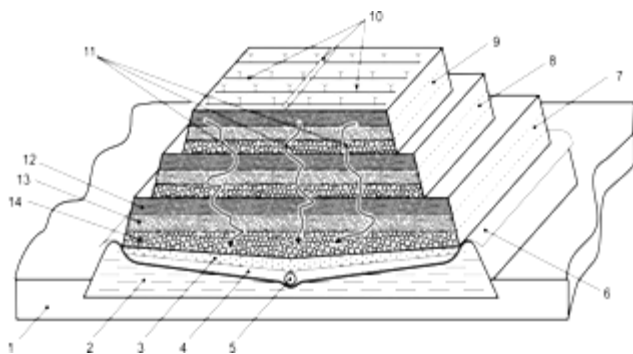
После первой стадии дробления на разгрузочный конвейер щековой дробилки с помощью щекового дозатора из бункера (2) подается портландцемент из расчета 3 кг на 1 т руды и перемешивается с ней на второй стадии дробления. Пройдя конусную дробилку, рудный материал с помощью ленточного питателя (5) поступает на грохот-питатель (6) с размером отверстий сит 10 мм. С помощью ленточных конвейеров подрешетный продукт отправляется в инерционный грохот (8), а надрешетный продукт грохота отправляется на третью стадию дробления в конусной дробилке мелкого дробления КМД – 1200 (7).

После третьей стадии руда поступает на контрольное грохочение в инерционный грохот (8) с размером отверстий сита 10 мм, откуда надрешетный продукт отправляется на грохот-питатель (6), а

подрешетный продукт с помощью питателя подается в барабанный окомкователь (10). Смесь руды и связующего орошается концентрированным раствором цианида натрия до 6-8 % в окомкователе. Расход цианида натрия 1 кг/т. Дополнительно руда еще окомковывается при транспортировании ее системой конвейеров.

В некоторых случаях полностью останавливает технологический процесс из-за коагуляции нижних слоев штабеля и естественной сегрегации руды. Основным способом решения данной проблемы является агломерирование руды связующим веществом, а также буровзрывное рыхление рудного штабеля. Результат агломерирования мелочи достигается тем, что в способе кучного выщелачивания руд, включающем дробление руды, отсыпку штабеля, орошение штабеля выщелачивающим раствором, после дробления руду разделяют на фракции, а отсыпку руды осуществляют конвейерным оборудованием однородными по

фракциям слоями, уменьшая крупность руды от нижнего слоя к верхнему в виде трехъярусного штабеля кучи (рисунок 2).



1 – коренные породы; 2 – глина; 3 – песок; 4 – гравий;  
5 – приемная магистраль; 6 – гидроизоляционная пленка;  
7, 8, 9 – I, II, III ярусы кучи соответственно;  
10 – оросительная система; 11 – просачивание растворов;  
12, 13, 14 – руда крупности – 20 мм, 15 мм, 10 мм  
соответственно

Рисунок 2 – Модель укладки рудного штабеля для кучного выщелачивания

Метод взрывного рыхления штабеля КВ испытан на месторождении в ходе проведения промышленных экспериментов. Отсыпку штабеля КВ осуществляли на заранее подготовленное основание. Затем на расстоянии 4-6 м друг от друга устанавливали

перфорированные полиэтиленовые или асбестоцементные трубы диаметром 100-150 мм. Длина труб на 0,5 м превышала высоту кучи. При снижении скорости просачивания выщелачивающих растворов по высоте кучи, вызванном коагуляционными явлениями, в трубы, заранее уложенные в кучи, помещали заряды низкоплотных ВВ и периодически взрывали. Взрывание зарядов в скважинах глубиной до 5 м и диаметром 105 мм, пробуренных на уплотненных шламовыми фракциями участках рудного отвала, позволило повысить проницаемость рудной массы в 1,5-2 раза, увеличить добычу металла на 20-25 % и скорость выщелачивания полезного компонента на 25-30 %.

Таким образом, на основании проведенных исследований предлагается принципиальная технологическая схема кучного выщелачивания (рисунок 3), позволяющая оптимизировать процессы рудоподготовки и дезинтеграции упорных руд для эффективного извлечения целевого металла, и формирования рудного штабеля, с заданными технологическими и геометрическими параметрами, инструментальными исследованиями устойчивости бортов, послойного формирования рудной массы различной крупности и орошения выщелачивающими растворами.

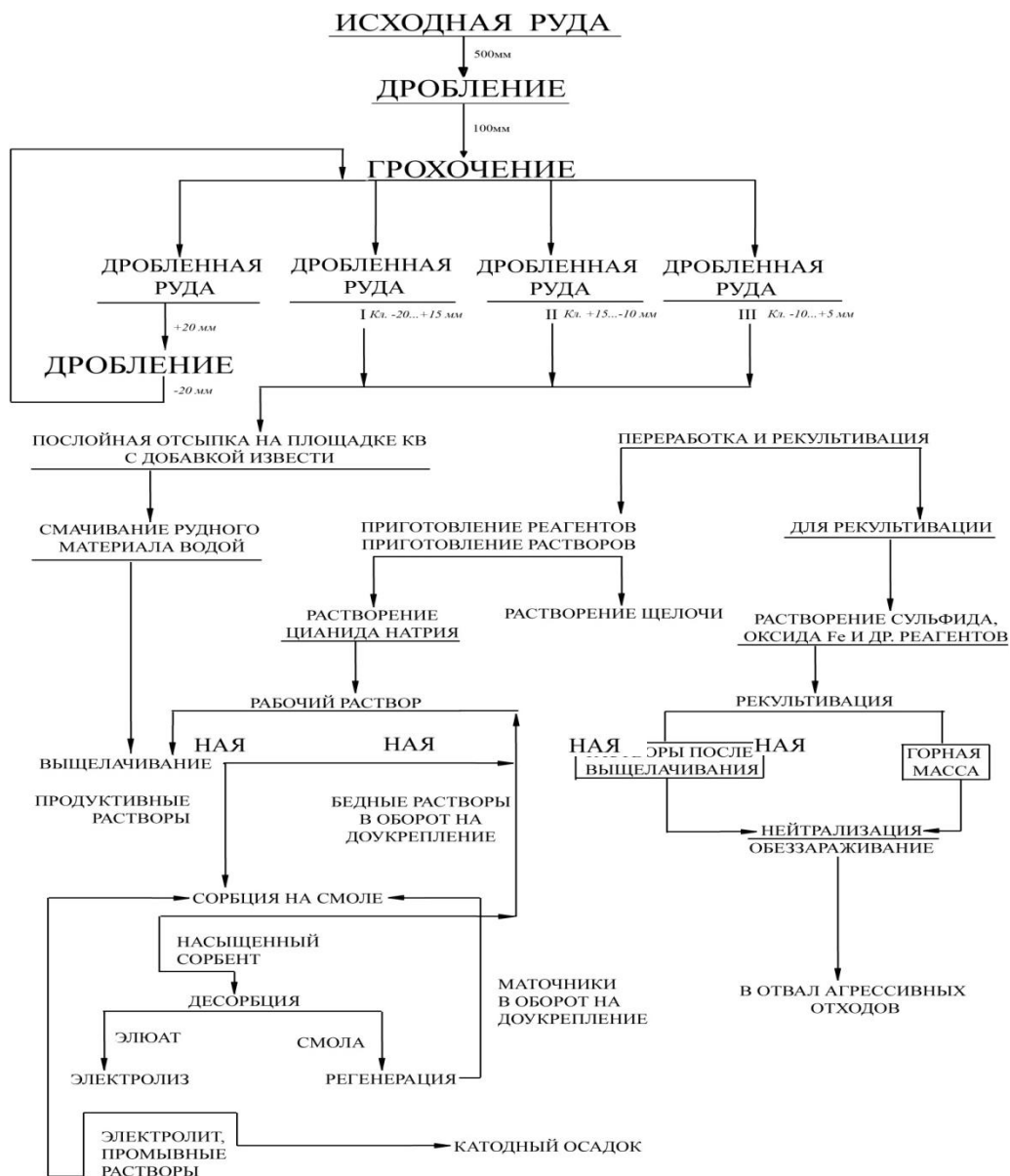


Рисунок 3 – Принципиальная технологическая схема КВ

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арнс В.Ж. Физико-химическая геотехнология: монография. М.: Изд-во МГГУ, 2001. 656 с.
2. Воробьев А.Е., Портнов В.С., Турсунбаева А.К. Рудоподготовка месторождений благородных металлов для кучного выщелачивания: монография. Караганда: Издательско-полиграфический центр Казахстанско-Российского университета, 2010. 314 с.

УДК 622.271

## Периодические выбросы метана из очистного пространства на шахтах «Саранская» и «Сокурская»

Г.А. ПАК, директор ТОО «Ваша безопасность»,  
 В.Н. ДОЛГОНОСОВ, д.т.н., доцент кафедры МДиГ,  
 Е.А. ПАНАСЕНКО, магистрант кафедры МДиГ,  
 Е.В. ДОЛГОНОВА, магистрант кафедры МДиГ,  
 Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** основная кровля, обрушение, газовыделение, очистное пространство, дегазация.



Анализ результатов исследований, выполненных на шахтах «Саранская» и «Сокурская» Карагандинского угольного бассейна, позволил установить общие закономерности процесса обрушения основной кровли и интенсивность газовыделения из очистного пространства [1, 2, 3]. Прослеживается четкая взаимосвязь между шагами обрушения основной кровли, объемами и интенсивностью метановыделения. Одновременно с периодическими шагами обрушения основной кровли происходят периодические выбросы метана в выработанном пространстве очистной выемки. На сегодняшний день нет четкого представления о том, какую опасность таят в себе забитые до отказа метаном старые или действующие выработанные пространства с куполами сдвижения, где возникают громадные скопления метана, потенциально опасные «газовые мешки».

Важное значение имеет положение линии очистного забоя относительно обрушаемого блока основной кровли (рисунок 1). Выполненные наблюдения за периодическими осадками (шагами обрушения) основной кровли практически во всех лавах показали, что в начальный момент, после очередного обрушения основной кровли, состояние угольного забоя лавы очень хорошее, устойчивое. Такое устойчивое состояние сохраняется примерно до середины пролета шага обрушения, после которого устойчивость нарушается. С этого момента начинает проявляться с нарастающей силой опорное давление, в результате которого в лаве происходит отжим угольного пласта и вышележащих слоев пород и пластов и при подходе к точке обрушения начинает интенсивно выделяться метан под давлением в очистное пространство лавы.

Когда система дегазации работает неэффективно (внезапная остановка вакуумных насосов, разрыв газопровода, высокая нагрузка на лаву и т.д.), происходят выбросы метана при обрушении пород основной кровли из выработанных пространств. Мощность таких выбросов зависит от физико-механических характеристик вмещающих пород, а также от природной газоносности пласта и окружающих горных пород, попадающих в зону сдвижения.

Когда в почве и кровле залегают крепкие слои пород, выбросы метана происходят максимальной мощности, при этом возникает «поршневой» эффект – с мгновенным выбросом метана в горные выработки при обрушении кровли.

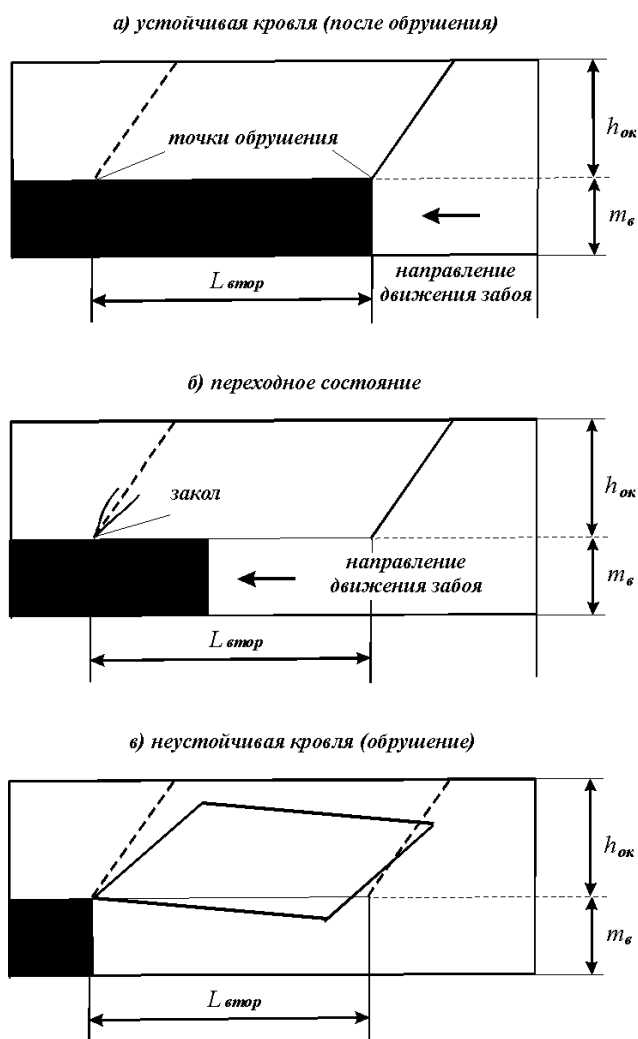


Рисунок 1 – Положение линии очистного забоя относительно обрушаемого блока при вторичных осадках основной кровли

В момент обрушения и выброса газа очень важно, чтобы дегазационная система работала эффективно. Если эффективность дегазации из выработанного пространства менее 30 – 50 %, то возможно возникновение аварийной ситуации из-за резкого увеличения содержания метана в горных выработках.

Следует заметить, что при неэффективной дегазации всплески метановыделения могут происходить также при погодных колебаниях и сопутствующих изменениях атмосферного давления. Так, например, на шахтах «Саранская» и «Сокурская» при работе небольших лав с нагрузкой порядка 1000 тонн в сутки при ясной погоде и высоком атмосферном давлении особых проблем с добычей не было, но если погода резко менялась и падало давление, то в верхнем кутке лавы сразу отмечалось превышение концентрации метана.

Есть еще одна опасная ситуация со стороны заполненного метаном выработанного пространства, когда очистные работы закончены, борьба с метаном на участке ведется слабо, на момент демонтажа она прекращается (экономия электроэнергии). И при демонтаже лавы, когда прекращается работа

дегазации и начинается демонтаж секций, из-за обрушения пород кровли происходит нарушение схемы проветривания и может произойти выброс накопившегося под давлением метана из выработанного пространства в прилегающие горные выработки.

После изоляции отработанных участков в течение длительного времени в результате действия горного давления метан «выжимается» из окружающего массива в выработанное пространство и в результате происходит дальнейшее увеличение давления метана в замкнутом объеме. В этом случае создаются условия прорыва газа из ранее отработанных лав, где давление выше, в горные выработки, где давление ниже, при сбойках и через трещиноватые оставленные целики, которые подвергаются опорному давлению. Эта ситуация таит в себе очень большую опасность. Так, на шахте «Сокурская» 20 февраля 1978 г. (система отработки лав «через панель») при ведении подготовительных работ вприсечку к выработанным пространствам произошел выброс метана в горные выработки на стадии окончания нарезных работ в момент сбойки горных выработок. В результате горные выработки были загазированы и произошел взрыв, унесший жизни 76 горняков.

Еще более непредсказуемая и опасная ситуация возникает в момент обрушения основной кровли, которое приводит к объединению выработанных пространств, например, при отработке спаренных лав или же отработке нижележащего столба вприсечку к коренной лаве.

Таким образом, процессы сдвижения горных пород, обрушения основной кровли и выбросы метана из призабойной части пласта и выработанных пространств неразрывно связаны между собой. На основе прогноза газовойделения при ведении очистных работ на планируемом добычном участке можно определить необходимую производительность

дегазационных систем и разработать график загрузки каптируемого метана. Данный прогноз необходимо выполнять ещё на стадии проектирования вентиляции угольных шахт. По данным прогноза должны приниматься технические решения по обеспечению проветривания, дегазационных мероприятий и допустимой нагрузки на очистной забой.

Разработанная методика прогноза шагов обрушения и газовойделения [4] позволяет рассчитывать значение абсолютного газовойделения при заданных (плановых) нагрузках на очистной забой и получить прогноз метанообильности и газодинамической опасности разрабатываемых лав.

Закономерность, связывающая выбросы газа из очистного пространства с приближением лавы к точке обрушения основной кровли, была выявлена при отработке одиночной лавы 53К-7-ЮЗ на шахте «Сокурская» в 1993-1995 гг., где четко прослеживались периодические шаги обрушений [3]. Даты загазирования участка (даты выбросов метана) совпадают с датами обрушений или им предшествуют. Фактическое содержание метана на исходящей лаве превышало предельно допустимое значение, регламентированное «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах» [5].

Разработана компьютерная программа для расчета шагов обрушения и газовойделения из очистного пространства. На рисунке 2 в качестве примера приведено одно из диалоговых окон программы с геологической и горно-технической информацией по лаве 53 К7-ЮЗ шахты «Сокурская».

Полученные результаты как по шагам обрушений, так и по газовойделению хорошо соответствуют фактическим данным. Так, в лаве 53 К7-ЮЗ общий объем выделившегося метана составил 48,2 млн. м<sup>3</sup>, а по прогнозу – 49,1 млн. м<sup>3</sup> (таблица 1).

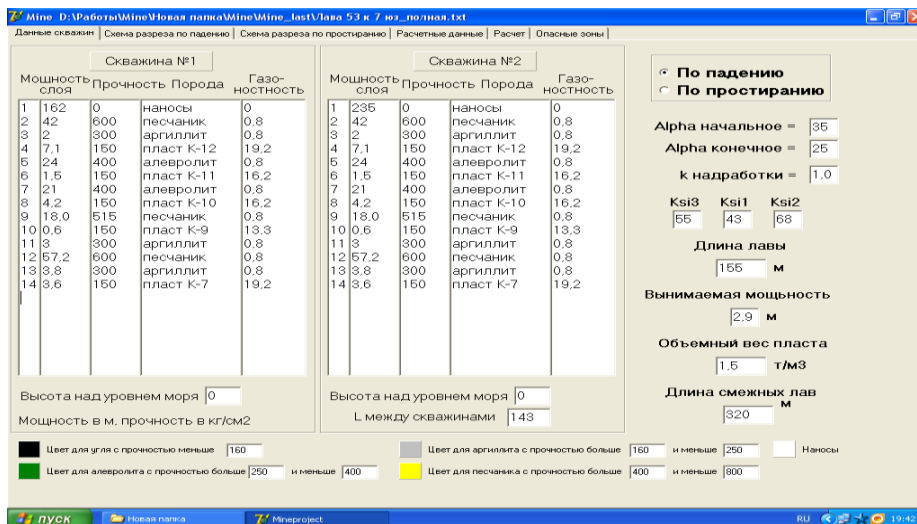


Рисунок 2 – Окно программы расчета шагов обрушения и метановыделения

Таблица 1 – Результаты расчетов шагов обрушения и объемов газовойделения по лаве 53 К7-ЮЗ шахты «Сокурская»

Шаг обрушений (от целика), м	Добыча, тыс. тн	Объем метана, млн. м <sup>3</sup>	Относительная газообильность, м <sup>3</sup> /тн	Максимальная интенсивность газовойделения, м <sup>3</sup> /мин
91,7	61,86	2,083	33,7	46,8

128,8	86,86	3,209	36,9	62,5
165,8	111,76	4,560	40,8	56,7
202,6	136,57	5,958	43,6	60,6
239,2	161,28	7,351	45,6	63,3
275,7	185,90	8,738	47,0	65,3
312,1	210,41	10,120	48,1	66,8
348,3	234,83	11,496	49,0	68,0
384,4	259,15	12,867	49,7	69,0
420,3	283,38	14,233	50,2	69,8
456,1	307,51	15,593	50,7	70,4
491,7	331,55	16,948	51,1	71,0
527,2	355,49	18,298	51,5	71,5
562,6	379,34	19,642	51,8	71,9
597,8	403,09	20,981	52,1	72,3
632,9	426,75	22,315	52,3	72,6
667,9	450,32	23,643	52,5	72,9
702,7	473,80	24,967	52,7	73,2
737,4	497,18	26,285	52,9	73,4
771,9	520,47	27,598	53,0	73,6
806,3	543,67	28,905	53,2	73,8
840,6	566,78	30,208	53,3	74,0
874,7	589,79	31,505	53,4	74,2
908,7	612,72	32,798	53,5	74,3
942,6	635,55	34,085	53,6	74,5
976,3	658,30	35,367	53,7	74,6
1009,9	680,96	36,644	53,8	74,7
1043,4	703,52	37,916	53,9	74,9
1075,8	726,00	39,183	54,0	75,0
1110,0	748,39	40,445	54,0	75,1
1143,0	770,69	41,703	54,1	75,2
1176,0	792,91	42,955	54,2	75,2
1208,8	815,03	44,202	54,2	75,3
1241,5	837,07	45,444	54,3	75,4
1274,0	859,03	46,682	54,3	75,5
1306,5	860,89	47,915	54,4	75,5
1338,8	902,67	49,142	54,4	75,6

В последнем столбце таблицы 1 приведена максимальная интенсивность газовыделения в момент обрушения основной кровли при плановой нагрузке на очистной забой 1000 тонн в сутки.

При увеличении нагрузки на очистной забой увеличивается интенсивность газовыделения. Зависимость интенсивности газовыделения от нагрузки для лавы 53 К7-Ю3 представлена в таблице 2 и на графике (рисунок 3).

Таблица 2 – Интенсивность газовыделения в зависимости от нагрузки на лаву 53 К7-Ю3

Нагрузка на очистной забой, тн/сут	1000	1500	3000	5000
Максимальная интенсивность газовыделения из лавы, м <sup>3</sup> /мин	75,5	113,4	266,8	378,1

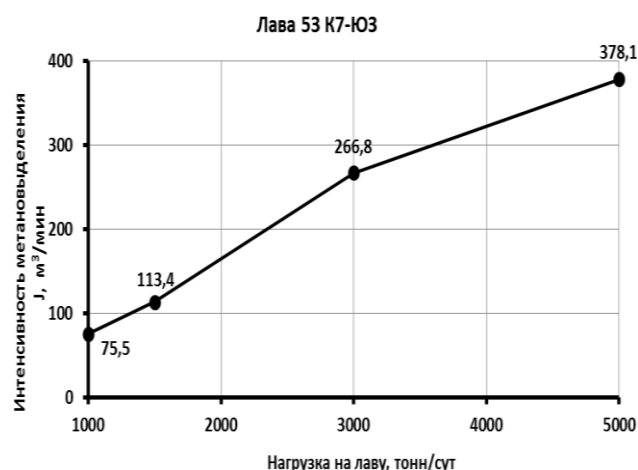


Рисунок 3 – График зависимости интенсивности метановыделения от суточной нагрузки на лаву

По разработанной методике также была выполнена проверка достоверности прогнозов шагов обрушения и объемов газовыделения по лаве 64К-10В на шахте «Саранская» [2, 3].

Шаги обрушения основной кровли в условиях лавы 64К-10В на первых 240 метрах подвигания забоя проявлялись только в виде повышенного горного давления, при этом происходило резкое увеличение метановыделения, предшествующее обрушению основной кровли.

Следует отметить, что горно-геологические условия отработки первых 240 метров подвигания лавы 64К-10В из 1200 метров общей протяженности выемочного столба можно назвать благоприятными. Во-первых, она велась в целике пласта К-10; во-вторых, под отработанным ранее пластом К-14, в защищенной от горного давления зоне; в-третьих, горное давление на очистной забой не достигло своего максимума, который прогнозируется при соединении двух ранее отработанных вышележащих лав и действующей (после 300 метров подвигания лавы 64К-10В от целика монтажной камеры).

На выемочном поле лавы 64К-10В имеются участки, подверженные совместному действию от двух до четырех зон повышенного горного давления (ПГД). На данных участках пласт и окружающие его породы непосредственной кровли и почвы будут деформированы в результате мощного воздействия сил горного давления, что потребует особого внимания при приближении очистного забоя. В этой связи отработка лавы 64К-10В при подвигании свыше 300 метров от целика монтажной камеры велась в более сложных горно-геологических условиях, чем это было в вышерасположенных и ранее отработанных лавах 62К-10В и 63К-10В, так как общая площадь очистной выемки увеличилась почти в 3 раза.

По разработанной методике [4] выполнен прогноз шагов обрушения основной кровли, и в период с августа по октябрь 2008 г. производился мониторинг фактических значений шагов обрушений [1, 3]. Наряду с шагами обрушения выполнен прогноз метановыделения по лаве. Прогнозные и фактические объемы метана представлены в таблице 3.

Анализ графиков метановыделения по лаве 64К-10В за период с августа по октябрь 2008 г. (рисунок 4) и совмещение с фактическими шагами обрушений (вертикальные линии на графиках) также подтверждают принятую гипотезу о взаимосвязи между шагами обрушения и газовыделением.

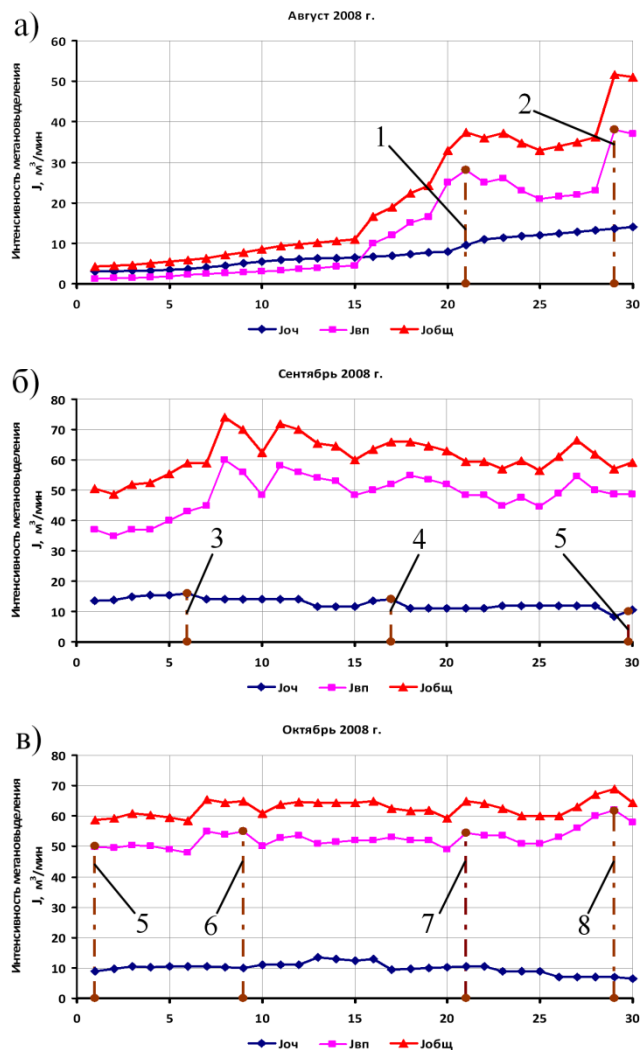


Рисунок 4 – Графики метановыделения по лаве 64К-10В за август-сентябрь-октябрь 2008 г.

После обрушения основной кровли выделение метана должно резко снижаться. Если после обрушения объем метановыделения не снижается, то это свидетельствует о неэффективной работе системы дегазации, т.е. объем поступающего в лаву метана больше, чем производительность всех средств дегазации, как это было в сентябре 2008 г. (рисунок 4б).

Объемы метановыделения по лаве 64К-10В (таблица 3) следует считать минимальными, так как методика расчета не учитывает тот объем метана, который мигрирует (уходит) через выработанные пространства и пустоты ранее отработанных участков по

Таблица 3 – Анализ объемов метановыделения во взаимосвязи с шагами обрушения по лаве 64К-10В

№	Дата обрушения	Фактическое расстояние от целика монтажной камеры, м	Прогноз объема метана, тыс. м³	Фактический объем метана, тыс. м³
Шахта «Саранская», лава 64К-10В				
1	21.08.2008 г.	60,0	1273,9	370,3
2	28-29.08.2008 г.	82,0-84,0	1979,8	808,1
3	06-07.09.2008 г.	104,0-107,0	2775,7	1509,5
4	17.09.2008 г.	132,5	3935,3	2486,4
5	01.10.2008 г.	159,0-161,0	5210,3	3734,5

6	10.10.2008 г.	187,0	6672,7	4624,1
7	21.10.2008 г.	205,0	7538,2	5638,2
8	29.10.2008 г.	223,5	8418,8	6477,3

пластам K12 (лава 45К-12-1-3) и K14, заполняя их (это не менее 30 % от общего объема). Именно отсюда метан, как более легкий газ, попадает через незаилонанные оградительные переемы пласта K14 в исходящие струи всех четырех действующих вентиляционных стволов шахты. В связи с этим необходимо правильно вести подсчет газообильности сначала по всей шахте, затем вычитать из конечного результата среднюю газообильность всех действующих подготовительных забоев, где эта величина не превышает 2-5 м<sup>3</sup>/мин. Расчет участковой

газообильности по предложенной методике будет более точно соответствовать действительности.

Решение перечисленных задач актуально на всех стадиях освоения угольного месторождения: при проектировании, строительстве и эксплуатации шахты. Использование данной методики позволит достичь максимального экономического эффекта, а главное, – обеспечить безопасность за счет объективного прогноза газовыделения и знания времени и места опасных периодов, связанных с обрушением основной кровли.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пак Г.А., Долгонос В.Н. Расчет шагов обрушения основной кровли и газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна // *Новости науки Казахстана / НЦНТИ*. Алматы: 2009. № 2. С. 43-49.
2. Пак Г.А., Долгонос В.Н. Проверка достоверности прогноза шагов обрушения основной кровли по лаве 64К-10В на шахте «Саранская» // *Геология и охрана недр*. Алматы, 2009. № 3(32). С. 79-80.
3. Шпаков П.С., Пак Г.А., Долгонос В.Н. Взаимосвязь шагов обрушения основной кровли и интенсивности газовыделения на шахтах «Сокурская» и «Саранская» Карагандинского бассейна // *Научно-технический и производственный журнал «Маркшейдерия и недропользование»*. М., 2009. № 6. С. 70-72.
4. Методика расчета шагов обрушения основной кровли и прогноз газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 10. С. 31-34.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недр, 1973. 512 с.

УДК 622.411.332 (574.31)

## Динамика изменения концентрации метана в куполах большого объёма

Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ, д.т.н., профессор,  
Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** горные выработки, диффузия, метан, концентрация, уравнение диффузии, ряды Фурье.

Практика ведения горных работ показывает, что в процессе проходки подготовительных выработок в результате вывалов или обрушений кровли образуются пустоты различной формы, высоты и объёма. В газовых шахтах подобного рода пустоты являются местами скопления метана и представляют повышенную опасность. В результате резкого падения атмосферного барометрического давления или значительного увеличения скорости движения воздуха в выработках возможен выброс метана большой концентрации в вентиляционную систему шахты.

Вывос метана из куполов небольших размеров в обычных условиях ( $\leq 0,5$  м по высоте) осуществляется в основном за счёт действия свободных турбулентных струй. Динамика изменения средней концентрации метана в таких местах достаточно хорошо описывается уравнением турбулентной диффузии для камерообразных выработок [1]. Однако для куполов большой высоты и объёма такой подход к решению задачи мало приемлем, поскольку концентрация газа может существенно меняться по высоте.

Интенсивность метановыделения с единицы обнажения поверхности пласта для условий Карагандинского бассейна определяется по формуле [2]

$$q = \frac{1}{n} q_0 t^n, \quad (1)$$

где  $q$  – метановыделение 1 м<sup>2</sup> поверхности обнажения пласта, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;

$q_0$  – интенсивность газовыделения в первый момент обнажения, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·сутки;

$n$  – коэффициент, учитывающий темп снижения метановыделения во времени.

Начальная интенсивность выделения метана  $q_0$  с единицы площади обнажения пласта, а также темп снижения метановыделения  $n$  определяются по формулам:

$$q_0 = a(X - X_0);$$

$$n = c - d \cdot \lg(X - X_0),$$

где  $X$  – природная метаноносность пласта, м<sup>3</sup>/Т;  
 $X_0$  – остаточная метаноносность угля, м<sup>3</sup>/Т;

$a, c, d$  – коэффициенты, зависящие от свойств угольных пластов.

С учётом (1) распределение концентрации по высоте куполов можно описать уравнением диффузии для непостоянного во времени источника газовой выделения

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{S}{nV} q_o t^n, \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{n}(x, 0) &= c_i; \quad 0 \leq x \leq H, \\ c(0, t) &= c; \\ c(H, t) &= \frac{S}{nQ} q_o t^n, \end{aligned} \right\} t > 0,$$

где  $S$  – площадь поверхности купола,  $m^2$ ;  
 $Q$  – количество воздуха, поступающего в купол,  $m^3/c$ ;

$D_x$  – коэффициент диффузии;

$H$  – высота купола,  $m$ ;

$x$  – текущая координата высоты,  $m$ ;

$c_o$  – начальная концентрация метана в куполе, %;

$c$  – концентрация метана в куполе, %;

$t$  – время от начала образования купола;

$V$  – объём купола,  $m^3$ .

Уравнение (2) неоднородное с неоднородными граничными условиями. Введём новую переменную

$$v(x, t) = c(x, t) - c - \frac{x \left( \frac{S}{nQ} q_o t^n - c \right)}{H}, \quad (3)$$

которая удовлетворяет следующим начальным и граничным условиям:

$$\left. \begin{aligned} v(x, 0) &= c_o - c + \frac{x\bar{n}}{H}, \\ v(0, t) &= 0, \\ v(H, t) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

С учетом (3) уравнение (2) преобразуется к виду

$$\frac{\partial v}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + S q_i t^n \left( \frac{1}{nV} - \frac{x}{tQH} \right). \quad (5)$$

Ищем решение уравнения (5) в виде суммы тригонометрического ряда

$$v(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} T_m \sin \frac{\pi m x}{H}. \quad (6)$$

Разложим в ряд Фурье по синусам свободный член в уравнении (5).

$$S q_i t^n \left( \frac{1}{nV} - \frac{x}{tQH} \right) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m \sin \frac{\pi m x}{H} dx,$$

где

$$\begin{aligned} b_m &= \frac{2}{H} \int_0^H S q_o t^n \left( \frac{1}{nV} - \frac{x}{tQH} \right) \sin \frac{\pi m x}{H} dx = \\ &= \frac{4}{\pi n m V} S q_o t^n \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{2}{\pi m t Q} S q_o t^n \cos \pi m. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} S q_i t^n \left( \frac{1}{nV} - \frac{x}{tQH} \right) &= \sum_{m=1}^{\infty} \left( \frac{4}{\pi n m V} S q_o t^n \times \right. \\ &\left. \times \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{2}{\pi m t Q} S q_o t^n \cos \pi m \right) \sin \frac{\pi m x}{H}. \end{aligned} \quad (7)$$

Продифференцировав (6) по  $t$  и два раза по  $x$ , получим

$$v_t = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{dT_m}{dt} \sin \frac{\pi m x}{H}, \quad (8)$$

$$v_{xx} = - \sum_{m=1}^{\infty} T_m \sin \frac{\pi m x}{H} \cdot \frac{\pi^2 m^2}{H^2}. \quad (9)$$

Подставим (7), (8) и (9) в уравнение (5)

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{dT_m}{dt} \sin \frac{\pi m x}{H} + \sum_{m=1}^{\infty} D_o T_m \frac{\pi^2 m^2}{H^2} \sin \frac{\pi m x}{H} &= \sum_{m=1}^{\infty} \left( \frac{4}{\pi n m V} \times \right. \\ &\left. \times S q_o t^n \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{2}{\pi m t Q} S q_o t^n \cos \pi m \right) \sin \frac{\pi m x}{H}. \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned} \frac{dT_m}{dt} + D_x T_m \frac{\pi^2 m^2}{H^2} &= \frac{4}{\pi n m V} S q_o t^n \times \\ &\times \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{2}{\pi m t Q} S q_o t^n \cos \pi m. \end{aligned} \quad (10)$$

Обозначим

$$A = D_o \frac{\pi^2 m^2}{H^2};$$

$$B = \frac{2}{\pi m} S q_i t^n \left( \frac{2}{nV} \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{1}{tQ} \cos \pi m \right)$$

и запишем уравнение (10) в следующем виде:

$$\frac{dT_m}{dt} = -T_m A + B. \quad (11)$$

После разделения переменных и интегрирования получим

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

Откуда следует

$$AT_m - B = C e^{-At}. \quad (12)$$

Определим начальные условия для  $T_m$ . Из (6) при  $t = 0$  следует

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

Разложим в (4) значение  $v(x, 0)$  в ряд Фурье по синусам, получим

$$v(x, 0) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m \sin \frac{\pi m x}{H}. \quad (14)$$

Сравнивая (13) с (14), приходим к выводу, что

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

Подставляя вместо  $v(x, 0)$  его значение из (4), получим

$$T_m 0 = \frac{2}{l} \int_0^L \left( \tilde{n}_i - \tilde{n} + \frac{x}{H} c \right) \sin \frac{\pi mx}{H} = \frac{4(c_o - c)}{\pi m} \sin^2 \frac{\pi m}{2} - \frac{2\tilde{n}}{\pi m} \cos \pi m. \quad (15)$$

При  $t = 0$  значение константы  $C$  определяется из уравнения (12)

$$C = AT_{mc}(0) - B.$$

Произведя обратную подстановку, получим

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

Подставляя полученное выражение в (6), находим решение уравнения (5)

$$v(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{A} AT_m(0) - B e^{-At} + B \sin \frac{\pi mx}{l}. \quad (16)$$

Совершая обратный переход, согласно (3) получим решение уравнения (2)

$$c(x, t) = v(x, t) + c + \frac{x}{H} \left( \frac{Sq_o t^n}{nQ} - c \right).$$

Произведя все замены, получим

$$c(x, t) = c + \frac{x}{H} \left( \frac{Sq_o t^n}{nQ} - c \right) + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{H^2}{\pi^2 m^2 D_x} \left\{ \left[ \frac{\pi^2 m^2 D_x^2}{H^2} \times \left( \frac{4 c_o - c}{\pi m} \sin^2 \frac{\pi m}{2} - \frac{2c}{\pi m} \cos \pi m \right) - \frac{2}{\pi m} Sq_o t^n \times \left( \frac{2}{nV} \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{1}{tQ} \cos \pi m \right) \right] e^{-D_x \frac{\pi^2 m^2}{H^2} t} + \frac{2}{\pi m} Sq_o t^n \times \left( \frac{2}{nV} \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{1}{tQ} \cos \pi m \right) \right\} \sin \frac{\pi mx}{H}. \quad (17)$$

В полученном выражении допустимая точность расчётов ( $\pm 5\%$ ) обеспечивается при значении  $m \geq 10$ . Как показал анализ, численное значение выражения в квадратных скобках, умноженное на экспоненту, невелико и не оказывает существенного влияния на требуемую точность расчётов и им можно пренебречь.

С учётом сказанного, приходим к следующей зависимости распределения концентрации метана по высоте куполов большого объёма:

$$c(x, t) = c + \frac{x}{H} \left( \frac{Sq_o t^n}{nQ} - c \right) + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{H^2}{\pi^2 m^2 D_x} \times \left[ \frac{2Sq_o t^n}{\pi m} \left( \frac{2}{nV} \sin^2 \frac{\pi m}{2} + \frac{1}{tQ} \cos \pi m \right) \right] \sin \frac{\pi mx}{H}. \quad (18)$$

Количество воздуха  $Q$ , которое может попасть в купол, определяется из условия распространения свободной струи в ограниченном пространстве. По данным исследований [3]

$$Q = 0,154 y b u_{ав}, \quad (19)$$

где  $u_{зр}$  – скорость движения воздуха под кровлей, м/с;  
 $y$  – длина купола в направлении движения воздушного потока, м;

$b$  – ширина выработки по кровле, м.

Величина граничной скорости определяется из выражения [4]

$$u_{ав} = u_{нв} \left( 1 - 1,35 \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_1}} \right), \quad (20)$$

где  $u_{зр}$  – средняя скорость движения воздушного потока в выработке, м/с;

$\alpha$  – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки;

$\alpha_1$  – коэффициент структуры воздушной струи, равный 0,0032 – 0,0038.

По данным исследований К.З. Ушакова, коэффициент турбулентной диффузии  $D_x$  для горных выработок может быть принят равным  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$  [5].

Анализ выражения (18) показывает, что концентрация метана в куполах большой высоты нарастает неравномерно. На участках, прилегающих к контуру выработки, идёт плавное её увеличение, а в верхних точках купола концентрация метана резко увеличивается и может достигать 100%. Таким образом, полученная зависимость даёт возможность оценить распределение концентрации метана в куполах больших объёмов с различным сроком их существования, образующихся при проведении подготовительных выработок, или в иных местах на газоопасных направлениях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гращенков Н. Ф., Левицкий Ж. Г. Динамика скопления метана в малых куполах подготовительных выработок // Тр. ун-та / КарГТУ. Караганда, 2005. № 4. С. 28 – 30.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Алматы, 1997. 258 с.
3. Никитин В. С., Битколов Н. З. Проветривание карьеров. М.: Недра, 1975.
4. Воронин В. Н. Основы рудничной аэрогазодинамики. М.: Углетехиздат, 1951. 491 с.
5. Ушаков К. З. Газовая динамика шахт. М.: Недра, 1984. 248 с.

# Преимущества от внедрения систем менеджмента охраны труда на предприятиях Республики Казахстан

*М.Р. СИХИМБАЕВ, д.э.н., профессор кафедры ТМ,*

*Н.С. СТАРЫХ, магистрант кафедры ТМ,*

*Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова: система менеджмента охраны труда, условия охраны труда, управление рисками, международный стандарт OHSAS, мониторинг рисков.*

Весьма существенен в настоящее время вопрос, как «приучить» компании к качественной организации охраны труда своих сотрудников. К сожалению, руководители многих предприятий очень часто не несут ответственность за здоровье своих сотрудников. По этой причине мероприятия по охране труда выполняются для «галочки», чтобы продемонстрировать проверяющему инспектору, что компания следит за охраной труда. А между тем положение остаётся плачевным: финансирование работ по охране труда осуществляется по остаточному принципу, а многие несчастные случаи, вследствие несоблюдения правил, скрываются в угоду статистике. Для предприятий, более 80 % которых уже выработали свой ресурс, решение таких вопросов на качественном уровне как никогда актуально. Разумеется, работа на изношенном оборудовании влечёт за собой повышенную аварийность, которая сопровождается несчастными случаями. Для работника это оборачивается травмами различной степени тяжести, для работодателя – убытками [1].

Всё это делает решение вопросов охраны труда первоочередным для эффективного функционирования и развития предприятия. При решении данных задач на предприятии можно получить следующие преимущества.

– Определённая степень защищённости руководителя. Заботясь об охране труда на производстве, руководитель может быть уверен в том, что завтра или послезавтра работу его предприятия не остановит инспектор, а в прокуратуре не будет заведено на него уголовное дело.

– Персонал предприятия приобретает уверенность в том, что он работает в комфортных, а главное – в безопасных условиях на предприятии, где выполнены все требования по охране труда. Следовательно работник может быть полностью уверен в том, что если с ним на производстве произойдет несчастный случай и он получит травму, то сам работник и его семья будут защищены путем компенсационных выплат. Осознание работником столь важного факта может повысить работоспособность персонала, появляется уверенность, что они находятся под защитой.

Таким образом, внедрение системы менеджмента охраны труда – это отнюдь не убытки, которые несет предприятие в случае реализации мероприятий в данной области, а, наоборот, вклад в развитие

компании, который окупается в кратчайшие сроки. Персонал предприятия меньше болеет, сокращает непроизводственные затраты, обеспечивает более высокую производительность труда и повышение конкурентоспособности предприятия [1].

Основная проблема для улучшения работы предприятия – как правильно и лучше построить работу по охране труда на предприятии. Во-первых, реализация программы охраны труда не должна быть разовой акцией или мероприятиями, проводимыми от случая к случаю, только ради того, чтобы не оштрафовал инспектор. Решением данной проблемы на предприятии может стать внедрение и совершенствование системы менеджмента качества охраны труда. Она работает постоянно и планомерно, поэтому гарантирует стопроцентный успех.

Система менеджмента качества охраны труда на предприятии включает в себя следующие пункты:

- цели, задачи и политику организации в области качества охраны труда;
- организационную структуру;
- деятельность по планированию мероприятий;
- распределение ответственности;
- процедуры, процессы и ресурсы для достижения целей;
- анализ результативности мероприятий по охране труда.

Перечисленные пункты наиболее адекватно отражают суть действий по охране труда. Должен быть официальный документ, устанавливающий эти нормы – международный стандарт OHSAS 18001 «Системы управления охраной, профессиональной безопасностью и здоровьем. Требования». Сейчас на казахстанских предприятиях идёт активное внедрение систем менеджмента качества охраны труда по этому стандарту [2]. Данная система признана универсальной системой охраны труда, которая выстраивает все процессы охраны труда с целью их оптимизации и достижения максимального уровня конкурентоспособности предприятия. Система менеджмента качества охраны труда по международному стандарту OHSAS 18001 рассматривает охрану труда на предприятии как отдельный блок (элемент) всей системы менеджмента качества, при этом система управления промышленной безопасностью – это механизм, обеспечивающий непрерывный и целенаправленный процесс воздействия на промышленную безопасность



и включающий комплекс мер правового, организационного, технического, экономического, информационного, образовательного и социального характера, направленных на предупреждение, предотвращение и ликвидацию аварий на опасных производственных объектах [2].

Система менеджмента качества охраны труда по международной системе OHSAS 18001 предполагает внедрение пяти элементов успешного управления профессиональной безопасностью и здоровьем персонала, которые включают:

1) политику в области профессиональной безопасности и здоровья;

2) планирование;

3) внедрение и управление;

4) проверку и корректирующие действия;

5) анализ со стороны руководства.

На примере приведенных выше элементов можно видеть, что создаваемая система менеджмента качества охраны труда является сбалансированной системой эффективного управления охраной труда, которая охватывает все аспекты деятельности предприятия.

Проблемой внедрения системы менеджмента охраны труда в Казахстане является сама стратегия управления профессиональной безопасностью и здоровьем, которая не строится как стратегия управления риском. Однако методы анализа риска создают базу для мониторинга рисков, а значит, и для эффективного управления профессиональной безопасностью. Ведь мониторинг рисков является основным показателем эффективности работы системы управления профессиональной безопасностью и здоровьем (далее СУПБЗ). Оценка рисков проводится в целях планирования деятельности по профессиональной безопасности и здоровью на производстве, обоснования мероприятий (организационных, экономических, технических и др.) по снижению рисков до приемлемых уровней.

Все риски, связанные с каждой из идентифицированных опасностей, следует анализировать, оценивать и упорядочивать по приоритетам необходимости исключения или снижения риска. При этом следует рассматривать как нормальные условия функционирования производства, так и случаи отклонения в работе, связанные с происшествиями и возможными аварийными ситуациями. Оценке подвергают текущую и будущую деятельность [3].

Риски, которые признаны неприемлемыми, должны быть использованы как исходные данные для разработки целей и задач в области охраны труда.

Результаты оценки рисков при производственной деятельности используются для составления программ мероприятий по достижению целей и задач в области профессиональной безопасности и здоровья, планирования внутреннего аудита и др. Так, система менеджмента охраны труда предполагает непрерывный поиск мер, позволяющих снижать уровень риска и поддерживать его «на минимальном практически достижимом уровне».

Величина риска (R) определяется как произведение вероятности события на его последствия по формуле:

$$R = P \cdot S, \quad (1)$$

где P – вероятность события;

S – последствия.

Риски условно подразделяются на пять категорий, например, следующим образом:

минимальный (очень низкий) риск  $0 < R < 5$ ;

низкий риск  $5 < R < 10$ ;

средний риск  $10 < R < 15$ ;

высокий риск  $15 < R < 20$ ;

максимальный (очень высокий) риск  $20 < R < 25$ .

Существенное отличие зарубежных и казахстанских представлений наблюдается и при определении понятия «лидерство и ответственность», как элемента системы управления. Казахские требования ориентированы на нормативные указания, какие действия должны быть предприняты органами управления, в то время как зарубежные рекомендации «оставляют за управляющими право на свое собственное усмотрение искать наиболее эффективные пути демонстрации лидерства и ответственности». Недооценка же роли лидерства и поведения людей в процессе управления профессиональной безопасностью и здоровьем приводит к тому, что деятельность в данной сфере сводится к надзору и контролю вместо профилактики и совершенствования. Поэтому необходимо повысить на предприятиях роль руководства, а значит, и культуру безопасности.

Необходимо отметить, что несмотря на ряд различий между зарубежными и казахскими требованиями к системам управления, единственными остаются цели и подходы. Действующие руководство и стандарты определяют только общие требования к СУПБЗ, а конкретные потребности в совершенствовании СУПБЗ и ее направления определяются состоянием данного предприятия и его отраслевой спецификой [2].

При создании систем управления профессиональной безопасностью и здоровьем предприятиям необходимо решить следующие задачи:

– обосновать принципы политики предприятия в области профессиональной безопасности и здоровья;

– провести анализ состояния систем управления профессиональной безопасностью и здоровьем и выделить элементы, соответствующие международным стандартам, которые будут включены в разрабатываемую систему;

– произвести анализ опасности объектов с целью обоснования задач СУПБЗ и выявления основных опасных и вредных факторов на производстве;

– создать недостающие элементы СУПБЗ;

– разработать необходимые процедуры и стандарты.

Для решения этих задач необходимо разрабатывать системы менеджмента охраны труда, отвечающие требованиям международных стандартов и особенностям нормативов и учитывающие специфику предприятий, состояние экономики и

сложившиеся традиции, действующие на них в течение многих лет системы управления охраной труда [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голдсмит Т.В., Чеффа Л., Эдвардс Р. Дж. и др. Рекомендации по разработке и применению систем управления в области охраны здоровья, безопасности труда и защиты окружающей среды: Отчет № 6.36./210 – L.: E&P Forum, 1994. 48 с.
2. 029748 // Профессионал. № 59: Статистический журнал.
3. Материалы интернет-сайтов – [www.kazpravda.kz](http://www.kazpravda.kz), [www.memst.kz](http://www.memst.kz)

УДК 691.542 (574)

## **Применение механической активации в технологии цемента низкой водопотребности**

*Д.О. БАЙДЖАНОВ, д.т.н., профессор кафедры ТСМиИ,*

*Д.Т. ТОКАНОВ, н.с. КазМИРР,*

*У.И. СЕМЕНОВА, ст. гр. С 07-4,*

*Карагандинский государственный технический университет*

**Ключевые слова:** цемент, технология, механоактивация, модификатор, водопотребность, пластификатор.

Основное отличие цемента низкой водопотребности (ЦНВ) от обычного цемента состоит в эффекте пластификации (ЭП) при затворении их водой [1]. При добавлении модификатора пластифицирующего действия к обычному цементу пластифицирующий эффект (ПЭ) тоже наблюдается, однако первым условием неравенства ЭП>ПЭ является качественное отличие ЦНВ от обычного портландцемента. Установлены четыре необходимых условия для достижения высокого качества ЦНВ.

Исследованиями, проводимыми НИИцементом, ВЭА «Полиמוד» и НИИЖБ (г. Москва) с целью определения формирования цемента низкой водопотребности в процессе помола по эндотермическому эффекту (ЭЭ), была установлена химическая реакция между портландцементным

клинкером и модификатором. Это является **первым** технологическим требованием получения ЦНВ [1].

Следует принять во внимание тот факт, что между модификатором и портландцементным клинкером происходит химическая реакция, то есть химическая адсорбция (хемосорбция), при которой, по данным [2], выделяется тепло в количестве 10-100 ккал/моль. На наш взгляд, понижение температуры портландцементного клинкера на 2-3 °С в процессе их совместного помола с модификатором происходит вследствие образования тонких фиксированных пленок модификатора на поверхности частиц портландцементного клинкера. Это приводит к снижению трения между частицами портландцементного клинкера в процессе их модифицирования и, как следствие, к некоторому

снижению его температуры. Все процессы, протекающие во время механохимического взаимодействия материалов, при их совместном помоле, являются экзотермическими и происходят с выделением теплоты.

Далее в [1] утверждается, что другие компоненты, такие как гипс и минеральные добавки, остаются в механохимическом процессе пассивными, поскольку существует линейное снижение эндотермического эффекта в течение прироста содержания этих компонентов. Кроме того, разработанный Б.Э. Юдовичем и И.Е. Скляренко оптический метод определения свободного модификатора в ЦНВ позволил установить, что эффект пластификации проявляется только в отсутствие свободного модификатора в ЦНВ. Это является **вторым** технологическим условием производства высококачественного ЦНВ [3].

Продолжая цитировать, отметим, что для предотвращения остатка свободного модификатора в ЦНВ и перехода эффекта пластификации в пластифицирующий эффект, необходимо поддерживать соотношение между количеством вводимого модификатора и удельной поверхностью готового ЦНВ. Чем больше вводимое количество модификатора, тем больше должна быть удельная поверхность ЦНВ. Это **третье** условие производства качественного ЦНВ. Постоянство качества портландцементного клинкера и модификатора, а также рациональный подход к загрузке мелющих тел и механическому режиму работы мельницы необходимы для производства ЦНВ. Если на стадии плакирования активных зон модификатором указанное соответствие достигнуто, то полученный ЦНВ может храниться неограниченное время в таре, предотвращающей попадание влаги. Это **четвертое** условие достижения высокого качества ЦНВ.

Принимая во внимание изложенную выше концепцию формирования ЦНВ в процессе помола, возникает необходимость внесения некоторых дополнений, связанных с уточнением процессов, протекающих при механохимическом взаимодействии материалов. Так, исследуя механизм действия суперпластификаторов в цементных системах, В.Г. Батраков пришел к выводу о том, что в неводной среде они не могут адсорбироваться на клинкерных минералах [4].

Действительно, в неводной среде на поверхность цементных частиц суперпластификатор адсорбироваться не будет, так как для этого отсутствуют адсорбционные условия. Необходимым предварительным условием осуществления взаимодействия, по нашему мнению, является образование свободных валентностей на поверхности частиц портландцементного камня, которые могут образоваться только при его разрушении в процессе помола. Это можно отнести к варианту приготовления ЦНВ на чистом портландцементном клинкере. Однако как объяснить тот факт, что в присутствии минеральной добавки на ее поверхности не происходит адсорбции модификатора? Мы считаем, что как клинкерные, так и минеральные частицы

наполнителя подвергаются механической активации при помоле, а это влечет за собой образование свободных валентностей, которые так же, как и свободные валентности на поверхности клинкера, являются активными центрами сорбции. При помоле портландцементного клинкера с минеральной добавкой и модификатором были получены результаты, свидетельствующие о том, что происходит одновременное протекание нескольких параллельных процессов, а именно:

а) скалывание поверхностного слоя или частичное разрушение частиц портландцементного клинкера и минеральной добавки;

б) покрытие сколов и вновь образованных поверхностей частиц, со свободной валентностью молекулами модификатора;

в) агрегация промежуточного продукта помола в комплексы, представляющие собой смесь осколков портландцементного клинкера и минеральной добавки, с образованием внешней поверхности, покрытой модификатором (рисунок).

По своей важности последний процесс также можно отнести к **новому** обязательному условию, необходимому для получения качественного ЦНВ. Так, с применением интерпретации данного пункта становится понятным, почему ЦНВ одного и того же состава может иметь различную определенную шкалу прочности.

Например: ЦНВ-50 прочностью 50 МПа можно характеризовать как продукт механохимического взаимодействия компонентов, основную часть которого представляют зерна размолотого портландцементного клинкера с поверхностью, покрытой модификатором, а ЦНВ-50 прочностью 70 МПа может быть представлен как продукт.

В пользу этого предположения говорит тот факт, что ЦНВ с минеральной добавкой характеризуется такими же гидрофобными свойствами, как и ЦНВ на чистом портландцементном клинкере. В любом другом случае наблюдалась бы картина отслоения минеральной части ЦНВ из его состава из-за их хорошей смачиваемости водой при проведении испытаний на гидрофобность.

Схема агрегации частиц портландцементного клинкера и минеральной добавки МД при их совместном помоле с модификатором (М) представлена на рисунке.



Агрегация промежуточного продукта помола в комплексы

С позиции физико-химического взаимодействия безводная поверхность цементных частиц, активизированных в процессе помола, имеет больший электрический заряд, чем поверхность гидратированной цементной частицы, что

способствует лучшему взаимодействию модификатора и активного основания [5].

Анализируя процесс помола, удалось установить, что количество модификатора, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к производству качественного ЦНВ, зависит не только от величины удельной поверхности полученного ЦНВ, но и от удельной поверхности частиц, имеющих свободную валентность.

Простой расчет показывает, что в том случае, когда измельчаемая частица имеет форму, приближенную к форме шара, ее площадь поверхности составляет  $S_{ш} = 4\pi R^2$ . Если в процессе механического действия он раскалывается по плоскости, проходящей через диаметр, то дополнительный прирост удельной поверхности будет выражаться формулой  $S_{кр} = 2\pi R^2$ . Соотношение этих величин  $S_{кр}/S_{ш} = 2\pi R^2/4\pi R^2$  показывает, что удельная поверхность при расколе частицы на две части по ее диаметру будет возрастать в 0,5 раза. Так, при исходной удельной поверхности портландцементного клинкера, равной  $300 \text{ м}^2/\text{г}$ , уже в начале помола мы получим прирост удельной поверхности на  $150 \text{ м}^2/\text{г}$  и общую удельную поверхность, равную  $450 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Однако, как свидетельствует опыт, резкий рост удельной поверхности портландцементного клинкера при помоле не позволяет получать ЦНВ. Можно предположить, что процесс формирования ЦНВ происходит в несколько особых последовательных стадий, а именно: разрушение частиц портландцементного клинкера происходит не по диаметру, а по сегментному радиусу и площадь скола вновь образованной поверхности развивается не так быстро, как при полном разрушении частиц [4]. Это говорит о том, что при производстве ЦНВ наиболее значимым фактом механического воздействия на частицу портландцементного клинкера является процесс, совмещающий в себе удар и трение, приводящий к скалыванию и вскрытию верхнего слоя частиц ПК.

На вскрытую поверхность частиц портландцементного клинкера и минеральной добавки осаждаются молекулы модификатора. При таком механизме взаимодействия модификатора, портландцементного клинкера и минеральной добавки поверхность частиц уменьшается и происходит перераспределение гранулометрического состава в сторону уменьшения их диаметра. Таким образом, с

помощью совместного действия удара и трения с течением времени происходит модифицирование поверхности портландцементного клинкера и минеральной добавки.

На основании этого можно предположить, что увеличение удельной поверхности не связано жесткой зависимостью с количеством модификатора, необходимого для формирования ЦНВ.

Если считать, что количество модификатора жестко связано с удельной поверхностью полученного ЦНВ, то возникает противоречие в трактовке условий получения ЦНВ и получаемых результатов. В таком случае ЦНВ с минеральной добавкой не будет отвечать обязательному первому и четвертому условиям, необходимым для получения ЦНВ, поскольку минеральная добавка остается в этом процессе пассивной.

Затрагивая вопрос различия эффекта пластификации и пластифицирующего эффекта, можно допустить предположение, что при безводном контакте модификатора с минеральной добавкой и портландцементным клинкером решающую роль играют свойства вновь открытой поверхности, приводящие к хемосорбции модификатора на поверхности частиц минеральной добавкой и портландцементным клинкером, а не адсорбционная активность минералов, которая проявляется при взаимодействии модификатора и гидратирующего портландцементного клинкера в водной среде. При безводном взаимодействии компонентов нарушается количественная последовательность, выстроенная в порядке убывания адсорбирующей способности модификатора на минералах портландцементного клинкера, что приводит к ее равномерному распределению на поверхности портландцементного клинкера и минеральной добавки. По нашему мнению, равномерное распределение модификатора на поверхности всех участвующих в процессе помола компонентов вносит наиболее существенный вклад в различие между эффектом пластификации и пластифицирующим эффектом.

Подводя итоги по обсуждению теоретических аспектов проблемы формирования ЦНВ в процессе помола, можно сделать вывод, что единого мнения по многим обсуждаемым вопросам на сегодняшний день нет, продолжается активное формирование новых взглядов на протекающий при этом механохимический процесс.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдович Б.Э. Цемент низкой водопотребности – вяжущее нового поколения // Наука и техника. М., 1994. С.15-18.
2. Яворский Б.М., Дегладо А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. М.: Наука, 1968. 939 с.
3. Тр. НИИцемента «Вяжущие низкой водопотребности (химия, технология производства и применение)». Вып. 104. 1992. 224 с.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990. 400 с.

УДК 69.059

## Исследование причин обрушения покрытия завода ЖБИ

**С.К. АБИЛЬДИН**, к.т.н., доцент кафедры ТуОСП,  
 Карагандинский государственный технический университет,  
**Н.А. МОСКАЛЕНКО**, магистрант гр. Мех-16,  
 Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова

**Ключевые слова:** экспертное обследование, авария, обрушение, строительные конструкции.

В марте 2010 г. произошло обрушение покрытия в крайней части (оси «1-2») пролета «Г-Д» формовочного цеха главного корпуса ЖБИ. Площадь обрушения на участке между четырьмя несущими колоннами составила 108 м<sup>2</sup> (6х18 м) (рисунок 1).

Действующее здание было введено в эксплуатацию в 1976 г. Здание по высоте представлено следующими основными отметками: +0.000 – отметка уровня пола; +10.860 – отметка низа плит КЖС. Конструктивная схема здания – железобетонный каркас со стальными подстропильными фермами. Шаг колонн 6 м, плиты КЖС шириной 3 м опираются на стальную подстропильную ферму пролетом 6 м. Колонны железобетонные. Стены из самонесущих панелей.



Рисунок 1 – Общий вид обрушения

Осмотр показал, что обрушились 2 плиты покрытия КЖС и разрушена стальная подстропильная ферма. Характер повреждений показал, что механизм обрушения был следующий: сначала разрушение стальной подстропильной фермы, затем деформация опирающихся на нее плит КЖС и последующее их

падение с отрывом от находящейся на противоположной стороне подстропильной фермы. Эта ферма сильно не пострадала, однако значительные повреждения получила крайняя колонна, на которую опиралась разрушившаяся ферма.

Визуальным осмотром установлено, что упавшие плиты КЖС в хорошем состоянии и имеют повреждения, вызванные только падением и потому все внимание было сосредоточено на разрушенной подстропильной ферме.

Также на кровле имелись ледяные отложения, а утеплитель – шлак – был насыщен влагой.

С учетом этого были проведены мероприятия:

- разрушенную ферму разложили по фрагментам на территории для обмерных работ, анализа характера дефектов и повреждений, отбора стали и исследований образцов сварных соединений в лаборатории;

- отобраны образцы кровли и выполнены замеры фактической толщины отложений снега и льда для определения фактической нагрузки на кровлю;

- поверочные расчеты и выводы;

- осмотр остальных подстропильных ферм и рекомендации по дальнейшей эксплуатации.

Обмеры показали следующее: стальные подстропильные фермы выполнены с нисходящим растянутым раскосом. Сечение верхнего пояса - из швеллера № 30, усиленного листом толщиной 6 мм и шириной 400 мм, сечение нижнего пояса – из швеллера № 30, усиленного листом толщиной 10 мм и шириной 300 мм, сечение нисходящего раскоса швеллер № 30 с усилением листом толщиной 10 мм и шириной 300 мм. Толщина фасонки 10 мм.

Анализ дефектов и повреждений показал, что разрушение фермы началось с разрыва нижнего пояса в месте стыковки листов усиления, в которых также выявлены нарушения технологии проведения сварочных работ: непровары, недостаточная глубина проплавления по периметру, неравномерность катетов

сварного шва (недопустимые занижения и завышения), недопустимые зазоры при сборке, наличие не удаленных наплывов и подрезов.



Рисунок 2 – Вид разрушенного нижнего пояса подстропильной фермы

Кроме того, анализ исполнительной документации выявил следующий важный момент – при сборке листов усиления произошла усадка сварных швов и выгиб швеллера. Для ликвидации выгиба швеллер был провальцован, однако обратный выгиб привел к тому, что в местах стыковок листов усиления произошло утончение металла и созданы условия для возникновения усталостных трещин (рисунок 3).

Анализ фактических нагрузок показал, что наблюдается превышение снеговой временной нагрузки в  $175 \text{ кг/м}^2$  при расчетной снеговой в  $140 \text{ кг/м}^2$ . Суммарная нагрузка от кровли и плит составила  $869 \text{ кг/м}^2$ .

Поверочные расчеты показали, что в наиболее нагруженном элементе растянутого нижнего пояса при выявленных дефектах и при фактической нагрузке прочность **не обеспечивается**.

$$\sigma = 3119 \text{ кг/см}^2 > R_y = 2450 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, причиной обрушения можно считать следующее:

- потеря несущей способности (разрыва) нижнего пояса конструкции;
- разрыв был по ослабленному сечению нижнего пояса;
- ослабленные сечения нижнего пояса из-за нарушения технологии изготовления, что способствовало появлению усталостных трещин в стыках листов усиления;

– перегрузка кровли от воздействия оттаявшего снега и коррозия элементов фермы от протечек.



Рисунок 3 – Усталостная трещина в стыке нижнего пояса подстропильной фермы

Усталостные трещины были выявлены и в некоторых других подстропильных фермах. Для предотвращения их разрушения было принято решение произвести их усиление наращиванием сечения и локальным усилением прослабленных сечений. Эффективное усиление позволило восстановить конструкции без остановки производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН РК 1.04-04-2002. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. Алматы: KAZGOR, 2003.
2. Положение о порядке расследования причин аварий (обрушений) зданий, сооружений, их частей и конструктивных элементов. Утв. Постановлением Госстроя СССР от 5.06.86 г. № 76.
3. СНиП РК 5.04.23-2002. Стальные конструкции. Алматы: KAZGOR, 2003.
4. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
5. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений / НИИСК. М.: Стройиздат, 1987.
6. ГОСТ 14782-86. Неразрушающий контроль. Соединения сварные. Методы ультразвукового контроля.

УДК 624.131.524.2

## Определение несущей способности основания из армированного песка численным методом

**Т.К. МУЗДЫБАЕВА**, докторант PhD, ст. преподаватель кафедры «Строительство»,  
**А.С. ТУЛЕБЕКОВА**, докторант PhD кафедры «Строительство»,  
 Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

**Ключевые слова:** несущая способность, армированный грунт, численный метод, анализ экспериментов, моделирование грунта.

Под прочностью грунта понимается его предельное состояние, когда происходит неограниченное развитие сдвиговых пластических деформаций по всему объему грунта. При этом имеет место пластическое разрушение. Характер разрушения зависит от исходной плотности-влажности грунтов, от структурных связей между частицами грунта. Для песчаных грунтов характерно пластическое разрушение. В песчаных грунтах механические свойства обусловлены гранулометрическим и минералогическим составом, а также плотностью и степенью водонасыщения.

Минералогический состав песчаных грунтов во многом определяет угол внутреннего трения между частицами песка вне зависимости от плотности его сложения.

В беспорядочно естественном сложении песка невозможно провести плоскость, которая проходила бы только через точки их контакта. Поэтому наряду с минеральным трением возникает и трение-зацепление. При этом в рыхлом песке относительное смещение частиц вызывает разрушение первоначальной структуры в области и приводит к уплотнению.

Для того чтобы понять поведение несущей способности слоя песка, усиленного горизонтально расположенными предварительно напряженными арматурами и не усиленного арматурами, Хуан и Татсуока (1988, 1990) провели серию испытаний плоской деформации. Параметры расположения (длина, количество слоев, число металлической арматуры в слое и вертикальный интервал между армированными слоями), жесткость и прочность на растяжение металлической арматуры были определены систематически. Были измерены пространство деформаций в песке, растягивающие усилия в укреплении и распределение контактного давления на основании. Анализ экспериментальных результатов позволил ученым Хуану и Татсуока (1988, 1990) предложить механизм защемления-деформации, т.е. усиления арматурой, который повышает несущую способность армированного грунта. На основании результатов испытаний они разработали предельное равновесие основы методом анализа устойчивости, который принимает во внимание последствия расположения и свойств арматуры и отказов усиленного песка, как описано выше. С другой стороны, МКЭ в основном надежный метод для получения ряда инженерно-геологических краевых

задач, когда соответствуют модель грунта и численный метод анализа. В рассматриваемых случаях данного исследования реалистичные решения могут быть получены только при условии надежного размещения высоконелинейного поведения напряженно-деформированного песка. Татсуока и др. (1991), Сиддикуи и др. (1999, 2000) и Котаке и др. (2001) анализировали различные предположения сложных отношений аналитических решений несущей способности полосы на песчаном основании упругопластическим методом конечных элементов. Анализ включает в себя деформационные упрочнения модели с учетом локализации деформации в полосах сдвига, имеющих толщину, пропорциональную к размерам частиц песка, а также зависимость от давления и анизотропию прочностных и деформационных характеристик. Однако авторами было обнаружено, что в результатах анализа МКЭ пик жесткости выше и деформации в отношении нагрузки-осадки меньше, по сравнению с результатами несущей способности экспериментальных испытаний, особенно на усиленной песчаной основе. Основной причиной является то, что при анализе МКЭ деформация сдвига – свободная траектория давления, а при эксперименте основания определяется по результатам плоской деформации сжатия (PSC), фиксированной ограниченным давлением. Эта траектория напряжения значительно отличается от характерной траектории напряжения песочного грунта, которая подвергалась нагрузкам в основе натуральных модельных экспериментов (Татсуока и др., 1993; Сиддикуи, 1994).

Цель данного эксперимента – симуляция результатов, которая показывает глубину и длину армирующих слоев из серии экспериментов испытаний (Хуана и Татсуока, 1988, 1990). Сравнивая результаты анализа МКЭ с экспериментальными, проверяем метод анализа конечных элементов при моделировании характеристик несущей способности полосы фундамента на армированном основании, которые включают в себя отношение нагрузка-осадка, отказ и влияние расположения и длины арматуры.

Модель песочного грунта. На рисунке 1 приведена схема модели эксперимента плоской деформации.



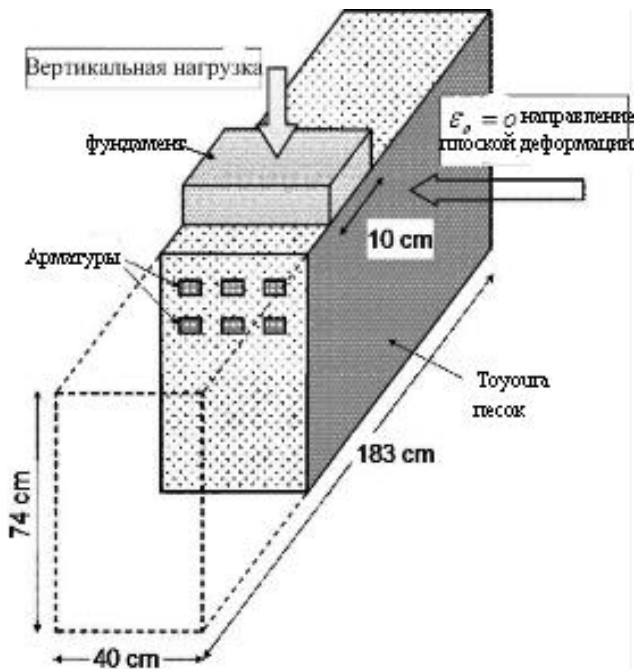


Рисунок 1 – Установка модельного эксперимента (Хуан и Татсуока, 1990)

Боковая часть песочного образца состоит из прозрачной акриловой пластины со стальными ребрами жесткости с толщиной 3 см, чтобы обеспечить условие плоской деформации. Модель грунта имеет: ширину 183 см, длину 40 см и глубину 74 см. Был использован воздушно-сухой Тойоро песок, который сыпался с определенной высоты с бункера. С помощью этого метода песок получался однородным, был плотным основанием для эксперимента, т.е. имел относительную плотность  $D_r = 80-86\%$ . Внутренняя поверхность акриловых пластин была смазана толщиной 0.05 мм силиконовой смазкой, которая помещалась между акриловой пластиной и латексной мембраной толщиной 0.2 мм. Угол трения слоя смазки по условиям эксперимента оценен около 0.5-1 градуса для испытания прямого сдвига (Татсуока и др., 1984). На внешней поверхности мембраны были нарисованы ячейки с размерами  $1\text{ см}^2$ . Смещение пространства в промежуточной главной плоской деформации ( $S_2$ ) модели грунта были получены от перемещений в узловых точках сетки. Жесткий фундамент шириной 10 см и длиной 39.8 см был расположен на поверхности земли и закреплен так, чтобы не опрокидывался и не перемещался. Фундамент был нагружен контролером скорости перемещения, около 0.1-0.2 мм/мин. В третьей части по центру фундамента были установлены пять датчиков, которые измеряли нормальные и касательные напряжения по отдельности.

В качестве справочного эксперимента были сделаны три испытания с использованием неармированного песка. На рисунке 2 показаны три эксперимента с использованием армированного песка для оценки влияния длины  $L$ , числа слоев  $N$ , горизонтальных интервалов, ширины фундамента  $B$ .

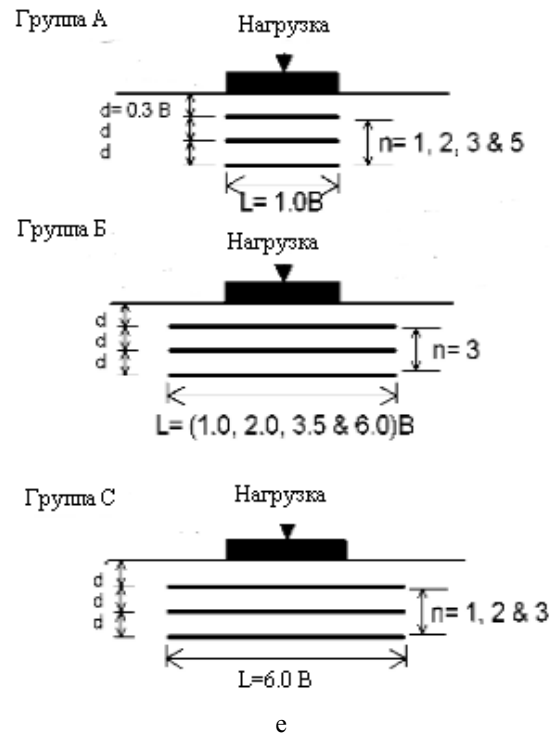


Рисунок 2 – Серия экспериментов с разными данными армирования (Хуан и Татсуока, 1990)

1) Группа А (для изучения вопроса короткого слоя армирования, имеющего такую же длину  $L$ , как ширину фундамента): было оценено влияние числа коротких слоев армирования с  $L = B$ .

2) Группа Б (для изучения эффектов от длины арматуры): длина  $L$  была равна  $B$ ,  $2B$ ,  $3B$  и  $6B$ , когда число слоев  $N = 3$ . Этот эксперимент относится к категории испытания  $N = 3$  и  $L/B = 3.5$  в настоящей работе. Потому что, как показано далее в этой статье, разные длины арматуры оказывают незначительное влияние на эффект усиления и механизм разрушения, если  $L/B$  не меньше, чем 1.0.

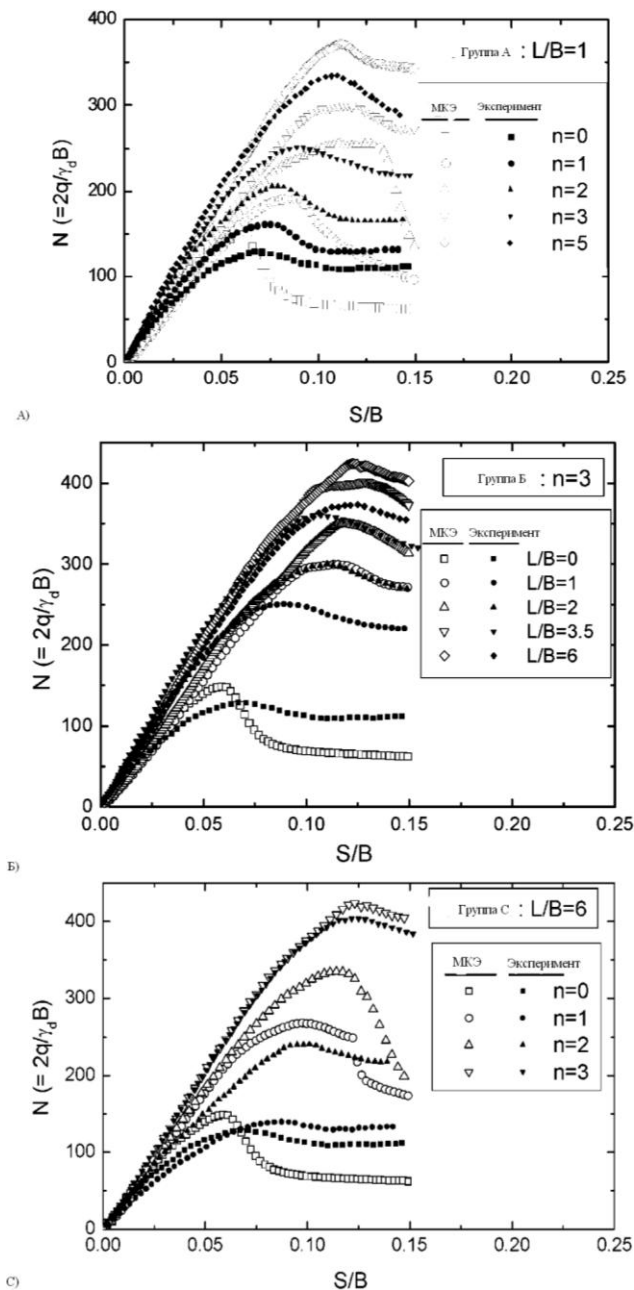
3) Группа С (для изучения эффектов от количества слоев): количество слоев были  $N = 1, 2, 3$  и  $L/B = 6$ .

Арматура для усиления из бронзы толщиной 0.5 см и шириной 3 мм. 24 арматуры использованы в каждом слое на ширину оборудования 40 см (т.е. ширина полосы 1.67 см). Их поверхности были склеены частицами Тойора песка. Бронза была выбрана из-за её высокого линейного упругого свойства, чтобы точно измерить растягивающие усилия в укреплении с помощью электрических тензодатчиков.

Результаты эксперимента: на рисунке 3 показаны нормированные отношения нагрузки-осадки эксперимента группы А (например,  $N = 2q/\gamma_d B$  и  $S/B$  отношения).  $N = 0$  означает, что эксперимент был сделан с использованием неармированного грунта. Значение  $N$  в этих и последующих рисунках без поправки на малые

Рисунок 3 – Стандартное отношение нагрузки-осадки результатов эксперимента (Хуан и Татсуока, 1990) и их моделирование МКЭ:

А) группа А; Б) группа Б; С) группа С



эффекты небольших различий  $\gamma_d$  среди различных экспериментов. Очевидно, что даже короткое армирование  $L=B$  может значительно увеличить начальную жесткость и пик напряжения грунта. Эти эффекты являются эквивалентными тем, которые достигаются за счет увеличения глубины основания (т.е. глубокого влияние основания). Рисунок 3 В показывает: аналогичный результат для группы – Б.  $L/B=0$  означает, что эксперимент сделан на неармированном грунте. Как видно из сравнения рисунков 3а, б, увеличение начальной жесткости и конечной несущей способности с увеличением длины  $L$  подкрепления к  $6B$  при  $N=3$  (группа-Б) аналогично увеличению числа  $N$  до 5 (т.е. увеличению глубины нижнего слоя) коротких слоев усиления  $L=B$  (группа-А). Как общая сумма подкрепления, когда  $L/B=6$  и  $N=3$ , больше, чем в 3,6, когда  $L/B=1,0$  и  $N=5$ , это означает, что расположение ( $L/B=1,0$  и  $N=5$ ) является гораздо более рентабельным. Рисунок 3 показывает влияние числа армирующих слоев  $N$  в случае  $L=6B$  (группа-С). Результат очень похож на наблюдение с  $L/B=1$  (рисунок 3а). Этот результат также указывает на то, что «глубокое влияние оснований» является доминирующим, также и армирование слоев больше, чем В. Более подробная информация о физических результатах эксперимента сообщается в работах Хуана и Tatsuoka (1988, 1990).

В заключение выражаем благодарность за предоставленный материал и консультации профессору Токийского университета (Япония) доктору технических наук Тадатсугу Танака.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: Наука, 2005. 488 с.
2. Peng F.L., Tatsuoka F., Huang C.C., Siddiquee M.S.A., and Tanaka, T. Numerical simulation of bearing capacity of a strip footing on reinforced sand // Soils and Foundations 2010.
3. Tatsuoka, F., Siddiquee, M. S. A, Park, C. S., Sakamoto, M. and Abe, F. 1993. Modeling Stress -Strain Relations of Sand // Soils and Foundations Vol. 33, No. 2. PP. 60-81.

УДК 336.717.061(574.3)

**Анализ рынка кредитных услуг  
и особенности обслуживания платежных  
карточек в Республике Казахстан**

**Б.А. АХМЕТЖАНОВ**, д.э.н., профессор,  
**К.М. ЖУМАБАЕВА**, магистрант кафедры ЭП,  
 Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** банк, банк второго уровня (БВУ), валюта, динамика, кредит, кредитный портфель, платеж, эмиссия.

Банки непосредственно и повседневно связаны с функционированием народного хозяйства на всех уровнях управления. Через них происходит удовлетворение экономических интересов участников воспроизводственного процесса. При этом банки, как финансовые посредники, привлекают капиталы хозорганов, сбережения населения и другие свободные денежные средства, высвобождающиеся в процессе хозяйственной деятельности, и выдают их во временное пользование заемщикам, проводят денежные расчеты и оказывают многочисленные услуги для экономики, тем самым непосредственно влияя на эффективность производства и обращения общественного продукта.

От эффективности и бесперебойности функционирования кредитно-финансового механизма зависят темпы экономического развития страны. В настоящее время на кредитном рынке Казахстана функционируют различные финансово-кредитные организации, осуществляющие выдачу кредита: инвестиционные банки, банки второго уровня, кредитные товарищества, ломбарды, ипотечные компании, микрокредитные организации и прочие финансовые организации.

Кредиты выдаются также Правительством страны из государственного бюджета – республиканского и местного. Однако наибольший объем всех кредитных ресурсов приходится на банки – от 89,2 до 92 процентов.

Общий объем кредитов, выданных за январь 2010 г. всеми участниками кредитного рынка, составил 7 609 178 млн. тенге, превысив в пять раз показатель за январь 2005 г. За первый месяц 2010 г. сумма кредитов, предоставленных юридическим и физическим лицам банками второго уровня (БВУ), увеличилась на 2 23 498 млн. тенге по сравнению с предыдущим периодом, в том числе 3 956 379 млн. тенге было предоставлено в национальной валюте, 3 652 799 млн. тенге – в иностранной валюте. Удельный вес кредитов, выданных в национальной валюте, в период за январь 2005 г. по первый месяц 2010 г. включительно, колеблется в пределах 57 процентов. При этом наивысший показатель был достигнут в январе 2008 г. кредиты, выданные в национальной валюте, превысили объем кредитов, выданных в иностранной валюте, на 1 051 273 млн. тенге (рисунок 1).

За рассматриваемый период доля долгосрочных кредитов неуклонно росла, превысив долю краткосрочных кредитов в январе 2010 г. на 5 171 298 млн. тенге. По сравнению с первым месяцем 2005 г. объем долгосрочных кредитов вырос на 5 403 261 млн. тенге, что свидетельствует о возрастающем спросе на данный вид услуг (рисунок 2).

Рассматривая качество кредитного портфеля банковского сектора Республики Казахстан, следует отметить, что первая категория займов (именуемая «стандартные») отражает сумму тех займов, неисполнение обязательств по которым является минимальным. Следующие пять категорий, называемые «сомнительные», ранжируются от наименее рискованной (первая категория) до наиболее рискованной (пятая категория). Кредиты соотносятся к данным категориям в соответствии со степенью исполнения обязательств по ним. Последняя категория (безнадежные) отражает наименее платежеспособные кредиты, вероятность дефолта по которым приближается к единице. Классификация кредитов в таком виде позволяет определить динамику качества кредитного портфеля и оценить долгосрочную стабильность кредитного портфеля, что немаловажно для анализа кредитного риска в банковской системе.

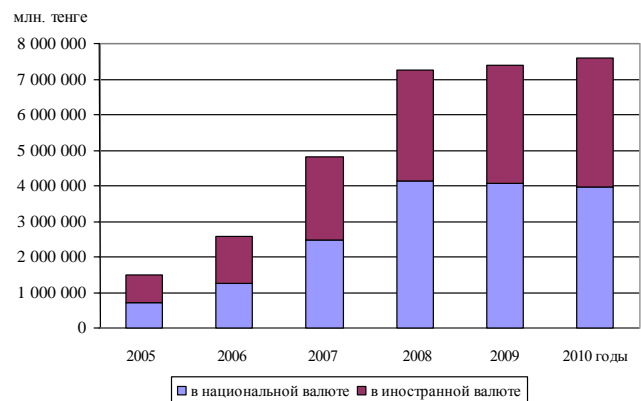


Рисунок 1 – Кредиты БВУ, по видам валют

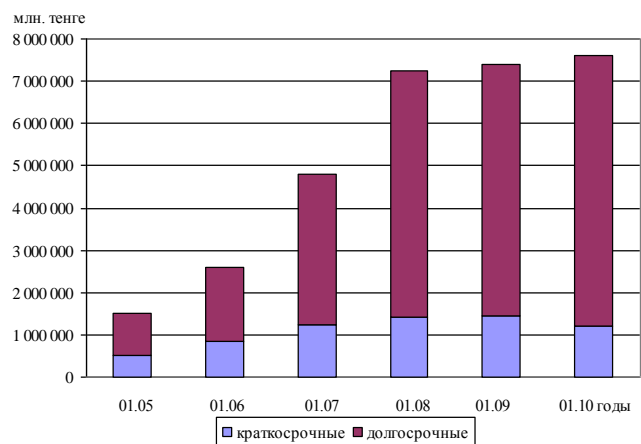


Рисунок 2 – Кредиты БВУ, по срокам предоставления займа

В структуре кредитного портфеля банков за 2007 г. доля стандартных кредитов уменьшилась с 52,7 процента до 39,7 процента, доля сомнительных креди-

тов увеличилась с 45,7 процента до 58,8 процента, при этом доля безнадежных кредитов уменьшилась с 1,6 процента до 1,5 процента. За 2008 г. доля стандартных кредитов увеличилась с 39,7 процента до 43,3 процента, доля сомнительных кредитов уменьшилась с 58,8 процента до 52,2 процента, при этом доля безнадежных кредитов увеличилась с 1,5 процента до 4,4 процента. Ссудный портфель банков второго уровня увеличился за 2009 г. на 394,4 млрд. тенге или на 4,3 процента. Стандартные займы уменьшились на 1527,9 млрд. тенге (минус 38,4 процента), сомнительные – на 623,1 млрд. тенге (минус 12,8 процента), безнадежные – выросли на 2545,4 млрд. тенге (в 7,3 раза).

В структуре кредитного портфеля БВУ за рассматриваемый период доля стандартных кредитов уменьшилась на 27,3 процента, доля сомнительных кредитов с первого января 2007 г. по первое января 2010 г. снизилась на 1,7 процента, а доля безнадежных кредитов увеличилась с 1,6 процента за январь 2007 г. до 30,6 процента – в январе 2010 г. (рисунок 3).

Кредиты, предоставленные БВУ по отраслям экономики, представлены в таблице 1. С января 2005 по январь 2010 г. наблюдается увеличение объемов предоставляемых займов по основным отраслям экономики. Удельный вес приходится на торговлю – сказывается влияние рыночных отношений в экономике страны.

Наибольшие объемы кредитных займов предоставляются отрасли «Торговля». За рассматриваемый период данный показатель имеет положительную динамику, однако в «Строительстве» в 2009 г. объем выданных кредитов снизился с 1 464 140 млн. тенге до 1 433 422 млн. тенге на первый месяц 2010 г.

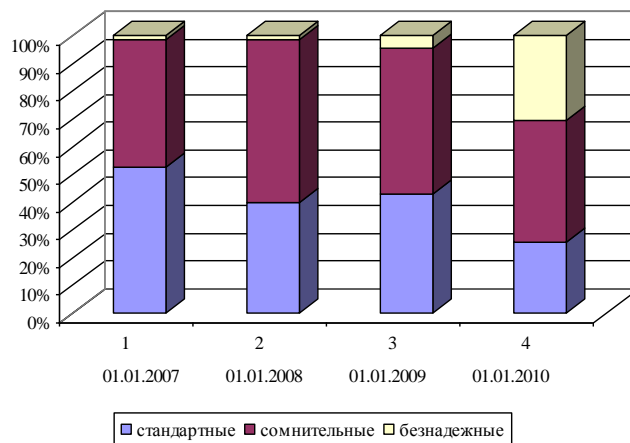


Рисунок 3 – Динамика качества кредитного портфеля БВУ

Кредиты БВУ по отраслям экономики, представленные на первый месяц каждого года

млн. тенге

Наименование отрасли	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Промышленность	289 614	437 727	521 799	705 126	760 503	732 967
С/х	125 204	163 990	206 727	262 163	250 942	281 807
Строительство	158 799	313 488	658 390	1 246 184	1 464 140	1 433 422
Транспорт	56 200	96 049	106 698	135 114	159 834	231 524
Связь	19 670	21 697	32 331	36 248	41 947	48 369

Торговля	398 624	638 347	1 087 841	1 548 016	1 700 867	1 811 545
Другие отрасли	435 898	920 792	2 077 211	3 325 519	3 082 048	3 104 403

Основная задача БВУ – сделать банковскую карточку массовой, чтобы она стала привычным платежным инструментом для каждой казахстанской семьи. Именно это будет мощным стимулом развития розничного финансового рынка, даст казахстанской банковской системе новые возможности в плане мобилизации денежных средств населения, привлечет относительно недорогие кредитные ресурсы. Рассмотрим рынок платежных карт на примере АО «АТФБанк».

Рост эмиссии платежных карточек имеет положительную динамику за рассматриваемый период. Этому способствовало комплексное проведение технических и организационных мероприятий. В обращении, по состоянию на 31 декабря 2008 г., находилось 154 499 платежных карточек, рост, по сравнению с 2007 г., составил 94 процента (рисунок 4).

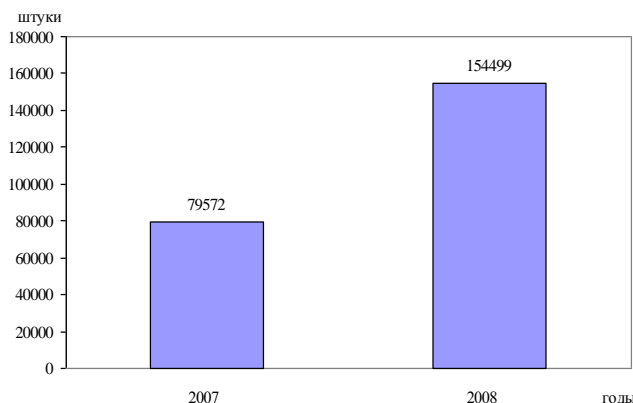


Рисунок 4 – Динамика роста эмиссии платежных карточек АТФБанка

Увеличился объем безналичных платежей по карточкам с 2942,6 млн. тенге в 2007 г. до 4224,8 млн. тенге в 2008 г. и рост составил 43,6 процента (рисунок 5). Данный показатель свидетельствует о положительной тенденции развития безналичных платежей. Выдача наличных также увеличилась с 15 764,6 млн. тенге в 2007 г. до 35 915,5 млн. тенге, или 128 процентов.

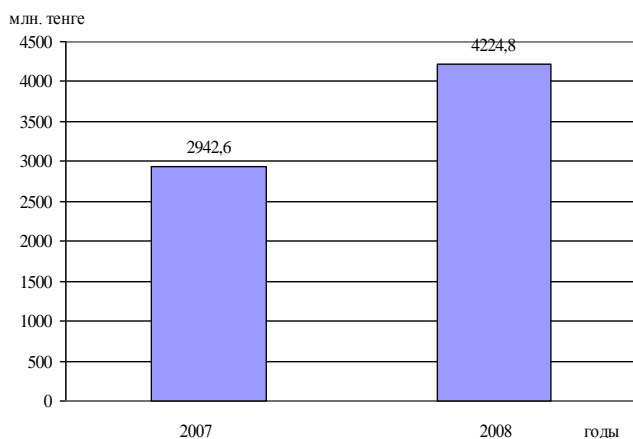


Рисунок 5 – Динамика объема безналичных платежей по карточкам АО «АТФБанк»

В связи с увеличением количества выпускаемых карт привлечены ресурсы за счет увеличения остатков на карточных счетах. Среднемесячные остатки на карточных счетах увеличились по сравнению с 2007 г. на 96 процентов и составили в 2008 г. 3056,5 млн. тенге, в 2007 г. они составляли 1560,4 млн. тенге (рисунок 6).

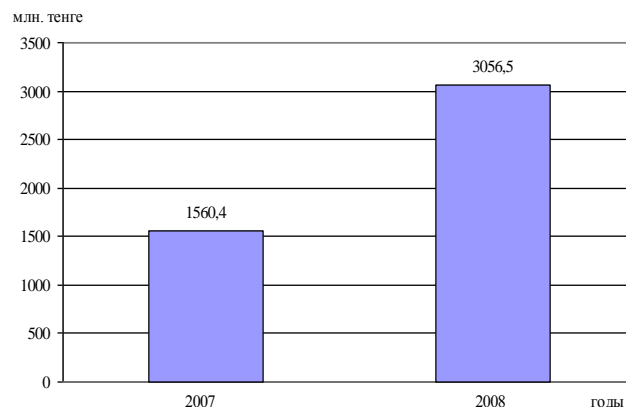


Рисунок 6 – Динамика роста среднемесячных остатков на карточных счетах АТФБанка

Выделение кредитных лимитов по платежным карточкам способствовало получению процентных доходов от использования выделенных кредитных лимитов и кредитных линий держателями платежных карточек. Наблюдается рост процентных доходов по сравнению с 2007 г. на 54 процента (в 2008 г. процентные доходы составили 38,6 млн. тенге, в 2007 г. составили 25,0 млн. тенге), но выполнение плана по процентным доходам составило 79,4 процента, при плане в 48,6 млн.тенге.

НБК как регулирующий орган со своей стороны предпринимает возможные усилия для улучшения ситуации, понимая, что вопросы, стоящие на пути к успешному функционированию системы пластиковых карт, и тесно связанную с этим проблему повышения финансовой грамотности населения можно решить только совместными усилиями законодательной и исполнительной власти, банковской системы и платежных систем, представленных на территории страны.

Проблема низкой финансовой грамотности казахстанского населения – одна из основных причин недостаточного уровня использования им возможностей, предоставляемых банковскими картами. Основное число пользователей имело дело с зарплатными картами.

Использование банковских карт напрямую зависело от уровня образования и доходов респондента: лица с высшим образованием и более высоким уровнем дохода чаще использовали банковские карты. Кроме того, значительно чаще, по

сравнению с жителями глубинки, применяли карты жители крупных городов.

На сегодняшний день банки вынуждены формировать у клиентов потребность в своих услугах. Но уже сейчас многое меняется, люди постепенно начинают понимать, что коммерческий банк – это организация сферы услуг и за их пользование нужно платить. Эксперты уверенно прогнозируют

качественные перемены на банковском рынке: спектр банковских услуг будет расширяться, банковский сервис станет качественнее и удобнее, появятся новые банковские продукты. В конечном итоге будет потребляться больше банковских услуг. В будущем удаленное банковское обслуживание клиентов через сеть интернет, вне всяких сомнений, превратится в основную форму банковского обслуживания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгибаева К.Н. Финансовая и банковская статистика. Алматы: Изд-во КазНУ, 2008. 118 с.
2. Жуков Е. Ф. Деньги. Кредит. Банки. М.: Бератор-Пресс, 2003. 310 с.
3. Закон РК от 31.08.1995 г. № 2444 «О банках и банковской деятельности» (с изменениями и дополнениями на 28.02.2007 г.).
4. Шевчук Д.А. Банковские операции. СПб, 2007. 368 с.
5. Мещеряков Г. Ю. Банковские операции. М.: Деловая пресса, 2006. 512 с.
6. Лаврушин О. И. Банковские операции. М.: Юнити, 2009. 384 с.
7. Сейткасимов Г.С. Банковское дело. Алматы: Каржы-Каражат, 1998. 74 с.

УДК 336.532(574.31)

## Оценка эффективности инвестиционного проекта по внедрению активационной технологии газоочистки «ABsalut Ecology»

**А.В. БОРИСЕНКО**, д.х.н., профессор, директор ТОО «ABsalut Ecology»,  
**Е.С. ВИНС**, менеджер ТОО «ABsalut Ecology», магистрант,  
**М.К. ИБРАЕВ**, д.х.н., профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и химии,  
**К.Б. ТАЖИБЕКОВА**, к.э.н., доцент кафедры экономики предприятия,  
 Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** показатели экономической оценки эффективности, социально-экономический ущерб, срок окупаемости, активационная технология, расчет выбросов, инвестиционный проект, экологический ущерб.

Очистка промышленных газообразных выбросов, содержащих токсичные вещества, с целью сохранения чистоты воздушного бассейна является неперенным социально-экологическим требованием для всех действующих современных производств. В настоящее время в процессе газоочистки широко используются технологии, основанные на процессах абсорбции, адсорбции и улавливания в электрофильтрах [1-2].

В настоящее время инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха и текущие затраты на его охрану, ежегодно увеличиваются. Вместе с тем рост финансовых расходов пока не привел к улучшению экологической обстановки. Одной из причин этому – недостаточное внимание разработке новой, совершенной газоочистной технологии.

В связи с этим роль и значение научных изысканий, направленных на разработку нового и совершенствование имеющихся газоочистных комплексов, а также совершенствование промышленных методов, является актуальной проблемой в данной области.

В течение ряда лет компания «ABsalut Ecology» занимается разработкой новой высокоэффективной газоочистной установки, основанной на активационном способе очистки вредных выбросов: аэрозолей, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и др. Активационный способ очистки газовых выбросов предусматривает комплексную очистку от аэрозолей (туман, дым, пыль), оксидов углерода, серы, азота и возможность извлечения из очищаемого газа полезных материалов, таких как элементарный углерод, сера и т.д. [3].

В связи с этим возникла необходимость оценки эффективности инвестиционного проекта по внедрению активационной технологии газоочистки «ABsalut Ecology» на мини-ТЭЦ в г. Приозерске. Выбор данного проекта обусловлен тем, что компания «ABsalut Ecology» принимает участие в проекте для решения проблем, связанных со снижением выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух проектируемых теплоэнергетических объектов. Технологическим решением газоочистки на мини-ТЭЦ является внедрение активационной технологии «ABsalut Ecology» (окончательная очистка газа от

мелкодисперсной пыли, парниковых газов и других загрязняющих веществ).

При оценке эффективности инвестиционного проекта за основу бралась методика, изложенная в утвержденном проекте ОВОС к ТЭО «Строительство нового теплоисточника (мини-ТЭЦ) в г. Приозерске» [4].

Согласно этой методике соблюдалась следующая последовательность:

1. Расчёт выбросов загрязняющих веществ в атмосферу до газоочистки и после газоочистки (см. таблицы 1) [5].

2. Расчёт определения эколого-экономической оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха дымовым газом от мини-ТЭЦ.

Таблица 1 – Расчёт выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Выброс загрязняющих веществ	До газоочистки, т/год	После газоочистки, т/год
Пыль неорганическая – SiO <sub>2</sub>	119,8	0,72
Сернистый ангидрид – SO <sub>2</sub>	518,40	25,92
Оксид углерода – CO	451,33	13,54
Диоксид азота – NO	200,59	40,12
Парниковые газы:		
- углекислый газ – CO <sub>2</sub>	97420,3	19484,06
- закись азота – NO <sub>2</sub>	8,93	1,79

Расчёт производился по каждому компоненту (веществу) отходящего газа: по пыли неорганической (SiO<sub>2</sub>), по сернистому ангидриду (SO<sub>2</sub>), по оксиду углерода (CO), диоксиду азота (NO<sub>2</sub>). Углекислому газу (CO<sub>2</sub>) и закиси азота (NO<sub>2</sub>) по следующей формуле:

$$U_i = \dot{Y}_i \times K_{\dot{m}_i} \times \dot{I} \text{ €} ,$$

где  $\dot{Y}_i$  – эмиссия вещества т/год;

$K_{\dot{m}_i}$  – коэффициент ставки платы (МПП) за тонну, базовые;

МПП = 1413 тенге – минимальный расчётный показатель на 2010 г.

а) Определяем ущерб от загрязнения атмосферного воздуха до газоочистки

$$U_i = \dot{Y}_i \times K_{\dot{m}_i} \times \dot{I} \text{ €} ,$$

Суммируя экономический ущерб по нормируемым веществам дымового газа получаем, что экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха выбросами дымового газа мини-ТЭЦ при отсутствии газоочистки составляет за год:

$$U_{н.в.} = U_{SiO_2} + U_{SO_2} + U_{CO} + U_{NO_2} = (846\,457,7 + 732\,4992,0 + 102\,036,7 + 2\,834\,336,7) = 11\,107\,823,1 \text{ тенге/год}.$$

Для парниковых газов до газоочистки оценка ущерба рассчитывается

$$U_{н.г.} = U_{CO_2} + U_{NO_2} = (22\,024\,781,4 + 126\,180,9) = 22\,150\,962,3 \text{ тенге/год}.$$

Суммируя экономический ущерб по нормируемым веществам и парниковым газам до газоочистки получаем:

$$U_{до г.о.} = U_{н.в.} + U_{н.г.} = (11\,107\,823,1 + 22\,150\,962,3) = 33\,258\,785,4 \text{ тенге/год}$$

б) Определяем ущерб от загрязнения атмосферного воздуха после газоочистки

$$U_{ш.н.г.} = \dot{Y}_{ш.н.г.} \times K_{\dot{m}_i} \times \text{МПП}$$

$$U_{н.в.н.г.} = U_{SiO_2} + U_{SO_2} + U_{CO} + U_{NO_2} = (5087,0 + 367238,7 + 3061,12 + 566895,6) = 942237,4 \text{ тенге/год}$$

$$U_{н.г.н.г.} = U_{CO_2} + U_{NO_2} = (4\,404\,956,3 + 25\,292,7) = 4\,430\,249,0 \text{ тенге/год}$$

Суммируя экономический ущерб по нормируемым веществам и парниковым газам после газоочистки получаем:

$$U_{после г.о.} = U_{н.в.н.г.} + U_{н.г.н.г.} = (942\,237,4 + 4\,430\,249,0) = 5\,372\,486,4 \text{ тенге/год}$$

в) Определяем предотвращенный экологический ущерб

$$U_n = U_{до г.о.} - U_{после г.о.} = (33\,258\,785,4 - 5\,372\,486,4) = 27\,886\,299 \text{ тенге/год}.$$

3. Произведен расчет экономического эффекта по следующей формуле:

$$\dot{E}_n = U_n + \Pi_0 - 3,$$

где  $U_n = 27\,886\,299 \text{ тенге/год}$  – предотвращенный экологический ущерб;

3 – 152 000 000 тенге – затраты на проектирование, наладку и пуск газоочистного оборудования или это бюджетные средства – инвестиционные вложения;

$\Pi_0 = 161\,457\,600 \text{ тенге}$  – дополнительная прибыль от реализации и использования углерода, получаемого после газоочистки выбросов.

Полный экономический эффект составит:

$$\dot{E}_n = 27\,886\,299 + 161\,457\,600 - 152\,000\,000 = 37\,343\,899 \text{ тенге}$$

Срок окупаемости равен отношению капитальных затрат к годовой прибыли и равен

$$PBP = B_0 = 152\,000\,000 : 37\,343\,899 = 4,07 \text{ года}$$

(или 48 месяцев)

Индекс доходности

$$ИД = \Pi_0 / 3,$$

где  $\Pi_0$  – прибыль;

3 – затраты.

Индекс доходности предприятия от внедрения активационной технологии газоочистки составляет:

$$PI = ИД = 161\,457\,600 : 152\,000\,000 = 1,06$$

Так как величина индекса доходности >1, предлагаемая установка эффективна.

Таким образом, готовя технико-экономическое обоснование проекта «Строительство мини-ТЭЦ в г. Приозерске» и решение проблемы снижения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух, используя простые или статистические методы оценки экономической эффективности инвестиции, были определены её показатели:

$$C = U_n + \Pi_0 - C_0 = 27\,886\,299 + 161\,457\,600 - 152\,000\,000 = 37\,343\,899,$$

где C – полный экономический эффект (годовая прибыль);

$C_0$  – инвестиционные затраты = 152 000 000 тенге;



$U_n$  – предотвращение экологического ущерба = 27 886 299 тенге;

$П_d$  – дополнительная прибыль от реализации углерода = 161 457 600 тенге.

Срок окупаемости  $PBP$  определен:

$$PBP = C_o : C = 152\,000\,000 : 37\,343\,899 = 4,07 \text{ года}$$

Индекс доходности  $PI$  определен:

$$PI = П_d : C_o = 161\,457\,600 : 152\,000\,000 = 1,06$$

Однако при расчёте данных показателей за основу бралось допущение, равное значимости доходов и расходов по результатам выполнения проекта по внедрению активационных технологий «ABsalut Ecology» на проектируемой мини-ТЭЦ в г. Приозерске. Кроме этого, рассчитывая срок окупаемости, было условно принято, что инвестиция 152 000 000 тенге была вложена одновременно в первой декаде предполагаемого срока окупаемости, а ожидаемая величина потока дохода рассчитывалась как годовая разовая прибыль [6].

Поэтому для окончательной оценки привлекательности данного инвестиционного проекта был использован дисконтированный метод оценки эффективности [7], а известные в мировой практике основные показатели экономической оценки эффективности (как  $PV$  – приведенная стоимость,  $NPV$  – чистая приведенная стоимость,  $PBP$  – срок окупаемости,  $IRR$  – внутренняя норма доходности,  $PI$  – индекс рентабельности (прибыльности) были рассчитаны и сведены в единую таблицу с учётом расчётного периода в 4,07 года (48 месяцев) и нормы (ставки) дисконта (1 год – 0,24; 2 год – 0,48; 3 год – 0,71; 4 год – 0,95; 4,5 года – 1,07).

В нашем случае при одновременном инвестировании 152 000 000 тенге в первой декаде 4,07 – летнего срока окупаемости, при заданной и неизменной ставке дисконта  $r = 1.06$ , и изменяющейся ожидаемой величины потока дохода, приведенная стоимость будет рассчитываться по формуле  $PV = C : r$  и составит величину от 17 615 046,7 тенге в первые половину расчётного года до 158 535 420,3 тенге за 4,5 года.

Сравнивая инвестиционные затраты  $C_o = 152\,000\,000$  и получаемую приведенную стоимость  $PV$ , можно увидеть, что уже на расчётном периоде за 4,5 года приведенная стоимость станет больше инвестиционных затрат ( $PV > C_o$ ), что подтверждает целесообразность приобретения активационной технологии «ABsalut Ecology».

Целесообразность приобретения активационной технологии «ABsalut Ecology» оценивается также чистой приведенной стоимостью  $NPV$ :

$$NPV = PV - C_o,$$

где  $PV$  – приведенная стоимость;

$C_o$  – инвестиционные затраты.

Из зависимости чистой приведенной стоимости от срока окупаемости (рисунок 1) следует, что уже на четвертом году расчётного периода чистый прирост

доходности станет положительным, данный проект будет давать чистую прибыль.

При оценке привлекательности нашего инвестиционного проекта особое место отводится такому показателю, как внутренняя норма доходности –  $IRR$ , которая показывает максимальный относительный доход, который ежегодно будет приносить данный проект с каждой тенге капитальных вложений.

Внутренняя норма доходности –  $IRR$  представляет собой расчётную ставку дисконтирования, при которой чистая приведенная стоимость проекта –  $NPV$  равна нулю.

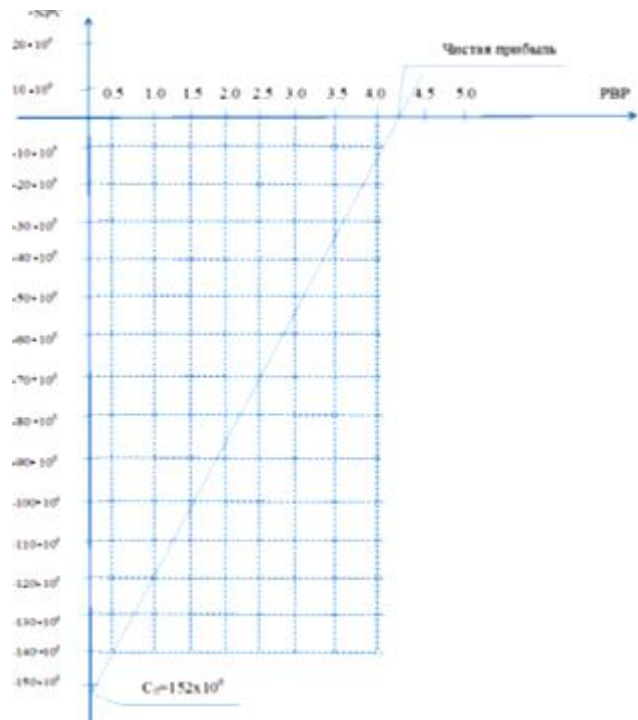


Рисунок 1 – График зависимости  $NPV = f(PBP)$

Таблица 2 – Основные показатели экономической оценки эффективности инвестиционного проекта «Применение активационной технологии «ABsalut Ecology» на проектируемой мини-ТЭЦ в г. Приозерске»



Срок окупаемости = расчетный период Показатели оценки эффектив. ИП	0,5 года	1,0 год	1,5 года	2,0 года	2,5 года	3,0 года	3,5 года	4,0 года	4,5 года
Ожидаемая величина потока дохода $C$	18671949,5	37343899,0 $C_1$	56015848,5	74687798,0 $C_2$	93359747,5	112031697,0 $C_3$	130703646,5	149375596,0 $C_4$	168047545,5
Приведенная стоимость $PV = \frac{C}{r}$	17615046,7	35230093,4	52845140,1	70460186,8	88075233,5	105690280,2	123305326,9	140920373,6	158535420,3
Чистая приведенная стоимость $NPV = PV - C_0$	-134384953,3	-116769906,6	-99154859,9	-81539813,2	-63924766,5	-46309719,8	-28694673,1	-11079626,4	+6535420,3
Внутренняя норма доходности $IRR = \hat{A} \hat{A} = -C_1 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots$	221438990,0 $i=0$	48564700,4 $i=0,24$		-26966018,4 $i=0,48$		-64706280,3 $i=0,71$		-87745349,0 $i=0,95$	
Индекс доходности (рентабельность) $PI = \frac{PV}{C_0}$	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,71	0,83	0,95	1,07

В нашем случае проект имеет четырёхгодичную продолжительность фазы эксплуатации и тогда внутренняя норма доходности находится из следующего уравнения:

$$IRR = \hat{A} \hat{A} = -C_1 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \frac{C_4}{(1+r)^4} = 0.$$

Зададимся произвольными значениями ставки дисконтирования:

$$i = 0; i = 0,24; i = 0,48; i = 0,71; i = 0,95.$$

Именно для этих величин рассчитаем величину чистого дисконтированного дохода:

$$\begin{aligned} i = 0 \text{ ЧДД} &= 221\,438\,990, \\ i = 0,24 \text{ ЧДД} &= 48\,564\,700,4, \\ i = 0,48 \text{ ЧДД} &= -26\,966\,018,3, \\ i = 0,71 \text{ ЧДД} &= -64\,706\,280,3, \\ i = 0,95 \text{ ЧДД} &= -87\,745\,349,0. \end{aligned}$$

На основании расчётных данных построен график  $\text{ЧДД} = f(i)$  (рисунок 2), из которого следует, что данный проект будет приносить 0,42 тенге чистой прибыли в год с 1 тенге капитальных вложений. Проект будет эффективен, так как инвестор будет получать 42 % годовых.

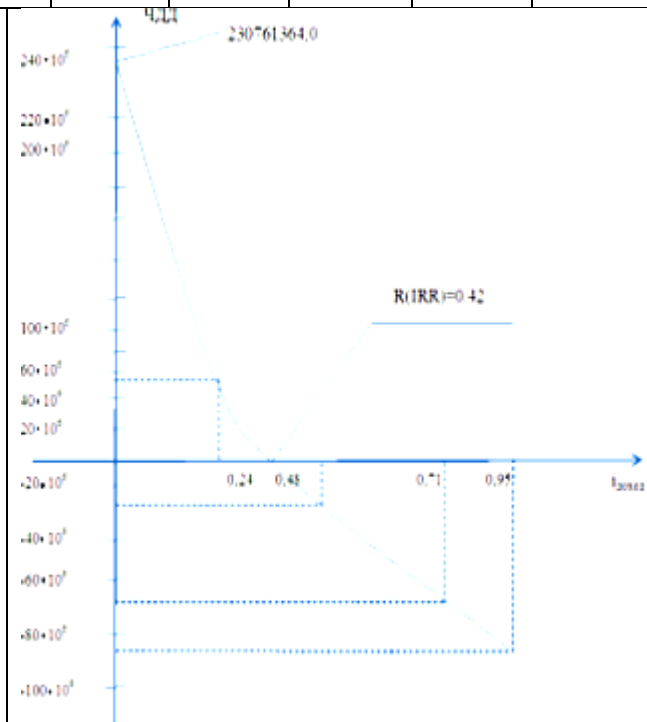


Рисунок 2 – График  $\text{ЧДД} = f(i)$

Таким образом, оценивая эффективность инвестиционного проекта по внедрению активационной технологии на проектируемой мини-ТЭЦ, было установлено, что активационная технология газоочистки дымовых газов является экономически эффективным вариантом.

Отсюда общий экономический эффект за вычетом затрат на эксплуатацию (152 000 000 тенге) составит 37 343 899 тенге.

Социально-экономический эффект состоит в возврате в энергетический цикл значительной части сожженного углерода в качестве высококалорийного и чистого топлива с соответствующим уменьшением потребности в топливе.

Проблема снижения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух в настоящее время является приоритетной задачей любого проекта. Согласно статье 314, п. 2 Экологического кодекса РК «...проектирование, размещение, строительство, реконструкция и эксплуатация объектов хозяйственной и иной деятельности при застройке городских и иных поселений должны осуществляться с учетом уменьшения выбросов парниковых газов и сохранения уровня абсорбции их поглотителями». Технологическое решение по снижению выбросов

загрязняющих веществ и парниковых газов с применением активационной технологии газоочистки выводит проект строительства и эксплуатации мини-ТЭЦ в г. Приозерске на уровень проекта механизма чистого развития (МЧР) (Киотский протокол – 1997 г., Киото, Япония).

Кроме этого, применение активационной технологии очистки дымовых газов позволит получить значительные выгоды, реализующиеся для общества в форме снижения расходов, связанных:

- с уменьшением смертности, заболеваемости и затрат на медицинское обслуживание людей, как утверждают медики, именно на выгоды этой категории приходится более 20 % снижения расходов;
- компенсацией потерь чистой продукции из-за снижения производительности труда, невыхода на работу и повышенного износа и коррозии основных производственных фондов;
- дополнительными услугами коммунально-бытового хозяйства;
- компенсацией потерь из-за снижения продуктивности природных объектов и агроценозов (например биомассы рыбы в водоемах Балхашского озера, урожайности сельскохозяйственных культур);
- сокращением ущерба, наносимого природным ресурсам (лесам, сенокосам и др.);

Таблица 3 – Общий экономический эффект инвестиционного проекта

Капитальные затраты	152 000 000 тенге
Прибыль за счёт предотвращения экологического ущерба	27 886 299 тенге
Дополнительная прибыль (реализация 26 909 тонн полученного чистого углерода)	161 457 600 тенге
Общая прибыль	190 286 136 тенге
Срок окупаемости	48 месяцев
Индекс доходности	1,06
Предотвращение ежегодного штрафа за эмиссию в окружающую среду	33 258 785,4 тенге

– увеличением комфорта (например, увеличение прозрачности атмосферы – видимости, улучшение цвета воды и т.д.);  
– увеличением выгоды на предприятии благодаря ценности уловленных отходов (элементный состав

углерода, серы и др.), получение ценной продукции (фуллерен) и увеличение процентного содержания кислорода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габов Ю.А., Кист В.Э., Борисенко А.В., Серых В.И., Узбеков В.А., Кудеринов Т.К. Экологическая безопасность Казахстана. Астана: Жаркын КО, 2006. 542 с.
2. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. 800 с.
3. Стандарт организации. Установки по очистке технологических газов ТУ СТ ТОО 40794079-02-2010 № 00468 от 01.05.2010 г.
4. Проект ОВОС, к ТЭО «Строительство нового теплоисточника (мини-ТЭЦ) в г. Приозерске». Караганда, 2008. 58 с.
5. Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. и др. Справочник по пыле- и золоулавливанию. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
6. Закон Республики Казахстан «Об инвестициях» [электронный ресурс]. – Утв. 08 января 2003 г. № 373. Алматы, 2003.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. 2-е изд., испр. и доп. / Утверждено Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. № ВК 477.

# Влияние органоминеральной добавки на свойства бетонных смесей

**М.А. РАХИМОВ**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой ТСМиИ,

**Р.Ф. СЕРОВА**, к.т.н., доцент кафедры ТСМиИ,

**Г.М. РАХИМОВА**, ст. преподаватель кафедры ТСМиИ,

**Ч.Т. АКАНОВ**, магистрант,

Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** бетонная смесь, поверхностно-активные вещества (ПАВ), модификаторы.

Удобоукладываемость является технологическим свойством бетонной смеси и характеризуется способностью заполнять форму или опалубку и уплотняться под воздействием механических усилий [1]. Бетонная смесь при этом должна сохранять свою однородность и не расслаиваться [2].

Удобоукладываемость в первую очередь зависит от количества воды затворения. Водосодержание бетонной смеси и способ ее уплотнения являются главнейшими факторами качественной структуры бетона.

Важным инструментом регулирования удобоукладываемости бетонной смеси являются химические модификаторы, в состав которых включены поверхностно-активные вещества (ПАВ). Эти вещества уменьшают поверхностное натяжение воды и тем самым улучшают ее смачивающую способность. При этом создается возможность уменьшить водоцементное отношение без ухудшения удобоукладываемости смеси и улучшить свойства отвердевшего бетона: плотность, прочность, морозостойкость и другие.

Пластифицирующая способность суперпластификаторов, по В.Г. Батракову [4], а также закономерность потери пластичности бетонной смесью с суперпластификатором во времени существенно зависят от состава бетонной смеси и качества заполнителей. Удобоукладываемость смеси, модифицированной суперпластификатором, улучшается с повышением расхода цемента и воды, т.е. объема цементного теста в бетонной смеси. Это соответствует существующему мнению о том, что текучесть (подвижность) бетонной смеси находится в прямой зависимости от объема и текучести цементного теста.

Нами были проведены опыты по определению влияния дозировок органоминерального модификатора марки ОМД-МС на изменение нормальной густоты цементного теста в сравнении с достаточно изученным суперпластификатором С-3 и известной гидрофобно-пластифицирующей добавкой ГПД.

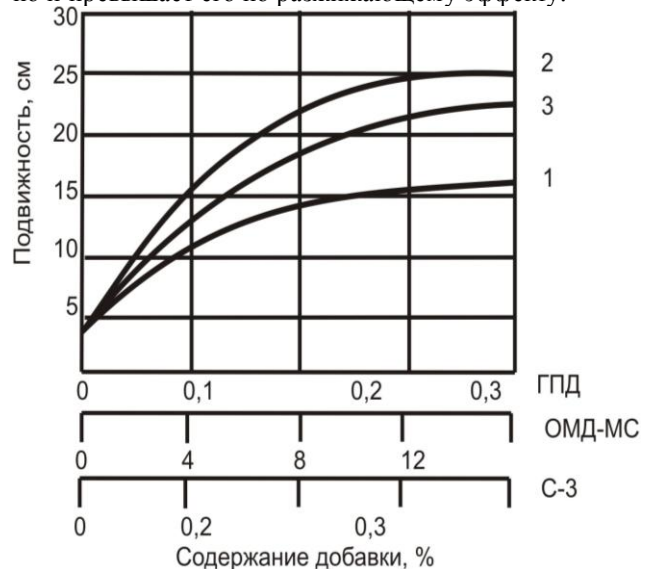
Нами было исследовано влияние модификаторов ОМД-МС (органоминеральных добавок), ГПД и С-3 на подвижность бетонных смесей совместно с ускорителем твердения тиосульфатом натрия (ТСН) (рисунок).

Увязывая полученные результаты испытаний с данными работ В.Г. Батракова [4] и М.И. Хигеревича

[5], можно сделать вывод, что оптимальная дозировка ОМД-МС – 12...13% от массы цемента, С-3 и ГПД – соответственно 0,4% и 0,3%.

При оптимальных дозировках модификатора ОМД-МС нормальная густота цементных паст составила 22 и 24 % (цементной пасты без модификаторов – 26%).

Таким образом, результаты исследований качества бетонной смеси по удобоукладываемости позволяют сделать вывод, что модификатор ОМД-МС не только сопоставим с известным суперпластификатором С-3, но и превышает его по разжижающему эффекту.



1 – 0,3% ГПД плюс 3% ТСН; 2 – 12% ОМД-МС; 3 – 0,4% С-3 плюс 4% ТСН

Рисунок 1 – Влияние модификаторов на подвижность бетонной смеси

Из рисунка видно, что предлагаемый модификатор ОМД-МС повышает удобоукладываемость бетонной смеси на 5...8% по сравнению с С-3. По сути, нами своеобразно решена задача, которую в свое время сформулировал М.И. Хигеревич при создании гидрофобного цемента: «...изменить свойства цемента так, чтобы он стал менее гидрофилен и даже приобрел «водоотталкивающую» способность, но в то же время мог бы взаимодействовать с водой на тех стадиях применения, когда это практически нужно».

Высокое качество бетонных смесей с модификатором ОМД-МС подтверждается опытами

по определению влияния расхода воды на водопотребность, водоотделение и расслаиваемость, определяющих их удобоукладываемость (таблицы 1, 2, 3).

Результаты, приведенные в таблице 2, показывают, что бетонные смеси с ОМД-МС имеют

на порядок меньшее водоотделение, чем бетонные смеси без добавки и с С-3 плюс 4% ТСН.

Из таблицы 3 видно, что бетонные смеси имеют лучшую устойчивость к расслаиванию: до 60% в сравнении с бетонной смесью без модификатора и на 30...35% – с испытываемыми модификаторами ГПД и С-3.

Таблица 1 – Влияние гидрофобизирующих комплексных модификаторов на водопотребность и плотность бетонной смеси (осадка конуса 0-0,5 см)

Добавка, % от массы цемента	Водопотребность, л/м <sup>3</sup>	Снижение водопотребности, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
Без добавки	145	0	2380
0,3% ГПД плюс 3% ТСН	131	9	2440
0,4% С-3 плюс 4% ТСН	120	20-22	2470
12% ОМД-МС	122	24-26	2480

Таблица 2 – Водоотделение бетонных смесей

Добавка, % от массы цемента	Водоцементное отношение	Осадка конуса, см	Водоотделение бетонной смеси, %
Без добавки	0,54	12	2,30
0,3% ГПД плюс 3% ТСН	0,48	12	0,80
0,4% С-3 плюс 4% ТСН	0,42	20	1,45
12% ОМД-МС	0,38	20...22	0,22

Таблица 3 – Расслаиваемость бетонных смесей

Добавка, % от массы цемента	Содержание растворной составляющей, %		Показатель расщепления П <sub>р</sub> , %
	в верхней части	в нижней части	
Без добавки	51,09	47,40	3,74
0,3% ГПД плюс 3% ТСН	50,16	48,10	2,12
0,4% С-3 плюс 4% ТСН	50,18	48,00	2,18
12% ОМД-МС	50,24	47,70	1,44

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. Санкт-Петербург: Стройбетон, 2006. 647 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. М., 1978.
3. Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алма-Ата: Наука, 1990. 112 с.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1998. С. 115-116.
5. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цемента, растворов и бетонов. М., 1979. С. 120-140.

## Раздел 5

# Автоматика. Энергетика. Управление

УДК 004.42:378.14(574)=512.122

## **Перспективные формы дистанционного обучения в рамках международной программы Sinergy**

*Б.Н. ФЕШИН, д.т.н., профессор кафедры АПП,  
Д.В. ШАЛДЫШЕВ, магистрант кафедры АПП,  
Ю.Ф. БУЛАТБАЕВА, магистрант кафедры АПП,  
К.М. БАЙМУХАМЕТОВ, магистрант кафедры АПП,  
Е.О. МУРДАЛОВА, магистрант кафедры АПП,  
Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова: дистанционное обучение, стенды, автоматизация, технологии, специалисты.*

Период становления международной программы «Sinergy» успешно преодолен [1, 2, 3]. В каждом вузе-участнике проекта имеются микропроцессорные стенды, робототехнические комплексы и отдельные установки (например, Robotino [2]). Отлажено программно-аппаратное обеспечение, разработаны методические пособия, позволяющие изучать стенды в реальном и разделенном времени в лабораториях вузов-резидентов и в дистанционных режимах на стендах других участников проекта. Следует отметить, что большая часть методического обеспечения базируется на программных средствах, разработанных и поставленных идеологом и владельцем проекта – фирмой FESTO [4, 5, 6]. Здесь есть как положительные, так и отрицательные моменты, анализ которых позволит совершенствовать и развивать проект Sinergy в пределах стран СНГ и, возможно, в

дальнем зарубежье. Рассмотрим опыт, полученный на кафедре АПП КарГТУ в рамках проекта, с целью выбора направлений совершенствования дистанционных форм обучения.

На стенде «Процессорная станция FESTO» имеется возможность изучения аппаратных средств, входящих в системы автоматического регулирования (САР) давления, расхода, уровня и температуры жидкости (см. рисунки 1,...,4), а также проводить исследования статических и динамических характеристик одноконтурных САР средствами программного обеспечения контроллера SIMATIC S7-300 и SCADA-системы WinCC. В рамках этого же программного обеспечения были разработаны новые лабораторные работы по идентификации статических и динамических свойств и параметрической оптимизации одноконтурных САР. По результатам исследования стенда

«Микропроцессорная станция Festo» разработаны алгоритмы для 3 вариантов выполнения работ:

– алгоритм исследования одной из САР на стенде (уровень, давление, температура, расход) с визуализацией результатов на экране и размещением данных в ЭВМ;

– алгоритм выполнения лабораторных работ на стенде в режиме «разделенное время». Информация о проведенных исследованиях отдельных САР высылается удаленному пользователю по сети INTERNET

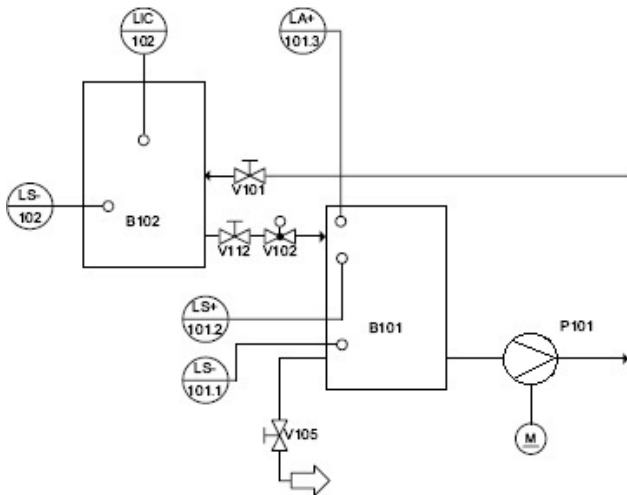


Рисунок 1 – Функциональная схема САР уровня

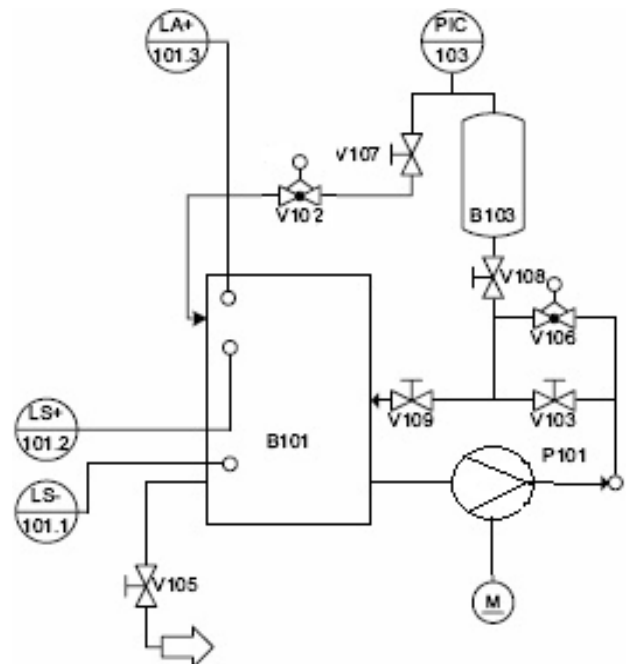


Рисунок 2 – Функциональная схема САР давления

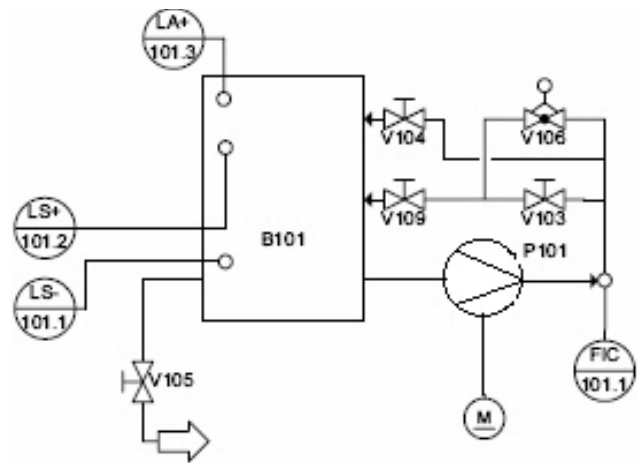


Рисунок 3 – Функциональная схема САР расхода или INTRANET. Данные о стенде и результаты экспериментов могут быть выставлены на учебный портал КарГТУ и использованы любым пользователем, имеющим к нему доступ;

– алгоритм выполнения исследовательской дистанционной лабораторной работы в реальном времени. Этот алгоритм возможен, если у удаленного пользователя и администратора стенда имеется необходимое аппаратное и программное обеспечение для визуализации используемого оборудования на экране монитора.

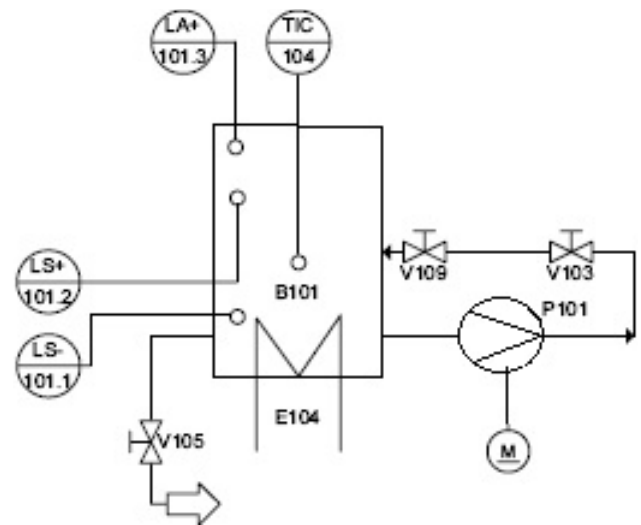


Рисунок 4 – Функциональная схема САР температуры

Ниже представлен список апробированных лабораторных работ:

– Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения (контроллера SIMATIC S7-300 и SCADA-системы Winn CC) учебно-лабораторного комплекса САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 1);

– Исследование статических и динамических характеристик учебно-лабораторного комплекса САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 2);

– Настройка, наладка и параметрическая оптимизация САР давления, расхода, уровня и

температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 3);

– Разработка алгоритмов и программного обеспечения (для контроллера SIMATIC S7-300 и SCADA-системы Winn CC) многосвязной учебно-лабораторной САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 4);

– Настройка, наладка и параметрическая оптимизация многосвязной учебно-лабораторной САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 5);

– Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения станций сортировки, переноса и сбора штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 6);

– Разработка алгоритмов и программного обеспечения станций сортировки, переноса и сбора штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 7);

– Оптимизация режимов работы станций сортировки, переноса и сбора штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 8);

– Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения станций буферная, распределения, робот при изготовлении штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 9);

– Разработка алгоритмов и программного обеспечения станций буферная, распределения, робот при изготовлении штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 10);

– Оптимизация режимов работы станций буферная, распределения, робот при изготовлении штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 11);

– Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения станции «Портальный робот» фирмы Festo (Лаб. 12);

– Разработка алгоритмов и программного обеспечения станции «Портальный робот» (Лаб. 13);

– Оптимизация режимов работы станции «Портальный робот» фирмы Festo (Лаб. 14);

– Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения мехатронного устройства ROBOTINO (Лаб. 15);

– Программирование траекторий движения мехатронного устройства (Лаб. 16).

**В процессе эксплуатации стенда выяснилось, что установленное FESTO программное обеспечение не позволяет «развязать» одноконтурные САР, а также построить структурно и программно многосвязные САР по двум, трем и четырем выходным координатам.**

**Применительно к робототехническому комплексу «Станции сбора и сортировки FESTO» была отработана технология изучения аппаратных средств, составлены монтажные схемы стендов, апробированы методики настройки, наладки и обучения средствами моделирующей программы «COSIMIR». Попытка выйти за пределы возможностей программы «COSIMIR», с целью поиска новых алгоритмов работы стендов, выполнения процедур диагностики элементов, устройств автоматики и электромеханического оборудования, не увенчалась успехом из-за жестких ограничений производителя – фирмы FESTO на модернизацию программного обеспечения.**

**Аналогичная ситуация характеризует режимы работы стенда «Портальный робот» – имеющееся программное обеспечение позволяет в режиме ручного управления перемещать поддоны по примитивным траекториям. Отсутствует какая-либо возможность творческого подхода к изучению как аппаратного, так и программного обеспечения стенда и режимов его работы.**

**Разработаны следующие предложения по стенду «Процессорная станция FESTO»:**

1. Пользователи-курсанты выполняют лабораторные работы № 1, ..., 5 в дистанционном режиме в рамках существующего программного обеспечения контроллера и SCADA-системы (по схемам на рисунках 1, ..., 4).

2. Усвоившие материал по пп. 1 получают право на работы повышенной сложности, заключающиеся в замене программного обеспечения SCADA-системы с целью перехода к многосвязной САР по схеме, изображенной на рисунке 5.

3. Схема на рисунке 5 модернизируется на множество вариантов путем изменения состояния двухпозиционных вентилях V под номерами: 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 112 и регулируемых клапанов V106, V102. Все переключения и регулировки выполняются вручную.

4. Для каждой из схем пользователи-курсанты разрабатывают SCADA- программу по снятию характеристик многосвязной САР по координатам: давление, температура, уровень, расход.

5. Эксперименты повторяются при различных законах регулирования и параметрах регулятора, устанавливаемых на контроллере SIMATIC.

6. Работы по пп. 4 и 5 проводятся в режимах реального и разделенного времени (в том числе и в сетевом-дистанционном режиме обучения).

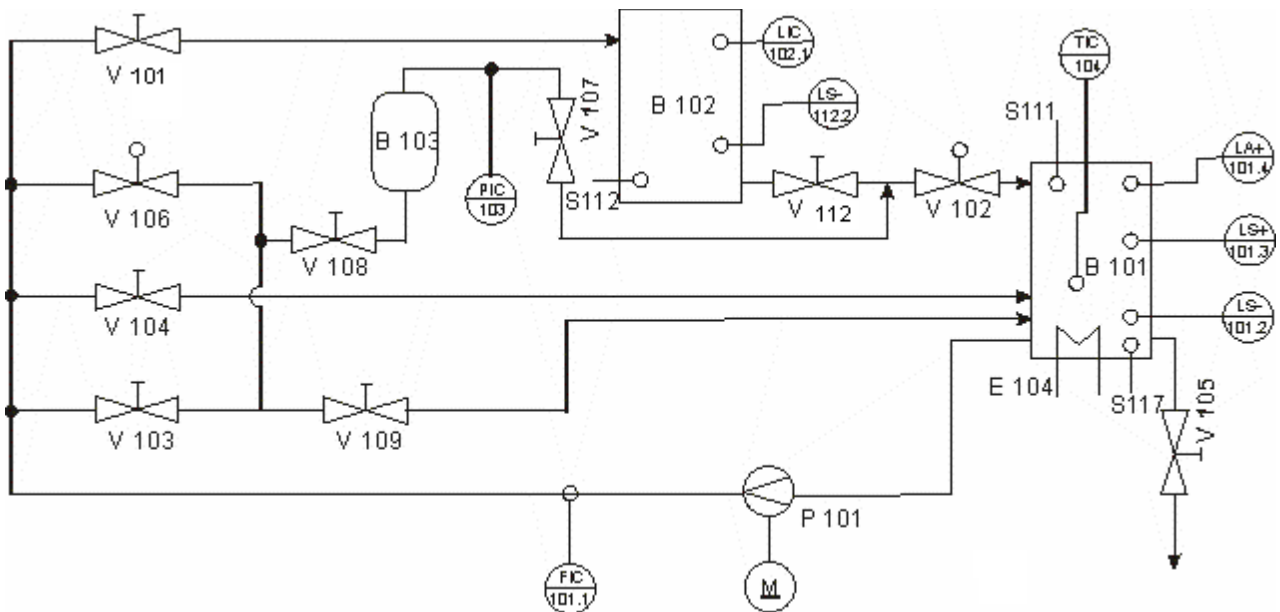


Рисунок 5 – Функциональная схема многосвязной САР

Предложения по станциям-стендам сортировки, переноса и сбора штучных изделий:

7. Лабораторные работы № 6, 7, 8, 9, 10, 11 выполняются на штатном оборудовании, при штатном программном обеспечении, для штатного комплекта штучных изделий.

8. Пользователи-курсанты, освоившие пп. 7, получают возможность выполнить работы повышенной сложности, заключающиеся в следующем:

- Изменяется качественный и количественный состав комплекта штучных изделий (общее количество и количество по цвету);

- С учетом новых начальных условий предлагается пользователю-курсанту составить алгоритмы обработки штучных изделий на каждом стенде, в том числе и на стенде с роботом;

- После проверки алгоритмов пользователю-курсанту дается право на разработку, отладку и внедрение новых программ контроллеров каждого стенда.

9. Внедрение заключается в наблюдении последовательности выполнения технологических процессов на стендах и в корректировке алгоритмов и программ.

10. Отлаженные программы позволяют осуществить переход к оптимизации технологического процесса. При этом под оптимизацией (например, по времени выполнения операций с изделиями) понимается ускорение работы каждого стенда.

Примечание. Для выполнения работ по пп. 8 необходимо изменение штатного программного обеспечения, установленного фирмой Festo.

Предложения по стенду «Портальный робот»:

11. Выполнение лабораторных работ №12, 13, 14 осуществляется на штатном программном обеспечении стенда. При этом под «оптимизацией» понимается приобретение навыков перемещения поддонов с помощью ручного пульта управления стенда.

12. Пользователю-курсанту, освоившему технологию на стенде «Портальный робот» по пп. 11, предлагается разработать, отладить и внедрить программу контроллера, обеспечивающую перемещение поддонов по сложной траектории (из множества вариантов перемещения  $n$  поддонов и  $m$  мест их установки в определенные временные интервалы при условии, что  $n > m$ ).

Обобщение достоинств и недостатков стендов фирмы FESTO, с учетом накопленного опыта их монтажа, настройки, наладки и эксплуатации, позволили разработать перспективные направления совершенствования процессов обучения будущих специалистов по автоматизации и управлению, а также магистрантов, докторантов и курсантов аналогичного профиля, на стендах фирмы FESTO, в том числе.

13. Предложить фирме FESTO разработать регламент по допуску пользователей (членов программы «Sinergy») к процессу модернизации программного обеспечения контроллеров и SCADA-систем.

14. Ввести режимы диагностики, аварийных ситуаций, поиска оптимальных траекторий движения механизмов, оптимальной настройки систем автоматического контроля, регулирования и управления стендов.

15. Разработать варианты и алгоритмы упомянутых выше режимов работы стендов с последующим построением процедур перепрограммирования исходных состояний контроллеров и SCADA-систем.

16. Рассмотреть возможность представления стендов (технологического, программно-аппаратного, электромеханического, пневматического, гидравлического и энергетического оборудования) вузов-резидентов как единое гибкое автоматизированное производство, в котором существуют связи, определяющие процесс



включения/выключения отдельных стандов, устройств и механизмов.

17. Рассмотреть возможность представления стандов (технологического, программно-аппаратного, электромеханического, пневматического, гидравлического и энергетического оборудования) вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy» как распределенное во времени и пространстве автоматизированное промышленное производство, в котором существуют алгоритмы-ключи, инициирующие технологические и производственные взаимосвязи между вузами-участниками международного проекта «Sinergy».

18. Определить множество операторов-курсантов, обучающихся управлению технологическими процессами и производством на разных уровнях иерархической системы, функционирующей на базе вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy».

19. Разработать систему обучения и контроля знаний операторов-курсантов на базе экспертного

подхода к оценке знаний и единой базы знаний интегрированной, иерархической, распределенной системы управления технологическими процессами и производством.

20. Предложить фирме FESTO разработать регламент по выдаче сертификатов контроля знаний операторов-курсантов разных уровней иерархической системы, функционирующей на базе вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy».

21. Разработать систему коммерческого обучения и контроля знаний операторов-курсантов на базе вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy».

22. Предложить фирме FESTO разработать регламент по созданию на базе оборудования и технических специалистов вузов-участников международного проекта «Sinergy» малых предприятий по разработке (сборке) учебных стандов FESTO с последующей поставкой их в вузы стран СНГ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фешин Б. Н., Огурцов Г.Е., Парфенов С.А. Исследование многосвязной системы автоматического регулирования давления, расхода, уровня и температуры «микропроцессорной станции Festo» // Тр. ун-та / КарГТУ. 2009. № 2. 2009. С.78-83.
2. Фешин Б. Н., Крицкий А.Б., Марквардт Р. В., Сатенов А. О. Система дистанционного обучения операторов робототехнического комплекса Robotino // Тр. ун-та. 2009. № 3. С. 8-12.
3. Фешин Б. Н., Брейдо И.В., Крицкий А.Б. Сетевые виртуально-аппаратные лабораторные комплексы систем управления и контроля как средства интеграции науки, образования и производства // Региональная научно-практическая конференция «Инновационная роль науки в подготовке современных инженерных кадров» (7-8 декабря, 2006. Караганда.)
4. Jürgen Helmich, Manual PCS Compact Workstation. Esslingen, Germany: Festo Didactic GmbH & Co, 2004. 49 с.
5. www.festo.com
6. Jürgen Helmich, Process Control System – Collection of data sheets. - Esslingen, Germany: Festo Didactic GmbH & Co, 2004. 94 с.

УДК 621.313.2:621.314.58

## Анализ существующих методов теоретического исследования тиристорного электропривода постоянного тока

Г.А. ЭМ, ст. преподаватель кафедры АПП,  
Карагандинский государственный технический университет

**Ключевые слова:** теория вентильного электропривода, тиристорный электропривод постоянного тока, методы анализа работы, расчет параметров, имитационное моделирование.

При всеобщем увлечении частотно-регулируемым асинхронным электроприводом в последние годы неоправданно ослаб интерес к машинам постоянного тока. Между тем двигатели постоянного тока различных серий и модификаций продолжают выпускать, совершенствовать и широко использовать на практике. При этом замечательные регулировочные характеристики, жесткость механических характеристик, высокая плотность энергии и экономичность машин постоянного тока обеспечили их распространение, в том числе и в горной промышленности.

К неоспоримым преимуществам регулируемого электропривода с двигателями постоянного тока также следует отнести:

– возможность работы «на упор» продолжительное время при номинальном значении тока, что практически невозможно реализовать в приводе переменного тока;

– отсутствие при малых значениях угловой скорости пульсаций электромагнитного момента, характерных для частотно-регулируемого асинхронного электропривода и др.

**Основные направления исследований в области тиристорного электропривода постоянного тока.**

Анализ и синтез систем тиристорного электропривода постоянного тока (ТЭП ПТ) базируется на теории электромагнитных процессов в вентильных преобразователях. Среди многочисленных трудов, посвященных исследованию и разработке методов расчета переходных и установившихся процессов в цепях с силовыми вентильными преобразователями, выделяется фундаментальная работа Л.Р. Неймана [1], в которой представлена универсальная математическая модель вентильного преобразователя с учетом основных факторов, влияющих на характер переходных процессов. В этой работе были получены разностные уравнения для выпрямленного тока, характеризующие тиристорный преобразователь как импульсную систему.

Методы анализа динамики электромагнитных процессов в вентильных преобразователях детально рассмотрены и систематизированы в [2]. В этой работе описаны следующие основные аналитические методы расчета и исследования статических и динамических режимов силовых схем вентильных преобразователей: припасовывания (кусочно-припасовочный), разностных уравнений, спектрально-операторный, гармонических составляющих (гармонического анализа), сопряженных комплексных амплитуд, Ф-функций (метод Г. Такеути), гармонического синтеза, непрерывной аппроксимации, огибающей (с использованием интеграла Дюамеля), переключающих и разрывных функций и др.

Кроме того, в [2] рассмотрен и теоретически обоснован модифицированный метод отдельных составляющих, а также метод расчета основных интегральных характеристик токов и напряжений, коэффициентов ряда Фурье, коэффициента гармоник непосредственно по операторному изображению исследуемого процесса.

Дальнейшим исследованиям, методам расчета и анализа работы различных схем силового вентильного преобразователя посвящены работы [3-6].

Необходимость учета дискретных свойств вентильного преобразователя на его работу была отмечена А.А. Булгаковым в [3]. Свойства вентильного полупроводникового преобразователя как элемента управляемой системы выявляются более полно при комплексном исследовании системы, состоящей из трех взаимосвязанных составляющих: силовой части (тиристорного преобразователя и двигателя), системы импульсно-фазового управления (СИФУ) и системы автоматического регулирования (САР) координатами электропривода.

Исследования, проведенные с этих позиций В.П. Шипилло [4], позволили выявить автоколебательные режимы, вызываемые спецификой свойств тиристорного преобразователя – дискретностью управляющего сигнала и тем, что запирающие вентилей происходит в моменты уменьшения тока до нулевого значения и не может быть осуществлено в этот период с помощью сигнала управления.

В дальнейшем на основе этих представлений с использованием методов теории дискретных систем В.П. Шипилло разработал способ исследования переходных процессов в вентильном приводе и выявил возможности систем с переходными процессами конечной длительности, осуществимыми только в дискретных системах.

Методы исследования и вопросы теории вентильного электропривода дальнейшее развитие получили в [5-10].

В [5] предложены методы анализа и синтеза вентильного электропривода с учетом дискретности и неполной управляемости однооперационных силовых тиристорных.

В систематизированном виде вопросы динамики замкнутых систем при малых и больших возмущениях (математическое обоснование импульсных динамических моделей различных типов управляемых выпрямителей) изложены в [6], там же выполнен анализ и синтез структур регулируемого и следящего вентильных электроприводов с учетом ограничений на динамику, накладываемых нелинейным характером работы тиристорных выпрямителей.

Частотные методы исследования динамических свойств электропривода постоянного тока с независимым возбуждением и математические модели электромеханической системы ТП-Д изложены в [7].

Однако в рассмотренных работах практически не затронуты такие важнейшие современные методы теоретического исследования, как методы имитационного моделирования.

В [10] исследованы характеристики ТЭП ПТ подъемных установок с учетом области прерывистых токов для электропривода с реверсом возбуждения, сформулированы требования к электроприводу системы ТП-Д и приведены его математическое описание и синтез САР.

Вопросам математического описания режимов работы машины постоянного тока уделена значительная часть трудов Н.В. Донского, А.Д. Поздеева, А.И. Вольдека, И.П. Копылова, В.А. Бесекерского и др.

Особенностям управления ТЭП ПТ горных машин, работающих в условиях маломощных сетей (при электроснабжении от источника энергии соизмеримой мощности), а также влиянию реальных условий эксплуатации на структуру и параметры тиристорного электропривода посвящены работы А.А. Барьюдина, В.Ф. Бырьки, И.В. Брейдо, И.В. Петерса, Н.В. Макаренко и др.

Однако в указанных работах не разработаны эффективные технические решения, позволяющие реализовать алгоритмы оптимального управления тиристорным электроприводом в условиях «мягкой» сети; не определены рабочие области генераторных режимов рекуперации и противовключения, границы оптимального перехода из одного режима в другой и средства реализации совместного использования указанных режимов в тиристорном электроприводе.

Методы и средства выполнения микропроцессорных систем управления ТЭП ПТ, а также элементы теории расчета, алгоритмы

управления и способы их реализации рассмотрены в [11, 12].

В [12] изложены основные принципы и методы построения информационно-логических датчиков, исполнительных средств СИФУ и наладочных устройств, приведены методы расчета настроечных параметров, описаны методы экспериментальных исследований и наладки ТЭП ПТ с микропроцессорным управлением. При выборе интервала повторения вычислений и регулируемого параметра токового контура для цифрового управления авторы обосновали преимущества синхронного принципа управления с интервалом повторения вычислений, равным естественному интервалу дискретности – интервалу преобразования вентильного преобразователя. При этом расчет переходных процессов в импульсной модели выполняется посредством дискретного преобразования Лапласа ( $D$ -преобразования). Следует отметить, что более удобным для практического применения является другое, получившее известность представление решетчатой функции –  $Z$ -преобразование [6].

Однако предложенные в [12] алгоритмы управления контуром тока, характеризуемые средними значениями тока и составленные из предположения, что электрическая сеть, питающая преобразователь, симметрична, а вентили являются идеальными коммутаторами, не позволяют учесть в полном объеме импульсный характер работы тиристорного преобразователя, поскольку описывают только непрерывный режим выпрямления тока.

Отметим, что в последние годы в связи с появлением современных компьютерных технологий большое внимание уделяется исследованию ТЭП ПТ методами имитационного моделирования.

#### **Анализ методов имитационного моделирования для исследования статических и динамических свойств ТЭП ПТ.**

Использование исключительно аналитических методов для исследования статических и динамических свойств тиристорного электропривода с учетом импульсной формы напряжения и односторонней проводимости силовых полупроводниковых элементов, используемых в нем, связано с большим объемом вычислений и требует значительных затрат времени. В последние годы с возникновением компьютерных технологий, опирающихся на мощные прикладные пакеты программ (ППП), появилась возможность ко многим вопросам исследования подойти на совершенно новой основе.

Современные средства имитационного моделирования, такие как ППП *MatLab-Simulink*, *Multisim*, *ANSYS* и др., позволяют решать задачи подобного класса значительно быстрее. Кроме того, средства ППП обеспечивают автоматизацию процессов исследования. В частности, ППП *MatLab-Simulink* совмещает снятие статических и динамических характеристик объекта с одновременной табличной регистрацией

анализируемых параметров и графическим представлением результатов моделирования.

Автоматическое снятие статических (механических, регулировочных, электромеханических) характеристик может быть реализовано в ППП *MatLab-Simulink* путем регистрации выходного параметра в функции аргумента, линейно изменяемого от начального до максимального значения на всем протяжении установившегося времени моделирования, с последующим анализом полученных результатов. Такая форма задания линейно изменяемого входного воздействия позволяет обеспечить неизменную величину погрешности моделирования [13].

Следует отметить, что рассматриваемый ТЭП ПТ как объект моделирования представляет собой совокупность силового полупроводникового преобразователя, характеризующегося дискретностью действия, и электромеханической системы, процессы в которой носят непрерывный характер.

В [2] определены основные этапы расчетов, подвергаемых автоматизации при исследовании и анализе вентильных преобразователей с использованием ЭВМ. При этом подход к их выполнению определяется видом используемых моделей вентилей, представляемых в виде пассивного двухполюсника, параметры которого скачком изменяются в момент коммутации ( $R$ -модель), либо в виде идеального ключа.

При использовании  $R$ -модели топологическая структура схемы силового преобразователя неизменна и описывается одной и той же системой дифференциальных уравнений, коэффициенты которой изменяются скачком в момент коммутации. При использовании модели идеального ключа в моменты коммутации происходит изменение топологической структуры схемы, что требует переформирования системы дифференциальных уравнений.

В первом случае основные вычислительные затраты приходятся на формирование и решение системы дифференциальных уравнений высокого порядка с переменными коэффициентами, а во втором случае – на переформирование системы дифференциальных уравнений, имеющей минимально возможный порядок.

Важнейшим этапом в подготовке имитационного эксперимента является выбор численного метода решения и его оптимальных параметров, а также установка начальных условий в соответствии с поставленной задачей.

Для анализа преобразовательных устройств получили распространение как явные, так и неявные методы численного интегрирования.

Явные методы численного интегрирования предназначены для решения систем дифференциальных уравнений первого порядка, приведенных к нормальной форме, и наиболее часто используются при анализе преобразовательных устройств методом переменных состояния. Основным недостатком этих методов является ограничение на величину шага интегрирования, который для

сохранения устойчивости процесса вычисления в общем случае не может превышать минимальной постоянной времени исследуемой схемы.

В неявных методах численного интегрирования величина шага устанавливается не из условия устойчивости вычислительного процесса, а из условий точности решения и намного превышает шаг, максимально достижимый в явных методах. Однако при использовании неявных методов на каждом шаге интегрирования необходимо решать систему алгебраических уравнений.

Оба метода применяются достаточно широко для анализа работы различных объектов и систем, в том числе электротехнического и электромеханического направления. Так, для исследования электромагнитных процессов в двухмостовом компенсированном преобразователе используют неявный метод Гира-Нордсика; при анализе преобразователей методом переменных состояния – метод, основанный на разложении в ряд Уолша; для исследования процессов в автономных инверторах и управляемых выпрямителях – явный метод Рунге-Кутты 2-го, 3-го и 4-го порядка. Перспективным считается метод точечных преобразований, описанный в [2].

В [14] отмечается целесообразность применения метода интегрирования с переменным шагом с целью минимизации времени проведения эксперимента, реализованное в ППП *MatLab-Simulink*. При проведении имитационных экспериментов с силовыми полупроводниковыми элементами рекомендуется ограничивать только максимальное значение шага интегрирования, в этом случае минимальный шаг интегрирования задается автоматически.

В этом случае значение максимального шага интегрирования выбирается из следующих условий:

- шаг не должен превышать 0,1 минимальной постоянной времени исследуемой системы;
- для случая с тиристорным преобразователем величина шага не должна превышать некоторого значения, определяемого из соотношений диапазона регулирования, частоты напряжения промышленной сети, режима работы и схемы силового преобразователя, входящего в состав электропривода.

Рекомендуемое значение максимального шага интегрирования в случае с трехфазным полностью управляемым тиристорным преобразователем для ТЭП ПТ составляет 10 мкс [14].

Одним из важнейших вопросов при подготовке имитационного эксперимента является обоснование допустимой погрешности измерений. Выбор абсолютной погрешности в первую очередь зависит от

ожидаемых максимальных значений сигналов. Рекомендуемое соотношение составляет 0,01...0,001 от максимального значения сигнала тока и напряжения в электрической схеме [13].

Период моделирования задается начальным и конечным значениями времени протекания исследуемого процесса.

При снятии статических характеристик моделей, содержащих, в том числе типовые динамические звенья, интенсивность изменения задающего линейно изменяемого воздействия определяется необходимостью минимизировать влияние динамических процессов, протекающих в электромеханической части двигателя, на статические характеристики ТЭП ПТ.

Кроме того, одной из особенностей имитационного моделирования электропривода постоянного тока, работающего совместно с тиристорным преобразователем, является необходимость учета влияния индуктивных компонентов цепи якоря двигателя на статические и динамические свойства силового управляемого преобразователя, входящего в состав электропривода.

Указанные особенности подробно изложены в [14] при описании методики проведения имитационных экспериментов в ППП *MatLab-Simulink* с автоматизированным определением статических и динамических характеристик тиристорного электропривода постоянного тока на примере двигателей независимого возбуждения средней мощности.

### Выводы

Таким образом, на протяжении всего развития автоматизированного электропривода ведутся интенсивные поиски эффективных методов теоретического исследования статических и динамических свойств полупроводникового (тиристорного) электропривода постоянного тока. Теория переходных процессов и динамики управляемых вентильных систем до сих пор является наименее исследованной областью автоматизированного электропривода. Причем многообразие систем регулируемого электропривода порождает многообразие методов их расчета и проектирования, существенная часть которых в значительной степени между собой взаимосвязана. В последние годы с возникновением компьютерных технологий, опирающихся на мощные прикладные пакеты программ, основное внимание исследователей уделяется методам имитационного моделирования, позволяющим решать указанные задачи с высоким быстродействием и автоматизацией процессов исследования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нейман Л.Р. Обобщенный метод анализа переходных и установившихся процессов в цепях с преобразователями с учетом активных сопротивлений // Изв. АН СССР. Сер. Энергетика и транспорт. 1972. № 2. С. 3-15.
2. Руденко В.С., Жуйков В.Я., Коротеев И.Е. Расчет устройств преобразовательной техники. Киев: Техніка, 1980. 135 с.
3. Булгаков А.А. Новая теория управляемых выпрямителей. М.: Наука, 1970. 320 с.
4. Шипило В.П. Автоматизированный вентильный электропривод. М.: Энергия, 1969. 400 с.
5. Динамика вентильного электропривода постоянного тока / Н.В. Донской, А.Г. Иванов, В.М. Никитин и др.; Под ред. А.Д. Поздеева. М.: Энергия, 1975. 224 с.

6. Управляемый выпрямитель в системах автоматического управления / Н.В. Донской, А.Г. Иванов, В.М. Никитин, А.Д. Поздеев; Под ред. А.Д. Поздеева. М.: Энергоатомиздат, 1984. 352 с.
7. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода: учеб. пособие для вузов. М.: Энергия, 1979. 616 с.
8. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1985. 232 с.
9. W. Shepherd, L.N. Hullely. Power Electronics and Motor Control, Cambridge University Press, Cambridge, 1987.
10. Католиков В.Е., Динкель А.Д., Седунин А.М. Тиристорный электропривод с реверсом возбуждения двигателя рудничного подъема. М.: Недра, 1990. 382 с.
11. Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. М.: Энергоатомиздат, 1985. 560 с.
12. Файнштейн В.Г., Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления тиристорными электроприводами / Под ред. О.В. Слежановского. М.: Энергоатомиздат, 1986. 240 с.
13. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystes и Simulink. М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. 288 с.
14. Каверин В.В., Эм Г.А. Имитационное моделирование полупроводникового электропривода постоянного тока // Тр. ун-та / КарГТУ. 2010. № 3. С. 96-99.

УДК 622.0025:621.314.632

## **Оптимизация выбора оборудования АСУ ТП по комплексу технико-экономических критериев (часть I)**

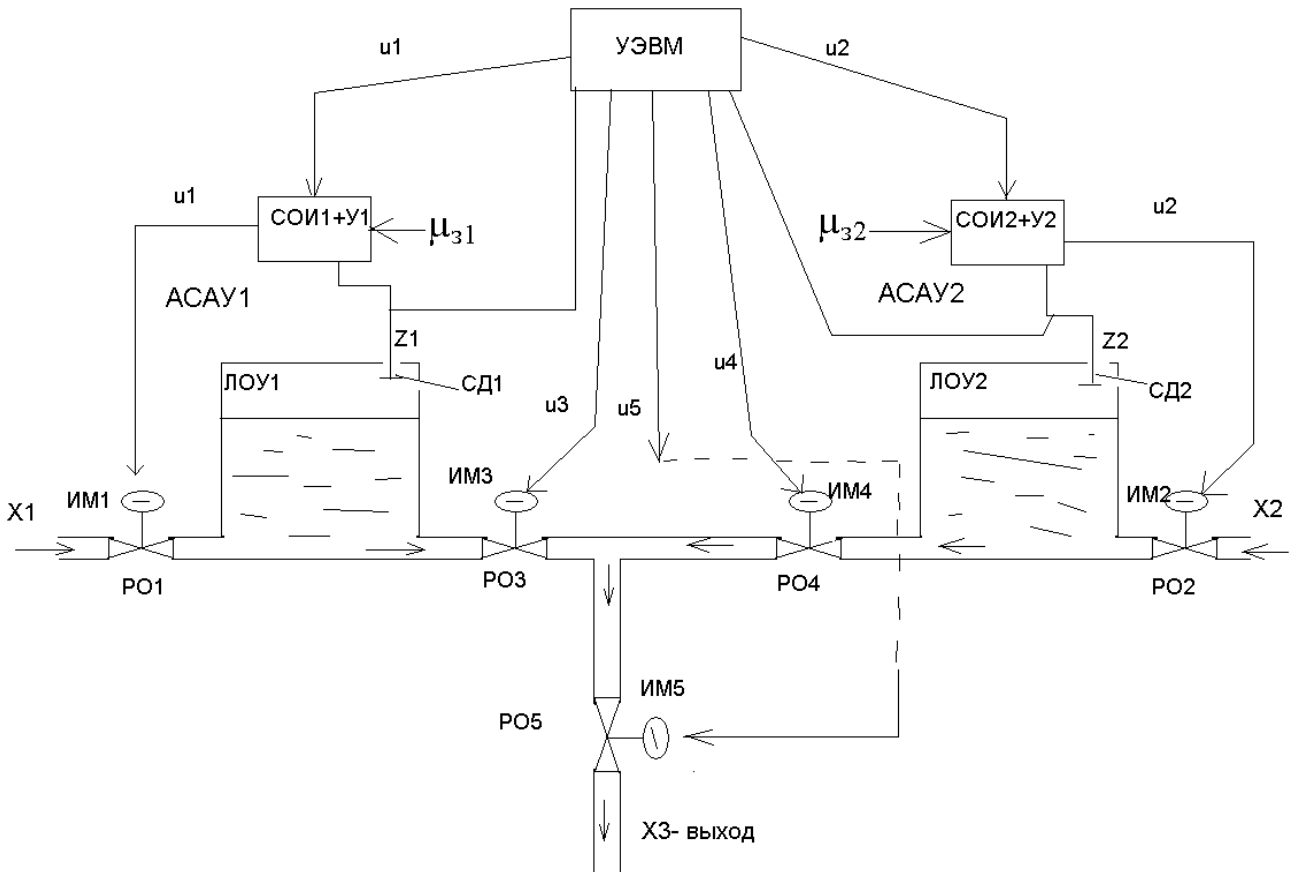
***Б.Н. ФЕШИН**, д.т.н., профессор кафедры АПП,  
**К.М. СУЛЕЙМЕНОВ**, магистрант кафедры АПП,  
**Н.С. СУЛЕЙМЕНОВ**, магистрант кафедры АПП,  
Каргандинский государственный технический университет*

***Ключевые слова:** автоматизация, система, управление, технология, процессы, контроль, регулирование, управление, оборудование, выбор, критерии, ограничения, алгоритмы, оптимальные, параметры, динамика.*

**Н**а рынке технических средств и систем автоматизации нет ограничений на выбор оборудования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Проблема заключается в обосновании приоритетов многокритериальной оптимизации и выполнении ограничений на отдельные устройства и систему в

целом. Определим область анализа для функциональной схемы АСУ ТП, изображенной на рисунке, системами автоматического контроля, регулирования и управления.

АСУ содержит две подсистемы АСУ<sub>1</sub> и АСУ<sub>2</sub> с локальными САУ<sub>1</sub> и САУ<sub>2</sub> (ЛСАУ<sub>1</sub> и ЛСАУ<sub>2</sub>) и верх-



Функциональная схема АСУ ТП

ним уровнем управления от управляющей ЭВМ (УЭВМ).

Система относится к классу иерархических децентрализованных АСУ и имеет технические средства, представленные: средствами измерения физических величин (СД<sub>1</sub> и СД<sub>2</sub>); системами отображения, обработки информации и выработки управляющих воздействий (СОИ<sub>1</sub>+У<sub>1</sub>, СОИ<sub>2</sub>+У<sub>2</sub>); комплексами исполнительных механизмов (ИМ<sub>1</sub>, ..., ИМ<sub>5</sub>), изменяющих (с помощью регулирующих органов РО<sub>1</sub>, ..., РО<sub>5</sub>) потоки вещества в объектах ЛОУ<sub>1</sub>, ЛОУ<sub>2</sub> и в суммарном потоке  $x_3(t)$ .

Особое место занимают средства связи (интерфейс) между основными функциональными компонентами. Их свойства и характеристики определяются особенностями подьектов и основных технических средств САУ.

Очевидно, что основой для правильного выбора технических средств АСУ ТП являются свойства объектов управления и требования к их автоматизации, формулируемые в результате тщательного анализа режимов работы машин, механизмов, устройств и агрегатов, входящих в технологический процесс, а также опыт автоматизации подобных объектов-аналогов. Предположим, что эти этапы успешно выполнены и стоит задача выбора технических средств (оборудования) систем автоматического контроля (САК), регулирования (САР) и управления (САУ), тогда в их составе будут присутствовать следующие основные технические элементы:

- средства сбора информации (в САК, САР, САУ);
- средства обработки, отображения информации и выработки управляющих воздействий (в САК, САР, САУ);
- средства воздействия на технологический процесс (в САР и САУ).

Очевидно, что в САУ и САР присутствуют элементы САК, поэтому выбор оборудования АСУ ТП не является отдельной задачей САК, САР или САУ, но есть смысл начать с САК, с обязательным учетом объединяющих факторов, в первую очередь свойств объекта контроля и управления (ОКУ).

Алгоритм выбора технических средств САК, САР и САУ

Классифицируем возможные варианты САК, типизируя их по следующим признакам:

- 1) по месту установки «измерил-отобразил» (САК<sub>1</sub>);
- 2) «измерил-передал-отобразил» (САК<sub>2</sub>);
- 3) «измерил-преобразовал-передал-преобразовал-отобразил» (САК<sub>3</sub>);
- 4) «измерил-преобразовал-передал-преобразовал-положил в базу данных – по требованию отобразил» (САК<sub>4</sub>);
- 5) «измерил-преобразовал-передал-преобразовал-положил в базу данных – сравнил с эталоном-принял решение-положил в базу данных и/или – по требованию отобразил» (САК<sub>5</sub>);
- 6) «измерил-преобразовал – сравнил с эталоном-принял решение-положил в базу данных и/или – передал- преобразовал – отобразил» (САК<sub>6</sub>);

7) интегрированный объект, включающий любой из вариантов, упомянутых выше, а также математическую модель, позволяющую восстанавливать и прогнозировать ненаблюдаемые сигналы (САК\_7).

В предлагаемой классификации САК\_1 и САК\_2 относятся к исторически первым средствам автоматизации. Последующие типы позволяют «уложить» в них самые изощренные конструкции САК, вплоть до использования спутниковых средств связи для приема и передачи контрольной информации. Составим список критериев и ограничений для выбора оборудования, ранжированных по приоритетам множества свойств и характеристик САК физического сигнала:

- 1) характеристики, свойства и ограничения ОКУ;
- 2) наименование и диапазоны изменения;
- 3) функциональное назначение средства измерения;
- 4) характеристика места установки;
- 5) характеристика среды в местах передачи сигнала;
- 6) требования к процессу хранения и отображения сигнала;
- 7) требования к функциональности оборудования САК;
- 8) ограничения по надежности и ремонтнопригодности оборудования САК;
- 9) ограничения по метрологическим характеристикам оборудования САК;
- 10) ограничения по стоимости оборудования САК.

Объект во многом определяет конструкцию и качество проектируемых САК, САР, САУ. Рассмотрим проблемы, связанные с объектом в интегрированной САК\_7.

В [1, 2] показано, что в иерархических системах управления технологическими процессами на верхнем уровне управления успешно могут быть использованы, в качестве эталона, линеаризованные модели машин и механизмов, агрегатов и установок (как ОКУ), параметры которых должны идентифицироваться и адаптироваться с периодичностью, не влияющей на эффективность формирования управляющих воздействий. При этом рекомендуется среди процессов, характеризующих работу ОКУ, выделять «медленные» и «быстрые», инвариантные в той или иной степени друг другу.

Независимым аргументом в дискретных моделях ОКУ будет являться интервал дискретности  $td$  и время наблюдения дискретных процессов  $Tr = k \cdot td$ , в течение которых в иерархических САК, САР, САУ ОК должны будут решены следующие задачи:

- прием информации от датчиков, установленных на ОКУ, отдельно для «медленных» и «быстрых» процессов;
- идентификация и адаптация параметров математических моделей с необходимой точностью;
- вычисление оценок ненаблюдаемых координат математических моделей;
- проведение вычислительных операций по расчету оптимальных управлений отдельных ОКУ;

– принятие решений по управлению отдельными ОКУ и ТП в целом;

– формирование оптимальных управлений для ОКУ.

Интервал дискретности  $td$  в общем случае индивидуально подбирается для каждого ОКУ и может определяться в виде диапазона  $td = \{td_{\min}, td_{\max}\}$ , где верхнее значение  $td_{\max}$  выбирается при допустимости увеличения ошибки воспроизведения сигнала, а  $td_{\min}$  – с целью повысить точность воспроизведения сигнала.

Алгоритмы получения дискретных моделей из непрерывных, в координатах пространства состояний в виде

$$\left. \begin{aligned} \dot{X} &= A \cdot X + B \cdot U + F \cdot f \\ Z &= C \cdot X \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

могут быть разработаны на основе работ Л. Заде, Ч. Дезоера, Дж. Медич, Х. Квакернаак, Р. Сиван и др. [1]. При этом форма представления дискретных моделей с учетом задач, решаемых на последующих этапах синтеза ОКУ САК, САР, САУ, будет иметь вид

$$\left. \begin{aligned} X((k+1) \cdot td) &= AD \cdot X(k \cdot td) + \\ &+ BD \cdot U(k \cdot td) + FD \cdot f(k \cdot td), \\ Z(k \cdot td) &= CD \cdot X(k \cdot td), \quad k = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $td$  – период (интервал) дискретности оценки элементов векторов  $X, U, f, Z$  на верхнем уровне управления ОКУ;

$(k+1) \cdot td = t_{k+1}, k \cdot td = t_k$  – моменты времени оценки и измерения.

Другой распространенной формой дискретной математической модели является система уравнений вида

$$\left. \begin{aligned} X[k+1] &= AD \cdot X[k] + BD \cdot U[k] + FD \cdot f[k], \\ Z[k] &= CD \cdot X[k], \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $k$  – номер точки на временном отрезке  $t = \{t_0, T_{\max}\}$  анализа динамики процессов, происходящих в ОКУ, при описании объекта или системы моделями типа (2), (3), а  $t_0 \leq t \leq T_{\max}, t = k \cdot td$ .

В (2), (3):  $X(t)$  – соответственно вектор координат пространства состояний;  $Z(t)$  – измеряемых (наблюдаемых) сигналов;  $U(t)$  – управляющих и  $f(t)$  – возмущающих воздействий.

В иерархических ОКУ САК, САР, САУ возможны следующие варианты формирования дискретных моделей и размещения их в памяти УВК.

Для всех режимов работы ОКУ множества стационарных состояний формируется множество матриц  $AD, BD, FD, CD$  моделей (2), (3) по предлагаемому ниже алгоритму, а затем эти матрицы размещаются в памяти УВК.

Матрицы моделей (2), (3) рассчитываются УВК в момент поступления запросов от головной (супервизорной) программы ОКУ САК, САР, САУ.

Супервизорная ОКУ САК (САР, САУ) начинает работать с моделями «проектными» (т.е. по 1-му варианту), а затем параметры модели адаптируются по

данным реальных измерений. Выбор того или иного варианта возможен при наличии информации о затратах машинного времени для вычисления элементов моделей матриц, времени извлечения информации из памяти ЭВМ, объеме памяти, необходимой для хранения элементов матриц, существующего резерва памяти ЭВМ и частоте пересчета параметров дискретных моделей, зависящей от численного значения  $td$ . Факторами, определяющими это значение  $td$ , являются:

- свойства и характеристики ОКУ по реально измеряемым сигналам;
- свойства и характеристики датчиков;
- свойства и характеристики возмущений (для САР и/или САУ, например утечки жидкости в ОКУ, тормозные моменты на валах двигателей исполнительных механизмов, изображенных на рисунке);
- расстояния от ОКУ до УВК;
- тип, свойства и характеристики канала связи между ОКУ и УВК;
- свойства и характеристики помех, накладываемых на реально измеряемые сигналы.

Обозначим вектор измеряемых сигналов ОКУ  $Z(t)$  или  $Z(k \cdot td)$ , а его компоненты, относящиеся к ОКУ, соответственно:  $Z_{ок1}$ ,  $Z_{ок2}$  (для ЛОУ1 и ЛОУ2).

Есть смысл рассматривать ситуацию наличия «полного» вектора измеряемых сигналов  $Z(t)$  ( $Z(k \cdot td)$ ) или его сокращенные, по какой-либо причине, варианты. Допустимая по точности воспроизведения координат дискретность  $td$  измерения элементов векторов  $Z_{ок1}$ ,  $Z_{ок2}$  определяется на основании теоремы Котельникова [3], в соответствии с которой для непрерывных сигналов время обработки сигнала –  $\Delta t_c$  и граничная частота спектра сигнала  $f_c$ , связаны соотношением  $f_c = 1/2 \cdot \Delta t_c$ . Непрерывный сигнал со спектром, ограниченным частотой  $f_c$ , может быть заменен дискретным сигналом, квантованным по времени с интервалом  $td \leq 1/2 \cdot f_c$ . В то же время, если частота повторения импульсов  $f_0$ , модулирующих непрерывный сигнал, удовлетворяет условию  $f_0 \geq f_c$  и спектр сигнала  $f$  существует в интервале частот

$$0 \leq f \leq (f_0 - f_c), \quad (4)$$

то исследование дискретной системы сводится к исследованию ее приведенной непрерывной части, и, следовательно, подобная дискретная система может анализироваться, разрабатываться, проектироваться и настраиваться с помощью методов проектирования непрерывных САУ [1].

Опыт эксплуатации и исследований ОКУ показывает, что в основном возмущение многих объектов  $A$  имеет нормальный закон распределения [4]:

$$\varphi(A) = \frac{1}{\delta_A \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(A_i - A)^2}{2 \cdot \delta_A^2}\right), \quad (5)$$

где  $A$ ,  $A_i$ ,  $\delta_A$  – среднее значение основного возмущения, то же на некотором участке статической характеристик ОКУ и среднее квадратичное отклонение основного возмущения. Предположим,

что возмущением является момент нагрузки на одном из приводов исполнительных механизмов, а корреляционные функции измеряемых сигналов при действии этого возмущения аппроксимируются экспоненциально-косинусными выражениями типа [5]

$$R(\tau) = f \left( \sum [D_i \cdot \exp(-\alpha_i \cdot |\tau|) \cdot b_i \cdot \cos(\lambda_i \cdot \tau)] \right). \quad (6)$$

Соответствующие спектральные плотности, определяемые известной формулой

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau = 2 \int_0^{\infty} R(\tau) \cdot \cos(\omega\tau) d\tau,$$

представляют дробно-рациональные выражения типа

$$S(\omega) = f \left( \left[ \frac{D_i}{2\pi} \left( \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega + \lambda)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega - \lambda)^2} \right); \frac{D_i}{2\pi} \cdot b_i \cdot \frac{\alpha}{\omega^2 + \lambda^2} \right] \right), \quad (7)$$

где  $\tau$  – интервал времени оценки  $R$ , а  $D_i$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$ ,  $\lambda$ ,  $b_i$  – параметры корреляционных и спектральных функций.

Из закономерностей (5), (6), (7) можно предположить, что в первом приближении законы изменения процессов, происходящих в ОКУ, тоже являются процессами с нормальными законами распределения, вторичными по отношению к основному возмущению подбъектов. Тогда для решения задач настоящей работы применимы методы корреляционной и спектральной теории.

На этапах анализа и проектирования ОКУ САК, САР, САУ численные значения постоянных времени подбъектов, а также длительности переходных процессов  $t_n$  по различным каналам, позволяют в первом приближении провести разделение процессов, происходящих в ОКУ, на «медленные» и «быстрые». Параметры амплитудно-частотных, корреляционных и спектральных функций, такие как  $f_n$ ,  $f_c$  – частота полосы пропускания и частота среза, а также положения теоремы Котельникова допускают возможность предварительной оценки, для, в общем случае случайного, непрерывного измеряемого сигнала  $Z(t)$ , интервала дискретности  $td$ , допустимой точности воспроизведения сигналов  $\sigma_s$ , минимальной длины реализации  $T_r$  и соответственно  $n$  дискретных выборочных значений из нее [1].

В ОКУ САК, САР, САУ оценки  $td$ ,  $T_r$ , и  $n$  могут корректироваться по предлагаемому ниже алгоритму, основанному на вычислении корреляционных и спектральных функций по данным пассивных измерений.

Теоретические предпосылки алгоритма поиска оптимального значения  $td = td_{opt}$  по критерию минимальной суммарной ошибки  $\sigma_s$  приводятся в работах В.А. Котельникова, И.Т. Турбовича, П.М. Чеголина [6]. В настоящей работе итерационная модификация этого алгоритма разработана с помощью понятия «интервал корреляции» [5].

*Алгоритм определения  $td_{opt}$  в ОКУ САК, САР, САУ*



1. Предварительное значение  $td$  для сигнала  $Z_i(t)$  определяется в соответствии с теоремой Котельникова по априорным данным ОКУ [3, 5, 6].

2. Для выбранного канала связи между ОКУ и УВК определяется по априорным данным отношение помехи к напряжению сигнала  $U_n/U_c$  в полосе частот  $\Delta f$ , а также интенсивность нормальных флюктуационных помех  $\delta n$  [7].

3. Выбирается предварительное значение  $T_r$

$$T_r > \{ \max(3 \div 5) T_c, T_c = 1/f_c \}.$$

4. С учетом стационарности измеряемых сигналов ОКУ [8], на основании эргодической теоремы, вычисляются ординаты корреляционной функции измеряемого сигнала  $R_{z_i \tau}$  на интервале наблюдения

$$T = \{0, T_r\}.$$

Для вычисления ординат корреляционной функции  $R_{z_i \tau}$  применим алгоритм, использующий «скользящий метод вычисления оценки корреляционной функции» [9]. При этом обеспечивается уменьшение требуемой оперативной памяти ЭВМ приблизительно в  $10^3$  раз.

5. Вычисляется оценка интервала корреляции  $\tau_{кор}$  [9] по формуле

$$\tau_{ei \delta} = \int_0^{\infty} |R_{z_i}(\tau)| d\tau \approx \int_0^{T_r} |R_{z_i}(\tau)| d\tau \approx \sum_{j=1}^{N_m} |R_{z_i}(\tau_j)|, \quad (8)$$

где  $j, N_m$  – номер ординаты  $R_{z_i}$  и размерность массива ординат корреляционной функции  $R_{z_i}$ .

6. Осуществляют проверку

$$|R_{z_i} \tau_{N_m}| \leq \xi, \quad (9)$$

где  $\xi$  – некоторая малая положительная величина, определяющая степень допустимой погрешности замены точного значения корреляционной функции  $R_{z_i \tau}$  ее приближенными значениями  $R_{z_i \tau_j}$  в (8). Обычно принимают  $\xi = 0,05$  [9].

Если условие (9) не выполняется, то, увеличив значение  $T_r$  по крайней мере в 2 раза, возвращаются к пункту 4.

7. Вычисленное значение  $\tau_{кор}$  позволяет определить диапазон частот для анализа спектральной функции сигнала  $\omega = \{0, \omega_{max}\}$ , где

$$\omega_{max} \approx \frac{\pi}{2 \tau_{ei \delta}}. \quad (10)$$

8. В [9] показано, что представление непрерывной функции  $Z_i(t)$  в виде дискретной последовательности ординат, описываемых рядом Котельникова  $Z_i(k \cdot td)$ , характеризуется относительной среднеквадратичной ошибкой воспроизведения  $Z_i(t)$ , удовлетворяющей неравенству

$$\delta_{\omega}^2 = \frac{Z_i(t) - Z_i(k \cdot td)}{Z_i(t)}^2 \leq (3+Q) \frac{Ec}{E}, \quad (11)$$

где

$$Q = 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{\int_{(2m+1)\omega_c}^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega}{\int_{\omega_c}^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega} \right], \quad (12)$$

$S(\omega)$  – спектральная функция сигнала  $Z_i(t)$ ;

$E$  – общая энергия спектра;

$Ec$  – энергия, приходящаяся на часть спектра за пределами  $\omega_c$ ;

$Q$  – функция убывания модуля спектральной функции  $S(\omega)$ .

Там же [9] показано, что при быстром убывании значения спектральных функций  $S(\omega)$  и при небольших  $m$  справедливо условие  $Q \ll 3$  и тогда

$$\delta_{\omega}^2 \leq 3 \frac{Ec}{E}. \quad (13)$$

Отношение  $Ec/E$  можно вычислить по формуле

$$\frac{Ec}{E} = \frac{\int_{\omega_c}^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega}{\int_0^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega} = \frac{\int_{\omega_c}^{\omega_{max}} |S(\omega)|^2 d\omega}{\int_0^{\omega_{max}} |S(\omega)|^2 d\omega}, \quad (14)$$

тогда

$$\delta_{\omega}^2 \approx 3 \frac{\int_{\omega_c}^{\omega_{max}} |S(\omega)|^2 d\omega}{\int_0^{\omega_{max}} |S(\omega)|^2 d\omega}. \quad (15)$$

С учетом того, что в памяти УВК по рассматриваемому алгоритму должны храниться ординаты корреляционной функции  $R_{z_i}(\tau)$ , последнее соотношение преобразуем следующим образом:

$$\begin{aligned} \delta_{\omega}^2 &= 3 \int_{\omega_c}^{\omega_{max}} \left[ 2 \int_0^{\infty} R_{z_i}(\tau) \cos(\omega \cdot \tau) d\tau \right]^2 d\omega / \\ &/ \int_0^{\omega_{max}} \left[ 2 \int_0^{\infty} R_{z_i}(\tau) \cos(\omega \cdot \tau) d\tau \right]^2 d\omega \approx 3 \sum_{\omega_k = \omega_c + k \Delta \omega, k=0}^{\omega_{max} + N \Delta \omega} \Delta \omega \times \\ &\times \left[ 2 \sum_{\tau_j = td_j, j=0}^{T_r, N_f} R_{z_i}(\tau_j) (\cos(\omega_k \cdot \tau_j)) td \right]^2 / \\ &/ \sum_{\omega_k = k \cdot \Delta \omega, k=0}^{\omega_{max} + N \Delta \omega} \Delta \omega \left[ 2 \sum_{\tau_j = td_j, j=0}^{T_r, N_f} R_{z_i}(\tau_j) (\cos(\omega_k \cdot \tau_j)) td \right]^2. \end{aligned} \quad (16)$$

В (16):  $N \Delta \omega, N m$  – количество дискретных значений на интервалах соответственно  $\omega = \{0, \omega_{max}\}$  и  $T = \{0, T_r\}$ .

В первом приближении принимаются значения  $N \Delta \omega = 100, N m = T_r / td$ , тогда  $\omega = \omega_{max} / N \Delta \omega$ . Вычисление  $\delta p^2$  по формуле (11) в этой процедуре алгоритма не проводится.

9. В [9] показано, что нормальные помехи  $\delta_n$  зависят от интервала дискретности  $td$  по формуле

$$\delta_n = \frac{2 \delta^2}{U_m^2 td} = \left( \frac{U_i}{U \bar{n}} \right) = k_{i \bar{n}}, \quad (17)$$

где  $\frac{1}{2} U_m^2 td$  – максимальная удельная энергия сигнала  $Z_i(t)$ .

Возможен вариант, что заданным значением будет не  $k_{nc} = U_n / U_c$ , а максимальная амплитуда сигнала  $|Z_i t| = U_m$ .

В любом случае формулы (16) и (17) позволяют получить зависимость суммарной среднеквадратичной ошибки  $\delta_\Sigma$  от интервала дискретности

$$\delta_\Sigma = \sqrt{\delta_n^2 + \delta_{\Delta\omega}^2}. \quad (18)$$

Оптимальное значение  $t_{opt}$  определяется условием

$$\frac{\partial \delta_\Sigma}{\partial td} = 0. \quad (19)$$

Аналитический вид условия (19) может быть получен путем аппроксимации  $S(\omega)$  выражением типа (7), но необходимости решения этой задачи в ОКУ САК, САР, САУ при наличии массива ординат  $R_{z_i}(\tau_j)$  нет, так как для дальнейших расчетов требуются только численные значения  $t_{opt}$  в функции от заданных значений  $\delta U_m$  (или  $k_{nc}$ ),  $\omega_c$ ,  $\omega_{max}$ . Поэтому для выполнения условия (19) предлагается воспользоваться численными процедурами определения оптимума функции (19) при конкретных значениях  $\omega_{max}$ .

$\omega_c$ ,  $\Delta\omega$  и  $T_r$ .

10. Поиск оптимума функции (19) возможен методами параметрической оптимизации: градиентным, симплексным, а в случае необходимости определения зависимостей

$$\delta_p = f(td, \omega_c, \omega_{max}, T_r), \quad (20)$$

или

$$td = f(\delta_p, \omega_c, \omega_{max}, T_r), \quad (21)$$

эффективен комплексный алгоритм планирования факторных экспериментов и крутого восхождения в направлении антиградиента функции (21).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат.лит., 1987. 712 с.
2. Евланов Л. Г. Контроль динамических систем. М.: Наука, 1972. 424 с.
3. Фельдбаум А. А. и др. Теоретические основы связи и управление. М.: Физматгиз, 1963. 932 с.
4. Позин Е. З. Сопротивляемость угля разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972. 239 с.
5. Докукин А. В., Красников Ю. Д., Хургин З. Л. Статистическая динамика горных машин. М.: Машиностроение, 1978. 238 с.
6. Турбович И. Т. Некоторые обобщения теоремы Котельникова // Радиотехника. 1956. 11. № 4.
7. Ильин В. А. Телеуправление и телеизмерение. М.: Энергия, 1974. 408 с.
8. Солодовников В. В. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления. М.: Физматгиз. 656 с.
9. Романенко А. Ф., Сергеев Г. А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. М.: Советское радио, 1968. 256 с.

УДК 622.232.8.72

## **Выбор моделирующего алгоритма процессов фронтально-фланговой выемки угля горными автоматическими манипуляторами**

**Т.Е. ЕРМЕКОВ**, д.т.н., профессор,

**И.И. ТАЗАБЕКОВ**, д.т.н., профессор,

**М.И. АРПАБЕКОВ**, к.т.н., доцент,

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

**Ключевые слова:** роботизированный комплекс, фронтально-фланговая выемка, горный автоматический манипулятор, селективная выемка.

В настоящее время под руководством проф. Ермекова Т.Е. ведется работа по созданию программного управления роботизированного комплекса для селективной выемки угля и породы (КРС) в сложных горно-геологических условиях без постоянного присутствия людей в очистном забое с оставлением породы в шахте [1-9].

В состав комплекса КРС входят крепи ОКП70 основной части лавы и секции крепи М130 закладываемой части лавы; две горные выемочные автоматические манипуляторы ВМФ-5; крепи сопряжения Т6К и М81СК; забойный конвейер; закладочное устройство и штрековый конвейер СП87П.

Область применения комплекса КРС – одинарные с породными прослойками или сближенные угольные пласты мощностью 1,9-4,0 м с углом падения до 55°, сопротивляемостью пласта резанию до 400кН/м, крепостью породных прослоев до 6 (по классификации проф. Протодяконова М.М.).

Мощность породных прослоев 0,4-1,5 м. При отработке пластов допускается наличие твердых включений и геологических нарушений, с амплитудой до 1-2 м. Управление кровлей – полное обрушение основной части лавы и закладка зоны конвейерного штрека. Система разработки – длинные столбы по простиранию. Лава оборудуется механизированной крепью (М130, 1МКМ), выемочным манипулятором ВМФ-5, конвейером КМВ-1-ОВБМ, технические характеристики которых соответствуют горно-геологическим условиям участка. Выемочный манипулятор используется одновременно для выемки угля и породы, выполнения концевых операций (рисунок 1).

Направление выемки осуществляется по простиранию пласта. Очистной забой проветривается по прямой схеме проветривания.

Управление кровлей идет полным обрушением кровли вслед за секцией крепи.

В этих условиях, для закладки вынудной породы в выработанное пространство, возникает необходимость создания пустоты, способной вмещать всю породу.

При отработке наклонных и крутонаклонных пластов применяется специальная транспортирующая база [3-5].

Отбойка угольного массива выемочными машинами осуществляется циклично или непрерывно, с сохранением устойчивой формы забоя [1].

Значительное повышение нагрузки (в 3-5 раз) на лаву при безлюдной выемке угля и обеспечение поточности угледобычи можно реализовать путем обработки очистного забоя по всей длине лавы автоматическими выемочными манипуляторами фронтально-флангового действия в сочетании с механизированными крепями поддерживающего типа [6-9]. При этом наибольший эффект от использования этой технологии выемки будет достигнут в случае, когда на манипуляторы не будут взаимно накладываться кинематические и конструктивные связи [3,4].

Процесс выемки рассматривается как случайный. Для его реализации необходимо применение соответствующих алгоритмов.

Плотность весьма важного для прикладных задач  $\gamma$ -распределения можно выразить как:

$$f = (x; \eta; \lambda; \mu) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\lambda^n}{r(\eta)} (x - \mu)^{\eta-1} e^{-\lambda(x-\mu)}, \\ \text{---} \\ x \geq \mu, \lambda > 0, \eta > 0 \end{array} \right\},$$

где  $\eta; \lambda$  – параметры  $\gamma$ -распределения (соответственно параметр масштаба и параметр формы);  $\mu$  – начало интервала, на котором определена случайная величина  $x$ ;  $r(\eta)$  – неполная гамма-функция.

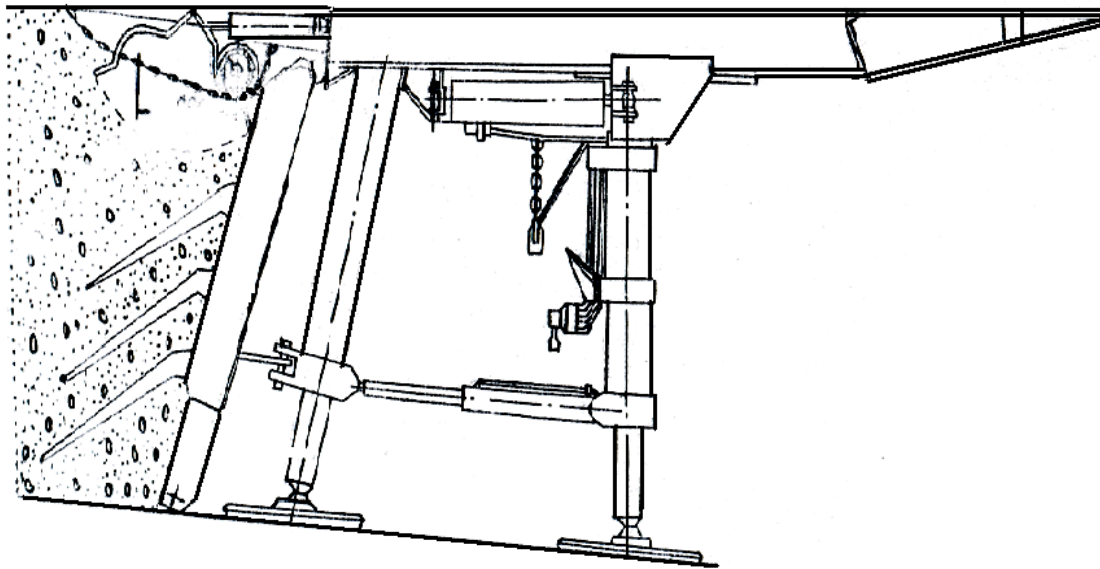


Рисунок 1 – Секция крени с закладочным шнеком и уплотнительным устройством

Для  $r$ -распределения математическое ожидание  $\mu$  и дисперсия  $\sigma^2$  равны соответственно:

$$\mu = \frac{r}{\lambda};$$

$$\sigma^2 = \frac{\eta}{\lambda^2}.$$

Оценка параметров  $\gamma$ -распределения:

$$\lambda = \frac{\bar{x}(n-1)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\bar{x}}{S^2}, \quad (1)$$

$$\bar{\eta} = \frac{x^2(n-1)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}, \quad (2)$$

где

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (3)$$

$$S^2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i^2}{n(n-1)}. \quad (4)$$

Нетрудно заметить (1-4), что

$$\lambda = \lambda \cdot \bar{x}. \quad (5)$$

Перейдем непосредственно к моделированию  $\gamma$ -распределения. Для этого обозначим случайную величину, подчиненную гамма-распределению, как  $\xi\eta$ . Обозначим  $\eta$  [1]:

$$\eta = v + \eta, \quad (6)$$

где  $[\eta]$  – целая часть  $\eta$ ,  $[\eta] = 0, 1, 2, \dots$ ;  
 $v$  – дробная часть  $\eta$ ,  $1 > v > 0$ .

Пусть  $\lambda = 1$ , так как всегда можно перейти от  $\xi\eta$ ,  $\lambda^i \neq 1$  к  $\xi\eta$ .

$$\xi\eta, \lambda^i \neq 1 = \frac{1}{\lambda}, \xi, \lambda^i = 1. \quad (7)$$

По правилу композиции:

$$\xi[\eta + v] = \xi[\eta] + \xi v, \quad (8)$$

имея в виду, что

$$\xi[\eta] = -\ln(n_{k=1}^{[\eta]} \alpha_k), \quad (9)$$

$$\xi[\eta] + v = -\ln(n_{k=1}^{[\eta]} \alpha_k) + \xi v, \quad (10)$$

где  $\alpha_k$  – случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $/0,1/$ .

1) Если  $v = \frac{1}{2}$  (частный случай), то:

$$\xi_{\frac{1}{2}} = -\ln \alpha_{[\eta]+1} \cos(2\pi) \cdot \alpha_{[\eta]+2}; \quad (11)$$

2) Если  $v < 1$  (общий случай), то применяем метод предложенный математиком Йонком:

$$\xi_v = (\gamma_g - 1) \cdot \ln \alpha,$$

где  $\gamma_g$  – случайная величина, подчиняющаяся закону бета-распределения с параметрами  $1-v$ ;  $v$  свою очередь случайная величина  $\gamma_g$  моделируется по алгоритму:

- выбираются значения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , равномерно распределенного в  $/0,1/$  случайного числа;

- если  $\alpha_1^{\frac{1}{v}} + \alpha_2^{\frac{1}{1-v}} \geq 1$ , то повторяется пункт 1 и т.д., иначе:

$$\gamma_g = \frac{\alpha_1^{\frac{1}{v}}}{\alpha_1^{\frac{1}{v}} + \alpha_2^{\frac{1}{1-v}}}.$$

Программа позволяет работать в двух режимах ввода исходных данных:

а) при наиболее распространенных значениях весов каждого узла комбайна и их центров тяжести, заданных в программе;

б) а также вводить другие значения исходных данных при расчете на устойчивость любых других типов машин.

В исходных данных задаются также пределы изменения углов падения пласта в продольном и поперечном направлениях, углов поворота исполнительного органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При этом программа предусматривает изменение перечисленных параметров в очень широком диапазоне без ограничения на пределы их изменения и позволяет пройти заданные пределы с любыми, наперёд заданными шагами.

Так как машина может сама строить гистограммы выборок, то приводим такие гистограммы для коэффициента машинного времени и критерия (рисунок 2)

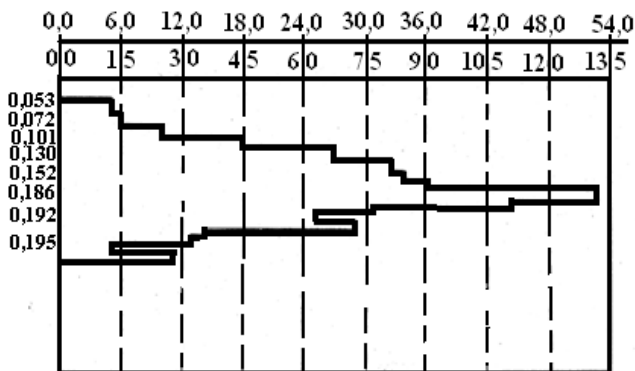


Рисунок 2 – Гистограмма выборки (вертикальная ось – границы интервалов, горизонтальная ось – частоты попаданий случайной величины и каждый интервал)

Определение длительности цикла  $T_{цикл}$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{O}_{\partial\partial\partial\partial} = \sum_{i=1}^k t_i^p + t_i^n \\ L_{\partial} = \sum_{i=1}^k li \end{array} \right\}, \quad (12)$$

где  $t_i^{p(n)}$  – время работы (простоя) в  $i$ -й шаг

моделирования;

$l_i$  – длина обрабатываемой зоны за время  $t_i^p$ ;

$L_n$  – длина лавы.

Длительность цикла определяется из совместного решения системы (12).

Определяем коэффициент машинного времени:

$$k_{i.a} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i^p}{\dot{O}_{\partial\partial\partial\partial}}. \quad (13)$$

Показательное распределение и распределение Эрланга являются частными случаями гамма-распределения соответственно при  $\eta = 1$  и  $\eta = 1, 2, 3 \dots$ , поэтому для их моделирования можно адаптировать алгоритм, предложенный для  $\gamma$ -распределения. При этом надо заметить, что в целях экономии машинного времени выработки чисел, подчиненных показательному закону распределения или закону распределения Эрланга, лучше для них организовать отдельные подпрограммы. В целях дальнейшего повышения экономичности применяемых алгоритмов можно предложить способ моделирования показательного распределения (распределения Эрланга) Михайлова Г.А. [1].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермеков Т.Е., Бекенов Т.Н., Арпабеков М.И. Горные и строительные робототехнологические комплексы: Учебник для вузов. Астана: Фолиант, 2008. 332 с.
2. Арпабеков М.И. Обзор основных видов манипуляторов при автоматизации и роботизации очистных работ // Современные проблемы машиностроения: Тр. IV межд. науч.-техн. конф. / Федеральное агентство по образованию и Томский политехнический университет. 26-28 ноября, Томск, 2008. С. 65-67.
3. Бобеев А.Б., Арпабеков М.И., Кульджабеков Б. Оптимизация параметров грузочных устройств центрирующим лотком // Науч. жур. МОиН РК Изденіс (Поиск). 2006. №3. С. 316-318.
4. Арпабеков М.И. Исследование скорости подачи выемочных манипуляторов с адаптивным программным управлением при различных способах обработки забоя // Современная архитектура, строительство и транспорт: состояние и перспективы и развития: Мат. межд. науч.-прак. конф., посвященной 45-летию ЦИСИ / Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2009. С. 355-358.
5. Ермеков Т.Е., Бекенов Т.Н., Арпабеков М.И. Разработка горных робототехнологических комплексов для сложных и чрезвычайных геотехнических ситуаций // Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана: Тр. межд. науч.-прак. конф. / Караганда: КарГТУ. 2005. С. 37-39.
6. Ермеков Т.Е., Арпабеков М.И. Выбор принципиальной схемы адаптивно-программного управления горных и строительных машин при системе стабилизации нагрузок // Современная архитектура, строительство и транспорт: состояние и перспективы и развития: Мат. межд. науч.-практ. конф., посвященной 45-летию ЦИСИ / Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2009. С. 375-378.
7. Арпабеков М.И. Система диагностики неисправностей функциональных элементов очистного роботизированного комплекса для селективной выемки угольных пластов // Науч. жур. «Хабаршы-Вестник» №4 (71) / ЕНУ им. Гумилева. Астана, 2009. С. 207-212.
8. Ермеков Т.Е., Арпабеков М.И. Определение зоны резания для различных режимов работы манипулятора // Журнал «Вестник КазАТК им. М. Тынышбаева». Сб. науч. трудов. №4 (59). Алматы, 2009. С. 118-123.
9. Арпабеков М.И. Оценка спектрально корреляционных характеристик работы манипулятора на базе коронки ПК-3М, ПК-9Р // Вестник Павлодарского госуниверситета им. С. Торайгырова (серия энергетическая) №1. Павлодар: Изд-во «Кереку» 2009. С. 19-23.

10. Арпабеков М.И. Математическая модель горного выемочного манипулятора и его рабочего органа // Актуальные проблемы математики, информатики, механики и теории управления: Мат. межд. науч.-прак. конф., посвященной 60-летию д.т.н., проф., акад. Нац. ИА РК Биярова Т.Н. Ч.1 / КБТУ, ДГП «Институт механики и машиноведения КН МОН РК», ДГП «Институт математики и механики» КазНУ им. Аль-Фараби, Институт прикладного и системного анализа НАН и МОН Украины. Тип. ТОО «Эверо», Алматы, 2009. С. 107-112.

РЕЗЮМЕ

УДК 330.341. ПАК Ю.Н., НАРБЕКОВА Б.М., ПАК Д.Ю. **Компетентностный подход в ГОСО нового поколения и качество образования.**

В концептуальном плане обозначена необходимость формирования нового поколения государственных стандартов на основе компетентностного подхода. Показаны особенности компетентностной модели специалиста и ее принципиальные отличия от знаниевоориентированной модели. В условиях глобализации и высокой динамики перемен важны не знания сами по себе, а способность специалиста успешно применять их в профессиональной деятельности. Показано, что о проектирование ГОСО, в которых конечные результаты образования выражены в виде компетенций – это инновационный элемент, позволяющий формировать новое качество. Рассмотрены противоречия, наметившиеся в процессе модернизации высшего образования в русле Болонских реформ и госпрограммы развития образования в РК на 2011-2020 годы. Обозначены проблемные вопросы в связи с разработкой ГОСО в формате компетенций. Актуализируется проблема корпоративного участия бизнес-сообщества в формировании профессиональных стандартов с четко определенными ключевыми профессионально-личностными компетенциями.

УДК 541.123.31:547.554.2. ТАУТОВА Е.Н., ХАМИТОВА А.С., ТУРСУНБАЕВА А.К. **Инновационная методика изучения окислительно-восстановительных реакций.**

Главой «Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)» по типовым программам неорганической химии для специальностей «Химия», «Биология» заканчивается изучение теоретических основ этого предмета. Для успешного усвоения ОВР предложен метод предварительной подготовки с применением тестовых заданий без машинного контроля и контролирующей компьютерной программы. Для закрепления нового материала и проверки его усвоения используем на последующих занятиях тестовый контроль. К концу прохождения вышеназванного модуля программы у студента наблюдалось улучшение химического мышления, необходимого для правильного предсказания продуктов ОВР. Таким образом, применение аналогичных упражнений и тестовых заданий на каждом занятии, независимо от темы занятий, как повторение и закрепление дало возможность постепенно подойти к последней теме теоретических основ неорганической химии «Окислительно-восстановительные реакции» с достаточным багажом знаний, необходимых для успешного усвоения этих самых сложных химических процессов.

УДК 622.277(574). ВОРОБЬЕВА Е., ПОРТНОВ В.С., ТУРСУНБАЕВА А.К., КОРНИЕНКО А.С. **Сравнительный анализ основных российских образовательных программ менеджмента в нефтегазовой отрасли.**

Подготовка высококвалифицированных специалистов в области управления нефтегазовым производством в России осуществляется в высших учебных заведениях как по специальностям, так и по отдельным программам бизнес-образования.

ӘОЖ 330.341. ПАК Ю.Н., НАРБЕКОВА Б.М., ПАК Д.Ю. **Жаңа ұрпақты МЖМБС-қа құзыреттілік амал және білім беру сапасы.**

Тұжырымдамалық тұрғыда мемлекеттік стандарттардың жаңа ұрпағын құзыретті амал негізінде қалыптастыру қажеттілігі белгіленген. Маманның құзыреттілік моделінің ерекшеліктері және оның білімге бағдарланған моделінен принциптік айырмашылықтары көрсетілген. Жаһандандыру және өзгерістердің жоғары динамикасы жағдайларында білімнің өзі емес, маманның оны кәсіптік қызметте сәтті қолдану қабілеті маңызды. Білім берудің соңғы нәтижелері құзыреттер түрінде айқындалған МЖМБС жобалаудың – бұл жаңа сапаны қалыптастыруға мүмкіндік беретін инновациялық элемент екендігі көрсетілген. Болон реформалары және 2011-2020 жылдарға арналған ҚР білім беруді дамытудың мемлекеттік бағдарламасының аясында жоғары білім беруді жаңарту процесінде белгіленген қарма-қайшылықтар қарастырылған. МЖМБС құзыреттер түрінде әзірленуіне байланысты проблемалық мәселелер белгіленген. Маңызды кәсіптік-жеке тұлғалық құзыреттері нақты анықталған кәсіптік стандарттарды қалыптастыруға бизнес-қауымдастыққа корпоративті қатысу проблемасы маңыздыландырылады.

ӘОЖ 541.123.31:547.554.2. ТАУТОВА Е.Н., ХАМИТОВА А.С., ТУРСУНБАЕВА Ә.К. **Тотығу-тотықсыздану реакцияларын зерделеудің инновациялық әдістемесі.**

«Химия», «Биология» мамандықтарына арналған органикалық емес химияның типтік бағдарламалары бойынша «Тотығу-тотықсыздандыру реакциялары (ТТР)» бөлімімен осы пәннің теориялық негіздерін зерделеу аяқталады. ТТР сәтті меңгеру үшін машиналық бақылаусыз және бақыланатын компьютер программасынсыз тест тапсырмаларын қолдану арқылы алдын ала даярлау әдісі ұсынылған. Жаңа материалды бекіту және оның меңгерілуін тексеру үшін кейінгі сабақтарда тестілік бақылауды пайдаланамыз. Бағдарламаның жоғарыда аталған модулін өтудің аяғына қарай студенттерде ТТР өнімдерін алдын ала дұрыс болжау үшін қажетті химиялық ойлауды жақсарту байқалды. Сонымен, әрбір сабақта ұқсас жаттығулар мен тест тапсырмаларын қолдану, сабақтардың тақырыбына байланысыз, қайталау және бекіту сияқты, осы ең күрделі химиялық процестерді сәтті меңгеру үшін қажетті органикалық емес химияның теориялық негіздерінің соңғы тақырыбына біртіндеп келу мүмкіндігін берді.

ӘОЖ 622.277(574). ВОРОБЬЕВА Е., ПОРТНОВ В.С., ТУРСУНБАЕВА Ә.К., КОРНИЕНКО А.С. **Ресейдің мұнай-газ саласындағы негізгі білім беру бағдарламаларын салыстырмалы талдау.**

Ресейде мұнай-газ өндірісін басқару саласында жоғары білікті мамандарды даярлау жоғары оқу орындарында мамандықтар бойынша да, бизнес-білім берудің жеке бағдарламалары бойынша да жүзеге асырылады. Ресей халықтар достығы университетіндегі Мұнай-

UDC 330.341. PAK YU.N., NARBKOVA B.M. PAK D.YU., **Competence approach to educational state standards of new generation and education quality.**

In the conceptual plan there has been emphasized the necessity to form a new generation of state standards based on the competence approach. There have been shown the peculiarities of the specialist competence model and its principal differences from knowledge-oriented model. In the conditions of globalization and high dynamics of changes not the knowledge is important by itself but specialist's ability to use it in the professional activity. It has been shown that state standards design in which the final results of education are expressed in the form of competences present an innovation element permitting to form a new quality. There have been considered the contradictions formed in the process of modernizing higher education in the frames of the Bologna reforms and the state program of developing education in the RK for the period 2011-2020. There have been marked the problem issues in connection with state standards developing in the format of competences. There has been brought up to date the problem of corporate participation of business-community in the forming of professional standards with the clearly defined key professional-personal competences.

UDC 541.123.31:547.554.2. TAUTOVA E.N., KHAMITOVA A.S., TURSUNBAYEVA A.K. **Innovation Methodology of Studying Oxidation-Reduction Reactions.**

The chapter "Oxidation-reduction reactions" in the typical programs of inorganic chemistry for specialties "Chemistry", "Biology" completes the studying of this subject bases. For successful learning ORR there has been suggested a method of the preliminary training using tests without automated control and controlling computer program. To consolidate the new material and checking its learning we use a test control at the next lessons. By the end of the module the students improved their chemical thinking, necessary for the correct predicting ORR products. Thus, using similar exercises and tests at every lesson independent on the theme, gave a possibility to come to the last theme of theoretical bases of inorganic chemistry "Oxidation-reduction reactions" with rather good knowledge necessary to learn successfully the most complicated chemical processes.

UDC 622.277(574). VOROBYOVA E., PORTNOV V.S., TURSUNBAYEVA A.K., KORNIENKO A.S. **Comparative Analysis of Russian Main Educational Programs of Management in Oil-and-Gas Industry.**

Highly qualified specialists training in the field of managing oil-and-gas production in Russia is performed at higher schools both in specialties and in individual programs of business education. It's necessary to separate a new matters' program "Oil-and-gas management"

Необходимо выделить новую магистерскую программу «Менеджмент нефтегазового дела», разработанную в Российском университете дружбы народов на кафедре Нефтепромышленной геологии, горного и нефтегазового дела. Целью программы является передача студентам современных знаний, умений, навыков и компетенций в области комплексного управления нефтегазовыми предприятиями. Тем самым магистерская программа «Менеджмент нефтегазового дела» демонстрирует современный подход к образовательной системе, позволяющей приблизить обучение к реальной профессиональной деятельности, придать учебным программам практическую направленность.

УДК 621.744.3. ИСАГУЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., ИСАГУЛОВА Д.А., ТОЙЫМБЕКОВА Б.К. **Управление плотностью литейных форм при импульсном уплотнении.**

Рассматривается получение литейных форм с равномерной плотностью по поверхности и формы. Использование неравномерной подачи газового потока на смесь с помощью плоской пластины, установленной на раскесе, позволяет управлять плотностью формовочной смеси. Проблемы развития, размещения специализации и концентрации производства приобрели в современных условиях активное значение. От их решения во многом зависят темпы дальнейшего повышения эффективности общественного производства. Эффективность развития промышленности непосредственно связана с оптимальным развитием и рациональным использованием имеющихся средств в литейном производстве. Экономия металла в литейном производстве проявляется в снижении металлоемкости и продукции, в увеличении долговечности, надежности и улучшении качества литых деталей. В повышении коэффициента использования металла, который определяется отношением массы готовой продукции к массе металла, расходуемого на ее изготовление.

УДК 621.771. НАЙЗАБЕКОВ А.Б., АНДРЕЯШЧЕНКО В.А. **Упрочнение литейных алюминиевых сплавов равноканальным угловым прессованием.**

В настоящее время внимание уделяется получению высококачественных материалов с комплексом повышенных физических характеристик. Одним из способов упрочнения заготовок без существенного изменения их геометрических параметров является интенсивная пластическая деформация методом равноканального углового прессования (РКУП). Повышение механических свойств литейных алюминиевых сплавов представляет значительный интерес. В связи с чем решено исследовать возможность упрочнения алюминиевого сплава системы Al-Si-Fe-Mn. В результате проведенных исследований выявлено, что методом равноканального углового прессования повышение временного сопротивления таких типов алюминиевых сплавов возможно. Предложенная технология упрочнения сплава системы Al-Si-Fe-Mn позволяет не только существенно увеличить временное сопротивление до 425-428 МПа (на 16 % по сравнению с состоянием поставки алюминиевого сплава), но также обеспечить высокие для данного типа сплавов характеристики пластичности, относительное остаточное удлинение которого составляет порядка 15-17 %. Такое сочетание механических характеристик для данного сплава является не только удовлетворительным, но и желательным.

кәсіптік геология, тау-кен және мұнай-газ ісі кафедрасында әзірленген, «Мұнай-газ ісінің менеджменті» жаңа магистрлік бағдарламасын атап көрсету қажет. Бағдарламаның мақсаты студенттерге мұнай-газ кәсіпорындарын кешенді басқару саласында қазіргі заманғы білімді, ептілікті, дағдылар мен құзыреттіктерді беру болып табылады. Сонымен бірге «Мұнай-газ ісінің менеджменті» магистрлік бағдарламасы білім беру жүйесінің оқуды нақты кәсіптік қызметке жақындатуға, оқу бағдарламаларына практикалық бағытталғандықты беруге мүмкіндік беретін, қазіргі заманғы ыңғайын көрсетеді.

ӘОЖ 621.744.3. ИСАҒҰЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., ИСАҒҰЛОВА Д.А., ТОЙЫМБЕКОВА Б.К. **Импульстік тығыздау кезінде құйма қалыптардың тығыздығын басқару.**

Қалыптың бетінде тығыздығы біркелкі құйма қалыптарды алу қарастырылады. Айырғыштар орнатылған жазық тілімшенің көмегімен газ ағынының қоспаға біркелкі берілуін пайдалану қалыптау қоспасының тығыздығын басқаруға мүмкіндік береді. Даму проблемалары, мамандандыруды орналастыру және өндірісті шоғырландыру қазіргі жағдайларда белсенді маңызды иеленеді. Көбінесе олардың шешіміне қоғамдық өндіріс тиімділігін әрі қарай жоғарылату қарқындары байланысты болады. Өнеркәсіпті дамыту тиімділігі құю өндірісіндегі бар құралдардың оңтайлы дамуымен және ұтымды пайдаланылуымен тікелей байланысты. Құю өндірісінде металды үнемдеу өнімнің көп металды қажет етуін азайтудан, құйма тетіктердің ұзақ мерзімділігін, сенімділігін арттырудан және сапасын жақсартудан, металды пайдалану коэффициентін жоғарылатудан айқындалады, ол дайын өнім массасының оны жасауға жұмсалатын металдың массасына қатынасымен анықталады.

ӘОЖ 621.771. НАЙЗАБЕКОВ А.Б., АНДРЕЯШЧЕНКО В.А. **Құйма алюминий қорытпаларын тең арналы бұрыштық баспалаумен беріктендіру.**

Қазіргі уақытта жоғары физикалық сипаттамалар кешені бар жоғары сапалы материалдарды алуға көңіл бөлінуде. Дайындамалардың геометриялық параметрлерін елеулі өзгерте отырып беріктендіру тәсілдерінің бірі тең арналы бұрыштық баспалау (ТАББ) әдісімен қарқынды илемді деформациялау болып табылады. Құйма алюминий қорытпаларының механикалық қасиеттерінің жоғарылауы елеулі қызығушылық білдіреді. Осыған байланысты Al-Si-Fe-Mn жүйесінің алюминий қорытпасын беріктендіру мүмкіндігін зерттеу шешілген. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде тең арналы бұрыштық баспалау әдісімен алюминий қорытпаларының мұндай типтерінің уақытша кедергісі жоғарылауының мүмкін екендігі айқындалған. Al-Si-Fe-Mn жүйесінің қорытпасын беріктендірудің ұсынылған технологиясы уақытша кедергіні 425-428 МПа дейін (алюминий қорытпасын жеткізу күйімен салыстырғанда 16 %-ға) елеулі ұлғайтуға ғана емес, сонымен бірге салыстырмалы қалдық ұзартуы 15-17 % шаманы құрайтын, қорытпалардың берілген типі үшін жоғары илемділік сипаттамаларын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Берілген қорытпа үшін механикалық сипаттамалардың мұндай үйлесімі тек қанағаттанарлық қана емес, сонымен бірге қалаулы болып табылады.

developed at Russian University of Peoples Friendship at the chair of oil-extracting geology, mining and oil-and-gas extracting. The aim of the program is giving the students modern knowledge, skills and competences in the field of complex managing oil-and-gas enterprises. Thus the program demonstrates a modern approach to the educational system, allowing to make training close to the real professional activities, to give teaching programs a practical orientation.

UDC 621.744.3. ISAGULOV A.Z., KULIKOV V.YU. SHCHERBAKOVA YE.P., ISAGULOVA D.A., TOIYMBEKOVA B.K. **Controlling Casting Molds Density in Pulse Compaction.**

There is considered obtaining casting molds with a uniform density on the mold surface. Using uneven feeding of the gas flow to the mixture with the help of a flat plate mounted on a sparger, will permit to control molding sand density. The problems of development, specialization location and production concentration acquired an active significance in modern conditions. Their solving effect the temps of the further increasing of the public production efficiency. It is connected immediately with the optimal development and rational use of the means existing in foundry. Metal saving is demonstrated in decreasing production metal intensity, increasing reliability and improving casts quality, in increasing the metal using coefficient that is determined by the ratio of the ready production mass to the metal mass consumed for its producing.

UDC 621.771. NAIZABEKOV A.B., ANDREYASHCHENKO V.A. **Strengthening Cast Aluminum Alloys by Equichannel Angle Pressing.**

At present attention is paid to obtaining high-quality materials with a complex of increased physical characteristics. One of the methods to strengthen the blanks without significant changing their geometrical parameters is an intense plastic deformation by the method of equichannel angle pressing. Cast aluminum alloys mechanical properties increasing is of significant interest, in which connection there was decided to study the possibility to strengthen cast aluminum alloy of Al-Si-Fe-Mn system. As a result of the studies carried out there was revealed that such types of alloys resistance is possible by the method. The technology suggested permits not only to increase resistance up to 425-428 MPa (by 16 % as compared to the state of art of aluminum alloy), but also to provide high for this type of alloys characteristics of plasticity, relative residual elongation of which is about 15-17 %. Such a combination of mechanical characteristics for the alloy is not only satisfactory but preferable.



УДК 658.56:621.01. ЖЕТЕСОВА Г.С., ЖУНУСОВА А.Ш., ГРИЦОВА Н.А. **Определение уровня качества гидрораспределителя таксономическим методом оценки – построение дендрита.** Работа посвящена определению показателя уровня развития качества через построение дендрита, что делается впервые в практике кафедры технологии машиностроения. В качестве объектов оценки были взяты изделия машиностроения, выпускаемые ТОО «Машзавод № 1» - Карагандинский машиностроительный завод: гидрораспределитель типа М130.07.110, взятый в качестве оцениваемого образца, и гидрораспределитель типа ЭРА32, взятый в качестве базового. В работе сделан обзор и анализ существующих таксономических методов оценки качества, составляющих основное содержание таксономической квалиметрии как специальной квалиметрии. В соответствии с расчетами по проделанной работе было определено, что гидрораспределители, выпускаемые ТОО «Машзавод № 1», находятся на высоком уровне по качеству. Применяя этот метод на практике, можно оценить уровень качества всей номенклатуры выпускаемой предприятием продукции. Научная новизна работы заключается в постановке новых задач таксономии, в частности, в постановке задачи таксономии с выделением особенностей, в предложении алгоритмов их решения, применении вrocławской таксономии, таксономического показателя уровня развития для оценки качества производственной деятельности предприятий.

УДК 628. 517.2:669. ТЕН Э.Б., УТЕПОВ Е.Б., ДРОКИН А.С., КАЛДЫБАЕВА С.Т. **Исследования кристаллизации алюминиевого чугуна.** Изучены состав и структура высоколегированного алюминиевого чугуна ЧЮ22Ш. Кристаллизация чугуна ЧЮ22Ш изучали по фазовым превращениям, протекающим при его затвердевании и остывании. Современные технологии базируются на применении интенсивных режимов работы технических средств. При этом все более повышаются рабочие параметры скорости, давления и температуры. Соответственно требуются материалы с высокими функциональными характеристиками. В частности, для работы в условиях высокотемпературной газовой коррозии применяют жаростойкие материалы. Во многих агрегатах газовая среда имеет широкий спектр составов, начиная от обычной воздушной среды и кончая средами с высокой коррозионной активностью, например, среда водяного пара, среда с высокой концентрацией сернистых и ванадийсодержащих газов.

УДК 669.017.11. ТОЛЕУОВА А.Р., СМАГУЛОВА Д.У. **Фазовый состав алюминиевых сплавов.** С использованием программы Thermo-Calc проведен количественный фазовый анализ диаграммы Al – Cu – Mn – Zr как основы деформируемых жаропрочных алюминиевых сплавов. Были рассчитаны изотермические и политермические сечения фазовой диаграммы. Рассчитаны температуры фазовых превращений. Рассчитаны массовые и объемные доли фаз. Определены области концентраций и температур, при которых может быть достигнуто максимальное количество дисперсидов Al<sub>3</sub>Cu<sub>2</sub>Mn<sub>3</sub>. Рассчитано минимальное количество фазы Al<sub>3</sub>Cu, которое должно отвечать наилучшей жаропрочности сплавов. Обосновано, что в

ЭОЖ 658.56:621.01. ЖЕТЕСОВА Г.С., ЖУНИСОВА А.Ш., ГРИЦОВА Н.А. **Гидротаратқыш сапасының деңгейін таксономиялық бағалау әдісін анықтау – дендритті құру.** Жұмыс дендритті құру арқылы сапаны дамыту деңгейінің көрсеткішін анықтауға арналған, бұл машина жасау технологиясы кафедрасының практикасында алғаш рет жасалып отыр. Бағалау нысандары ретінде «№ 1 машзавыт» ЖШС – Қарағанды машина жасау зауыты шығаратын машина жасау бұйымдары: бағаланып отырған М130.07.110 типті гидротаратқыш және базалық ретінде алынған ЭРА32 типті гидротаратқыш алынған болатын. Жұмыс арнайы квалиметрия ретінде таксономиялық квалиметрияның негізгі құрамын құрайтын сапаны бағалаудың қолданылып жүрген таксономиялық әдістерін шолу және талдау жасалған. Жасалған жұмыс бойынша есептеулерге сәйкес, «№ 1 машзавыт» ЖШС шығаратын гидротаратқыштардың сапасы бойынша жоғары деңгейде болатыны анықталған болатын. Осы әдісті практикада қолданып, кәсіпорын шығаратын өнімнің бүкіл номенклатурасы сапасының деңгейін бағалауға болады. Жұмыстың ғылыми жаңалығы таксономияның жаңа міндеттерін қоюдан, атап айтқанда, ерекшеліктерін бөліп көрсету арқылы таксономияның міндеттерін қоюдан, оларды шешу алгоритмдерін ұсынудан, Wrocław таксономиясын, кәсіпорындардың өндірістік қызметінің сапасын бағалау үшін даму деңгейінің таксономиялық көрсеткішін қолданудан тұрады.

ЭОЖ 628. 517.2:669. ТЕН Э.Б., УТЕПОВ Е.Б., ДРОКИН А.С., КАЛДЫБАЕВА С.Т. **Алюминий шойынның кристалдануын зерттеу.** ЧЮ22Ш жоғары қосталанған алюминий шойынның құрамы мен құрылымы зертделген. ЧЮ22Ш шойынның кристалдануын қатаюу және салқындау кезінде жүретін фазалық түрленулері бойынша зерттеледі. Қазіргі заманғы технологиялар техникалық құралдар жұмысының қарқынды режимдерін қолдануға бағаланады. Сонымен бірге жылдамдықтың, қысым мен температураның жұмыс параметрлері жоғарылап келеді. Сәйкесінше функционалдық сипаттамалары жоғары материалдар талап етіледі. Атап айтқанда, жоғары температуралы газ коррозиясы жағдайларында жұмыс істеу үшін ыстыққа төзімді материалдарды қолданады. Көптеген агрегаттарда газ ортасының кәдімгі ауа ортасынан бастап, коррозиялық белсенділігі жоғары орталармен аяқталағанда, құрамдарының кең спектрі бар, мысалы, су буының ортасы, құрамында күкірт және ванадий бар газдардың шоғырлануы жоғары орта.

ЭОЖ 669.017.11. ТӨЛЕУОВА А.Р., СМАГУЛОВА Д.У. **Алюминий қорытпаларының фазалық құрамы.** Thermo-Calc программасын пайдалану арқылы деформацияланатын ыстыққа берік алюминий қорытпаларының негіздері ретінде Al – Cu – Mn – Zr диаграммасын сандық фазалық талдау жүргізілді. Фазалық диаграмманың изотермиялық және политермиялық қималары есептелді. Фазалық түрлену температуралары есептелген. Фазалардың массалық және көлемдік үлестері есептелген. Ол кезде Al<sub>3</sub>Cu<sub>2</sub>Mn<sub>3</sub> дисперсидтарының барынша көп мөлшеріне қол жеткізілуі мүмкін болатын шоғырлану және температуралар облыстары анықталған. Қорытпалардың ең жақсы ыстыққа беріктігіне жауап беруі тиіс болатын, Al<sub>3</sub>Cu фазасының барынша аз мөлшері есептелген. АЛТЭК типті

UDC 658.56:621.01. ZHETESOVA G.S., ZHUNUSOVA A.SH., GRITSOVA N.A. **Determining Hydro-Distributor Quality Level By Taxonomic Method of Evaluation, i.e. Dendrite Building.** There is determined the level of quality developing through a dendrite building that is performed for the first time in the practice of the mechanical engineering chair. As the objects for evaluation there were taken mechanical engineering products of LLP "Mashzavod No 1", the Karaganda mechanical engineering works: hydro-distributor of type M130.07.110, taken as a sample evaluated and hydro-distributor of type ЭРА32, taken as the basic one. In the work there was performed a review and analysis of taxonomic methods of making the basic content of taxonomic qualimetry as a special qualimetry. In accordance with the work performed it was defined that hydro-distributors produced by LLP "Mashzavod No 1" are at a high level of quality. Using this method in practice, it is possible to evaluate the quality level of the whole production manufactures by an enterprise. The scientific novelty of the work is in posing new problems of taxonomy with separating peculiarities, suggesting their solution algorithms, using Wrocław taxonomy, taxonomic index of development level for evaluating quality of the production activities of enterprises.

UDC 628. 517.2:669. ТЕН Э.Б., УТЕПОВ Е.Б., ДРОКИН А.С., КАЛДЫБАЕВА С.Т. **Studying Aluminum Cast Iron Crystallization.** There are studied the composition and structure of highly alloyed aluminum cast iron ЧЮ22Ш. Its crystallization has been studied by its phase transformations taking place at its solidifying and cooling. Modern technologies are based on using intense operating modes of technical means. Here the operating parameters of speed, pressure and temperature are growing more and more. That's why there are required the materials with high functional characteristics. Particularly, for operating in the conditions of high-temperature gas corrosion there are used refractory materials. In a lot of units the gas environment has a wide spectrum of compositions beginning with a usual air environment and ending with environments with high corrosion activeness, for example, water steam, high concentration of sour and vanadium-containing gases.

UDC 669.017.11. TOLEUOVA A.R., SMAGULOVA D.U. **Phase Composition of Aluminum Alloys.** Using the program Thermo-Calc there has been carried out a quantitative analysis of Al – Cu – Mn – Zr diagram as a base for deformed refractory aluminum alloys. There have been calculated isothermal and polythermal sections of the phase diagram, calculated the temperatures of phase transformations, mass and volume shares of the phases. There have been determined the areas of concentrations and temperatures, at which there can be achieved maximum number of dispersoids Al<sub>3</sub>Cu<sub>2</sub>Mn<sub>3</sub>. There has been calculated minimum quantity of Al<sub>3</sub>Cu phase, that is to satisfy the best refractoriness of alloys. It was substantiated that in the new generation alloys

сплавах нового поколения типа АЛТЭК использование операций гомогенизации и закалки нецелесообразно, из чего вытекает возможность существования сокращения затрат на термообработку по сравнению с промышленными сплавами типа 1201.

УДК 621.9.02 (075.8). БОЯРСКИЙ В.Г., ТИДА О.В., АЛИЕВ Т. **Анализ прочностных расчетов конструкций с использованием моделирующих программ. Автоматизированное проектирование фасонных резцов.**

Статья посвящена применению средств компьютерной поддержки инженерных решений для повышения качества проектирования фасонных резцов, повышения экономической эффективности процесса производства изделий. Рассмотрены вопросы влияния геометрии резцов на силы резания и температуру в зоне обработки. Предложено автоматизированное проектирование фасонных резцов, состоящее из расчетных и графических модулей, связанных в единый проектный цикл. Использована разработанная база данных по конструкции и параметрам типовых элементов резцов. Реализован алгоритм расчета круглого фасонного резца. Приведен пример твердотельного моделирования резца. В качестве программного обеспечения используются графический пакет AutoCAD, расчетный пакет MathCAD.

УДК 624.075.22+624.042.8. ИЛКУН В.И. **Моделирование колебательных процессов в холоднокатаной полосе дрессировочного стана при чистой прокатке.**

Приведены результаты математического моделирования вынужденных колебаний полосы при дрессировке (чистой прокатке) на ОДС-1700. Моделирование проводили отдельно на участках «разматыватель-клеть» и «клеть-моталка». В обоих случаях колебание полосы было описано уравнениями, моделирующими колебание струны и движущейся ленты конвейера. В результате получили значения вынужденных колебаний полосы в общем виде. Полученные частоты колебаний характеризуют процессы, происходящие в полосе при дрессировке. Выявлена взаимосвязь вынужденных колебаний ряда основных частот полосы с частотами колебания фундамента, подшипников рабочих валков и частот вынужденных колебаний крутящего момента в приводной линии стана. Установлено, что при дрессировке ОДС-1700 полос с равновеликими площадями поперечного сечения основные частоты и 2-е – 5-е гармоники колебаний соответственно одинаковы.

УДК 621:65(574). САМЕКИНА У.М., ЖАРКЕВИЧ О.М., НУРЖАНОВА О.А. **Анализ видов, последствий и причин потенциальных дефектов.**

Рассматривается один из основных методов системы менеджмента качества «Анализ видов, последствий и причин потенциальных дефектов FMEA». Эта методология позволяет анализировать и планировать качество продукции и производственных процессов. Приведены основные принципы FMEA – методологии. Наглядное представление методологии FMEA показано на схеме работы FMEA – команды. Объектом изучения является элеватор Л 160, выпускаемый ТОО КМЗ им. А. Пархоменко. Рассмотрены потенциальные дефекты и предложены мероприятия по их устранению. Сделаны расчеты и выводы.

жаңа ұрпақты қорытпаларда гомогенизация және шынықтыру операцияларын пайдаланудың мақсатқа сай еместігі негізделген, бұдан 1201 типті өнеркәсіптік қорытпалармен салыстырғанда термиялық өңдеуге жұмсалтын шығындарды елеулі қысқарту мүмкіндігі шығады.

ӘОЖ 621.9.02 (075.8). БОЯРСКИЙ В.Г., ТИДА О.В., АЛИЕВ Т. **Модельдеуші программаларды пайдалану арқылы конструкциялардың беріктік есептеулерін талдау. Сұлбалы кескіштерді автоматтандырылған жобалау.**

Мақала сұлбалы кескіштерді жобалау сапасын арттыру, бұйымдарды өндіру процесінің экономикалық тиімділігін арттыру үшін инженерлік шешімдерді компьютерлік қолдау құралдарын қолдануға арналған. Кескіштер геометриясының кесу күштеріне және өңдеу аймағындағы температураға әсер ету мәселелері қарастырылған. Бірыңғай жобалық циклен байланысты есептік және графикалық модульдерден тұратын сұлбалы кескіштерді автоматтандырылған жобалау ұсынылған. Кескіштердің типтік элементтерінің конструкциясы және параметрлері бойынша әзірленген деректер базасы пайдаланылған. Дөңгелек сұлбалы кескішті есептеу алгоритмі іске асырылған. Кескішті қатты денелі модельдеу мысалы келтірілген. Программалық қамтамасыз ету ретінде AutoCAD графикалық пакеті, MathCAD есептік пакеті пайдаланылады.

ӘОЖ 624.075.22+624.042.8. ИЛКУН В.И. **Таза илемдеу кезінде жаттыққан орнықтың суықтай илемделген жолағында тербелмелі процестерді модельдеу.**

ОДС-1700-де жаттықтыру кезінде (таза илемдеу) жолақтың мәжбүрлі тербелістерін математикалық модельдеу нәтижелері келтірілген. Модельдеу «таркатқыш-клеть» және «клеть-орағыш» учаскелерінде бөлек жүргізілді. Екі жағдайда да жолақ тербелісі конвейердің ішегі мен қозғалатын таспасының тербелісін модельдейтін теңдеулермен сипатталған болатын. Нәтижесінде жалпы түрде жолақтың мәжбүрлі тербелістерінің мәндерін алдық. Тербелістердің алынған жиіліктері жаттықтыру кезінде жолақта болатын процестерді сипаттайды. Жолақтың бірқатар негізгі жиіліктерінің мәжбүрлі тербелістерінің жұмыстық пішім біліктері іргетасы, мойынтіректі тербелісінің жиіліктерімен және орнақтың жетекті желісіндегі бұрау моментінің мәжбүрлі тербелістері жиіліктерінің өзара байланысы айқындалған. ОДС-1700-бен көлденең қималы тең ауданды жолақтарды жаттықтыру кезінде тербелістердің негізгі жиіліктері және 2-ші мен 5-ші гармоникалары сәйкесінше бірдей екендігі анықталған.

ӘОЖ 621:65(574). САМЕКИНА У.М., ЖАРКЕВИЧ О.М., НУРЖАНОВА О.А. **Потенциалды ақаулардың түрлерін, салдарын және себептерін талдау.**

«FMEA потенциалды ақауларының түрлерін, салдарын және себептерін талдау» сапа менеджменті жүйесінің негізгі әдістерінің бірі қарастырылады. Бұл әдіснама өнімнің және өндірістік процестердің сапасын талдауға және жоспарлауға мүмкіндік береді. FMEA – әдіснаманың негізгі принциптері келтірілген. FMEA әдіснамасының көрнекті көрсетуі FMEA – командасы жұмысының сұлбасында көрсетілген. Зерделеу нысаны А. Пархоменко атындағы ҚМЗ ЖШС шығарылатын Л 160 элеваторы болып табылады. Потенциалды ақаулар қарастырылған және оларды жою бойынша шаралар ұсынылған. Есептеулер мен тұжырымдар жасалған.

of ALTEC type using the operations of homogenization and hardening is inexpedient, from which there comes out the possibility of significant saving costs for thermal treating as compared to industrial alloys of type 1201.

UDC 621.9.02 (075.8). BOYARSKY V.G., TIDA O.V., ALIYEV T. **Analysis of Structures Strengthen Calculation Using Modeling Programs. Computer-Aided Design of Shaping Cutter.**

There is considered using computer support means for engineering decisions to increase the quality of shaping cutters design, increasing the efficiency of the products manufacturing process. There are considered the issues of geometry effect on the cutting forces and temperature in the zone of machining. There is suggested a computer-aided design of shaping cutters consisting of the calculation and graphical modules joint in a single designing cycle. There is used the developed database for a structure and parameters of cutters typical elements, realized the algorithm of calculating a round shaping cutter. There is presented an example of a cutter solid-body modeling. As a software there is used the graphical package AutoCAD, the calculation package MathCAD.

UDC 624.075.22+624.042.8. ILKUN V.I. **Modeling of Oscillating Processes in Cold-Rolled Strip of Tempering Mill in Finish Rolling.**

There are presented the results of mathematical modeling of strip forced oscillations in tempering (finishing rolling) at OTM -1700. Modeling was carried out separately at the sections "uncoiler-stand" and "stand-coil winder". In both cases the strip oscillations were described by the equations modeling the string and conveyer belt oscillations. As a result there were obtained the values of forces oscillations in a general form. The oscillation frequencies obtained characterize the processes taking place in the strip in tempering. There was revealed the connection of a number of the strip main frequencies with the foundation oscillation frequencies, working rolls bearings and the torque forced oscillations in the drive line of the mill. It was established that in tempering OTM-1700 strips with equal areas of cross-section the main frequencies and the 2d and 5th harmonics of oscillations are the same, respectively.

UDC 621:65(574). SAMEKINA U.M., ZHARKEVICH O.M., NURZHANOVA O.A. **Analysis of Kinds, Consequences and Causes of Potential Defects.**

There is considered one of the main methods of quality management system "Analysis of Kinds, Consequences and Causes of Potential Defects of FMEA". This methodology permits to analyze and plan the production and manufacturing processes quality. There are presented the basic principles of FMEA-methodology. It is also shown in the scheme of FMEA-team work. The object of studying was an elevator L 160 produced by LLO KMZ after A. Parkhomenko. There are considered potential defects and suggested measures to eliminate them, carried out calculations and conclusions.

УДК 621.791.357. ШВОЕВ В.Ф., СИХИМБАЕВ М.Р., БОЯРСКИЙ В.Г. **Пути развития электроконтактной обработки в машиностроении.**

Ориентирование только на нефтегазовый комплекс может привести к тому, что, выработав существующие месторождения, продав природные ресурсы и продукты второго, третьего передела металлургического комплекса, Республика Казахстан может стать страной, полностью зависимой от импорта. Для того чтобы возродить и создать новые машины и оборудование для всех отраслей экономики необходимы техническое перевооружение и реконструкция машиностроительного производства. Следует подчеркнуть, что в мире за последние два десятилетия существенно изменился состав применяемых материалов и сплавов, которые находят все большее применение. Как правило, часть этих материалов не поддается обычному резанию и требует специальных методов обработки, таких как: электрохимические, химико-механические, анодно-механические, электроэрозионные, электроискровые, ультравысокочувствительные и др.

УДК 622.7. ОМАРОВА Н.К., АКИМБЕКОВА Б.Б., ШЕРЕМБАЕВА Р.Т. **Исследование флотации медной руды Саякского месторождения с применением нового реагента НРБ.**

Исследования флотации сульфидной медной руды Саякского месторождения с применением нового реагента НРБ были проведены в лаборатории ПО «Балхашцветмет». Опыты по флотации были проведены в реагентном режиме, принятом на обогатительной фабрике, с применением следующих реагентов: ксантогенат бутиловый – 40 г/т; Т-90 – 100 г/т. В результате исследований установлено, что при реагентном фабричном режиме качество медного концентрата составляет 17,98 % при извлечении 90,28 %. Оптимальные параметры условий опыта были установлены по результатам открытого цикла флотации. Изучено влияние рН пульпы на флотиримость меди. В результате исследований установлено, что при расходе CaO 1500 г/т содержание меди в черновом медном концентрате составляет 3,32 %, извлечение – 67,09 %. Результаты опыта с реагентом НРБ значительно выше, в частности, содержание меди в концентрате 18,64 % (против 17,98 % с ксантогенатом), извлечение меди в концентрат с НРБ – 93,11 % (против 90,28 % с ксантогенатом). Применение реагента НРБ позволяет повысить качество медного концентрата на 0,66 %, извлечение – на 2,83 %.

УДК 622.28. ЖЕТЕСОВ С.С., АБДУГАЛИЕВА Г.Б., БЕЙСЕМБАЕВ К.М. **К расчету оптимизации выпускного люка.**

Управление массивом крепью определяет устойчивость кровли и забоя. При разработке мощных угольных пластов оно определяет энергоёмкость разрушения верхней угольной толщи, которую активно погашают и выпускают на лавный конвейер. Производительность забоя определяется параметрами выпускных отверстий. Аналогичные задачи решаются для оптимизации выпускных дучек при разработке руд, а также при применении технологий с опускными блоками. Для выпуска угля необходимо обеспечить максимальные возможности прохождения блоков угля через углеспускные отверстия. Применение остроугольных бортов позволит повысить производительность выпуска за счет повышения пропускной способности и для крупных блоков угля, уменьшения времени на

УДК 621.791.357. ШВОЕВ В.Ф., СИХИМБАЕВ М.Р., БОЯРСКИЙ В.Г. **Машина жасаудағы электр түйіспелік өңдеуді дамыту жолдары.**

Тек мұнай-газ кешеніне ғана бағдарлану қолданылып жүрген кен орындарын тудырып, табиғи ресурстарды және металлургиялық қайта балқыту кешенінің екінші, үшінші қайта балқыту өнімдерін сатып, Қазақстан Республикасының импортқа толығымен тәуелді ел болуына әкелуі мүмкін. Экономиканың барлық салалары үшін машиналар мен жабдықтарды жаңарту және жаңасын жасау үшін машина жасау өндірісін техникалық қайта қаруландыру және қайта құру қажет. Әлемде соңғы екі онжылдық ішінде уақыт өткен сайын аса көп қолданылатын материалдар мен қорытпалардың құрамы елеулі өзгергенін атап кету керек. Тәртiп бойынша, бұл материалдардың бiр бөлiгi кәдiмгi кесуге берiлмейдi және электр-химиялық, химия-механикалық, анод-механикалық, электр-эрозиялық, электр-ұшқындық, ультратыбыстық және т.б. сияқты арнайы өңдеу әдістерін талап етеді.

УДК 622.7. ОМАРОВА Н.К., АКИМБЕКОВА Б.Б., ШЕРЕМБАЕВА Р.Т. **НРБ жаңа реагентін қолдану арқылы Саяк кен орнының мыс рудасының байытылуын зерттеу.**

«Балхашцветмет» ӨБ зертханасында НРБ жаңа реагентін қолдану арқылы Саяк кен орнының мыс рудасының сульфидтік байытылуын зерттеу жүргізілді. Байыту бойынша тәжірибелер келесі реагенттерді қолдану арқылы байыту фабрикасында қабылданған реагентті режимде жүргізілген: бутилді ксантогенат – 40 г/т; Т-90 – 100 г/т. Зерттеулер нәтижесінде реагентті фабрикалық режимде 90,28 % алғанда мыс концентратының 17,98 % құрайтыны анықталған. Тәжірибелер шарттарының оңтайлы параметрлері байытудың ашық циклінің нәтижелері бойынша анықталған. рН қойыртпағының мыстың байытылуына әсер етуі зертделген. Зерттеулер нәтижесінде CaO 1500 г/т жұмсалғанда қаралтым мыс концентратындағы мыстың мөлшері – 3,32 %, алу 67,09 % құрайтыны анықталған. НРБ реагентімен жасалатын тәжірибенің нәтижелері едәуір жоғары, атап айтқанда, концентраттағы мыстың мөлшері 18,64 % (ксантогенаты бар 17,98 %-ға қарсы), НРБ бар концентратқа мысты алу – 93,11 % (ксантогенаты бар 90,28 %-ға қарсы). НРБ реагентін қолдану мыс концентратының сапасын – 0,66 %-ға, алу 2,83 %-ға арттыруға мүмкіндік береді.

УДК 622.28. ЖЕТЕСОВ С.С., АБДУГАЛИЕВА Г.Б., БЕЙСЕМБАЕВ К.М. **Шығару люгін оңтайландыруды есептеуге.**

Бекітпе массивін басқару төбе мен забойдың орнықтылығын анықтайды. Қуатты көмір қатпарын қазғанда ол белсенді сәндіретін және лава конвейеріне шығаратын жоғарғы көмір қыртасын бұзудың энергия сыйымдылығын анықтайды. Забойдың өнімділігі шығару тесіктерінің параметрлерімен анықталады. Осыған ұқсас есептер рудаларды қазу кезінде, сондай-ақ түсіру блоктары бар технологияларды қолдану кезінде шығару құралдарын оңтайландыру үшін шешіледі. Көмірді шығару үшін көмірді түсіру тесіктері арқылы көмір блоктары өтуінің барынша көп мүмкіндіктерін қамтамасыз ету қажет. Үшкір бұрышты беткейлерді қолдану көмірдің ірі блоктары үшін өткізу қабілеттілігін арттыру, терезелерін ұнтақтан тазартуға жұмсалатын уақытты азайту есебінен шығару өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Беткейдің бұрышына со-

UDC 621.791.357. SHVOYEV V.F., SIKHIMBAYEV M.R., BOYARSKY V.G. **Ways of Developing Electric Resistance Machining in Mechanical Engineering.**

Orienting to only oil-and-gas complex can lead to that the Republic of Kazakhstan, having developed the existing deposits, having sold the natural resources and the products of the second and the third processing, can become a country depending on import wholly. In order to restore and to develop new machines and equipment for all the branches of economics, it's necessary to re-equip and to reconstruct mechanical engineering production. In the world within the last two decades, there significantly changed the composition of the materials and alloys used that find the growing use. As a rule, a part of such materials cannot be cut by usual methods and require special ones, such as: electro-chemical, anode-mechanical, electric erosion, electric spark, ultrasonic and others.

UDC 622.7. O MAROVA N.K., AKIMBEKOVA B.B., SHEREMBAYEVA R.T. **Studying Flotation of Copper Ore of Sayakskoye Deposit Using New Reagent NRB.**

Studying flotation of the sulfide copper ore using a new reagent NRB was carried out at the laboratory of PC "Balkhashsetmet". Experiments on flotation were carried out in the reagent mode used at the concentrating mill using the following reagents: butyl xanthate – 40 g/t; T-90 – 100 g/t. As a result of the studies there was established that in the reagent factory mode the copper concentrate quality is 17,98 % with the extraction 90,28 %. Optimal conditions of the experiments conditions were stated by the results of the open cycle of flotation. There was studied the effect of the pulp pH on the copper flotation ability. As a result of the studies there was stated that with the consumption of CaO 1500 g/t copper content in the rough copper concentrate is 3,32 %, extraction is 67,09 %. The results of the experiment with NRB reagent are significantly higher, particularly, copper content in the concentrate is 18,64 %/ extraction is 93,11 %. Using NRB reagent permits to increase copper concentrate quality by 0,66 %, extraction by na 2,83 %.

UDC 622.28. ZHETESOV S.S., ABDUGALIYEVA G.B., BEISEMBAYEV K.M. **Calculating Pull Chute Optimization.**

Controlling the mass with a support defines the roof and face stability. When developing thick coal seams it defined power intensity of breaking the top coal thickness that is actively shut down and let out on the lava conveyor. The face productivity is defined by pull chutes parameters. Similar tasks are solve for optimizing draw points when developing ores, as well as when using the technologies with movable blocks. To let out coal it's necessary to provide the maximum possibilities for the blocks passing through the coal pulling chutes. Using acute-angled sides will permit to increase pulling productivity due to increasing the carrying capacity for large coal blocks, decreasing the time for chipping windows. There occurs an additional crushing of blocks with the impact of the side angle.

расштыбовку окон. Происходит дополнительное дробление блоков при ударе об угол борта.

ғылғанда блоктар қосымша уатылады.

УДК 622.26. ВОРОБЬЕВ А.Е., ТУРСУНБАЕВА А.К., ПОРТНОВ В.С., МОЛДАБАЕВА Г.Ж., ДЖИМИЕВА Р.Б. **Образование зон обрушения и трещиноватости при подземной отработке горючих сланцев.**

Погашение горных выработок, образованных при отработке горючих сланцев, приводит к деформации земной поверхности. В зависимости от геометрических параметров горной выработки, ее положения относительно дневной поверхности, крепостных свойств пород, в сводовой части форма деформаций может изменяться. Приведена классификация зон нарушения дневной поверхности над горными выработками при подземной добыче горючих сланцев. Определено влияние факторов и их взаимосвязей на состояние массива горных пород и процесс сдвига пород. Оценены высоты зон обрушения в долях глубины разработки, установлены мощности зон трещиноватости. Даны рекомендации дальнейшей разработки месторождения в зависимости от степени нарушения массива.

ӨЖ 622.26. ВОРОБЬЕВ А.Е., ТҰРСЫНБАЕВА Ә.К., ПОРТНОВ В.С., МОЛДАБАЕВА Г.Ж., ДЖИМИЕВА Р.Б. **Ыстық тақта тастарды жер астында қазындау кезінде опырылу және жарықшақтық аймақтарының түзілуі.**

Ыстық тақта тастарды қазындау кезінде түзілген тау қазбаларының жойылуы жер бетінің деформациясына әкеледі. Тау қазбасының геометриялық параметрлеріне, тау жыныстарының күндізгі бетіне, беріктік қасиеттеріне қатысты оның орнына байланысты, жиынтық бөлігінде деформациялардың пішіні өзгеруі мүмкін. Ыстық тақта тастарды жер астында өндіргенде тау қазбаларының үстіндегі күндізгі бетінің бұзылу аймақтарын жіктеу келтірілген. Факторлардың және олардың өзара байланыстарының тау жыныстары массивінің күйіне және тау жыныстарының жылжу процесіне әсері анықталған. Қазба тереңдігінің үлестерінде опырылу аймақтарының биіктіктері бағаланған, жарықшақтық аймақтарының қуаттары анықталған. Массивтің бұзылу дәрежесіне байланысты кен орнын әрі қарай қазу ұсыныстары берілген.

UDC 622.26. VOROBYOV A.E., TURSUNBAYEVA A.K., PORTNOV V.S., MOLDABAYEVA G.ZH., DZHIMIYEVA R.B. **Forming Fall Zones and Cracking in Underground Developing Pyroshales.**

Shutting down mining workings formed when developing pyroshales leads to deforming the earth surface. Depending on geometrical parameters of mining workings, their position relative to the light surface, strength properties of rocks, in the vault part the forms of deformations can change. There is presented classification of fall zones above mining workings in underground extracting pyroshales. There is defined the effect of the factors and their interconnection in the mining rock mass state and rock mass shearing. There are evaluated the heights of fall zones in the working depth, established the force of cracking zones. There are given recommendations of the further developing of the deposit depending on the degree of the mass breaking.

УДК 622.272. КРУПНИК Л.А., ДЕМИН В.Ф., ШАПОШНИК Ю.Н., ШАПОШНИК С.Н. **Выбор рациональной технологии закладочных работ на Суздальском руднике АО «ФИКАЛЕЛ».**

В результате проведенных исследований разработана рациональная технология приготовления закладочных смесей. Схема привязана к поверхностному бетоносмесительному узлу. Технология применима для Суздальского рудника АО «ФИКАЛЕЛ». Подобраны составы закладочной смеси для приготовления. Разработана технологическая схема приготовления и транспортирования закладки. Выбрано основное технологическое оборудование. Проведен расчет технологических процессов закладочных работ.

ӨЖ 622.272. КРУПНИК Л.А., ДЕМИН В.Ф., ШАПОШНИК Ю.Н., ШАПОШНИК С.Н. **«ФИКАЛЕЛ» АҚ Суздаль кенішінде толтыру жұмыстарының ұтымды технологиясын таңдау.**

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде толтыру қоспаларын жасаудың ұтымды технологиясы әзірленген. Сулба беттік бетон араластырығыш торапқа байланыстырылған. Технология «ФИКАЛЕЛ» АҚ Суздаль кеніші үшін қолданылады. Жасауға арналған толтыру қоспасының құрамдары іріктелген. Толтырманы жасаудың және тасымалдаудың технологиялық сұлбасы әзірленген. Негізгі технологиялық жабдықтар таңдалған. Толтыру жұмыстарының технологиялық процестерін есептеу жүргізілген.

UDC 622.272. KRUPNIK L.A., DYOMIN V.F., SHAPOSHNIK YU.N., SHAPOSHNIK S.N. **Selecting Rational Technology of Stowing Operations at Suzdal Mine JSC «FIKALEL».**

As a result of the studies carried out there was developed a rational technology of preparing stowing mixtures. The scheme is affixed to the surface concrete mixing point. The technology is applicable to the Suzdal mine JSC «FIKALEL». There were selected the compositions of the stowing mixtures for preparing, developed a technological scheme of preparing and transporting the stowing. There was selected the main technological equipment, carried out the calculation of technological processes of stowing operations.

УДК 622.277(574). ТУРСУНБАЕВА А.К. **Рудоподготовка месторождений благородных металлов для кучного выщелачивания.**

Самым энергоемким и дорогостоящим процессом подготовки руды является их разрушение: взрывание, дробление и измельчение. Представлена комплексная система по оптимизации процессов рудоподготовки и дезинтеграции упорных руд для эффективного извлечения целевого металла, полученная на основе установленных закономерностей формирования рудного шгабеля, с заданными технологическими и геометрическими параметрами, инструментами исследованиями устойчивости бортов, послонного формирования рудной массы различной крупности и орошения выщелачивающими растворами. Установлены закономерности по оптимизации процессов рудоподготовки и дезинтеграции упорных руд, полученные на основе анализа послонного формирования шгабеля рудной массой различной крупности, устойчивости бортов шгабеля и орошения растворами, позволяющие повысить эффективность кучного выщелачивания.

ӨЖ 622.277(574). ТҰРСЫНБАЕВА Ә.К. **Үймелік ерітінділеу үшін асыл металдар кен орындарының рудасын дайындау.**

Руданы дайындаудың ең энергия сыйымды және қымбат тұратын процесі оларды бұзу болып табылады: жару, ұсақтау және ұнтақтау. Руданы дайындау процестерін оңтайландыру және мақсатты металды тиімді алу үшін тірек руданы ұсақтай белсендіру бойынша кешенді жүйе берілген, ол руда қаттамасын қалыптастырудың белгіленген заңдылықтары негізінде берілген технологиялық және геометриялық параметрлерімен, беткейлердің орнықтылығын инструменттік зерттеулермен, ірілігі әр түрлі руда массасын қабатпен қалыптастыру және ерітінділеу ерітінділерімен сулау арқылы алынған. Руданы дайындау және тірек руданы ұсақтай белсендіру процестерін оңтайландыру бойынша заңдылықтар анықталған, олар үймелік ерітінділеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін, қаттаманы ірілігі әр түрлі руда массасын қабатпен қалыптастыруды, қаттама беткейлерінің орнықтылығын және ерітінділермен сулауды талдау негізінде алынған.

UDC 622.277(574). TURSUNBAYEVA A.K. **Ore-Preparing of Noble Metals Deposits for Heap Leaching.**

The most power intensive and expensive process of ore preparing is their breaking: blasting, crushing and grinding. There was presented a complex system for optimizing the processes of ore preparing and hard ores disintegration for efficient extracting the target metal obtained based on the established laws of forming ore staple with the preset technological and geometrical parameters, instrumental studies of the sides stability, forming ore mass of various lumpiness, irrigating with leaching solutions. There are established the laws of ore-preparing and hard ores disintegration processes optimization obtained based the analysis of layer forming of ore staple with various lumpiness and solutions irrigation, permitting to increase heap leaching efficiency.

УДК 622.271. ПАК Г.А., ДОЛГОНОСОВ В.Н., ПАНАСЕНКО Е.А., ДОЛГОНОСОВА Е.В. **«Саран» және «Соқыр» шахталарындағы метанның тазарту кеңістігінен мерзімдік лақтырыстар.**

ӨЖ 622.271. ПАК Г.А., ДОЛГОНОСОВ В.Н., ПАНАСЕНКО Е.А., ДОЛГОНОСОВА Е.В. **«Саран» және «Соқыр» шахталарындағы метанның тазарту кеңістігінен мерзімдік лақтырыстар.**

UDC 622.271. PAK G.A., DOLGONOSOV V.N., PANASENKO YE.A., DOLGONOSOVA YE.V. **Periodical Methane Outbursts from Stope at mines «Saranskaya» and «Sokurskaya».** There have been considered the steps of

Рассмотрены шаги обрушения основной кровли во взаимосвязи с процессами сдвижения горных пород и газовыделения из выработанного пространства. Установлено, что указанные явления носят периодический характер с общим, единым периодом, который определяется геомеханическими процессами – сдвижением подработанного массива и обрушением основной кровли. Выполнено сравнение прогнозных и фактических значений шагов обрушения и отмечена их высокая сходимость. Разработана методика прогноза, которая позволит обеспечить безопасность ведения горных работ за счет объективного прогноза газовыделения и знания времени и места опасных периодов, связанных с обрушением основной кровли. Проведенные исследования позволили выявить общие закономерности процесса сдвижения и газовыделения из очистного пространства.

УДК 622.411.332 (574.31). ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г. **Динамика изменения концентрации метана в куполах большого объёма.**

Для условий подземных горных выработок рассмотрено решение задачи изменения концентрации метана по высоте куполов большого объёма. Учитывая, что для условий Карагандинского бассейна интенсивность метановыделения с поверхности и обнажения угольного пласта изменяется во времени, динамика изменения концентрации газа по высоте купола описывается неоднородным уравнением конвективной диффузии с неоднородными граничными условиями. С введением новой переменной, решение задачи сведено к анализу уравнения конвективной диффузии в частных производных с однородными граничными условиями, что позволило, используя разложение в ряд Фурье по синусам, решить поставленную задачу. Получена аналитическая зависимость, позволяющая оценить распределение концентрации метана в куполах больших объёмов с различным сроком их существования. Допустимая точность расчётов ( $\pm 5\%$ ) обеспечивается при использовании десяти членов разложения. Анализ полученной зависимости показывает, что концентрация метана в куполах большой высоты нарастает неравномерно. На участках, прилегающих к контуру выработки, идёт плавное её увеличение, а в верхних точках купола концентрация метана резко увеличивается и может достигать максимальной величины.

УДК 331.45 (574). СИХИМБАЕВ М.Р., СТАРЫХ Н.С. **Преимущества от внедрения систем менеджмента охраны труда на предприятиях Республики Казахстан.**

Одним из главных приоритетов успешной работы казахстанского предприятия на рынке – создание системы менеджмента охраны труда. В противном случае велика вероятность несчастных случаев на производстве, вследствие которых работник теряет трудоспособность, а само предприятие терпит убытки. В этой связи большинство крупных мировых компаний уже сделали свой выбор в пользу улучшения условий охраны труда. Более того, из списка десятков основных показателей деятельности предприятия, охрана труда работников ставится на первое место, поскольку данный показатель связан со здоровьем и качественной работой персонала.

УДК 691.542 (574). БАЙДЖАНОВ Д.О., ТОКАНОВ Д.Т., СЕМЕНОВА У.И. **Применение механической активации в технологии цемента низкой водопотребности.**

Цемент низкой водопотребности и (далее ЦНВ) представляет собой новый класс высокоэффективных гидравлических

негизгі төбенің опырылу қадамдары тау жыныстарының жылжу және қазылынды кеңістіктен газ бөлінуі процесерімен өзара байланыста қарастырылған. Көрсетілген құбылыстардың жалпы, бірыңғай сипатта болатыны анықталған, ол геомеханикалық процесермен – қазымдалған массивтің жылжуымен және негизгі төбенің опырылуымен анықталады. Опырылу қадамдарының болжамдық және нақтылы мәндерін салыстыру орындалған және олардың жоғары үйлесімділігі аталған. Газ бөлінуін объективті болжау және негизгі төбенің опырылуымен байланысты қауіпті кезеңдердің уақыты мен орнын білу есебінен тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіптілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін болжау әдісі емесі әзірленген. Жүргізілген зерттеулер жылжу және тазарту кеңістігінен газ бөліну процесінің жалпы заңдылықтарын айқындауға мүмкіндік берді.

ӘОЖ 622.411.332 (574.31). ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г. **Көлемі үлкен күмбездерде метан шоғырлануының өзгеру динамикасы.**

Жер асты тау қазбаларының жағдайлары үшін үлкен көлемді күмбездер биіктігі бойынша метан шоғырлануының өзгеру есебін шешу қарастырылған. Қарағанды бассейнінің жағдайлары үшін көмір қатының жалаңаштануы бетінен метан бөліну қарқындылығының уақытта өзгеретінін есепке алып, газдың күмбез биіктігі бойынша шоғырлануының өзгеру динамикасы шекаралық жағдайлары біртегіс конвективті диффузияның біртегіс теңдеуімен сипатталады. Жаңа айнымалының енгізілуімен, есепті шешу біртегіс шекаралық шарттары бар екеуінше талдау келтірілді, бұл синустар бойынша Фурье қатарына ыдыратып, қойылған міндетті шешуге мүмкіндік берді. Метанның қолданылу мерзімі әртүрлі үлкен көлемді күмбездерде шоғырлануын үлестіруді бағалауға мүмкіндік беретін аналитикалық тәуелділік алынған. Есептеулердің мүмкін дәлдігі ( $\pm 5\%$ ) оны ыдырау мүшесін пайдаланғанда қамтамасыз етіледі. Алынған тәуелділікті талдау метанның биіктігі үлкен күмбездерде шоғырлануының бірқалыпсыз өсетінін көрсетеді. Қазба контурына тиесілі учаскелерде ол бірқалыпты ұлғаяды, ал күмбездің жоғарғы нүктелерінде метанның шоғырлануы күрт ұлғаяды және барынша үлкен шамаға жетуі мүмкін.

ӘОЖ 331.45 (574). СИҚЫМБАЕВ М.Р., СТАРЫХ Н.С. **Қазақстан Республикасы кәсіпорындарындағы еңбек қорғау менеджменті жүйелерінің артықшылықтары.**

Қазақстандық кәсіпорының рынокта сәтті жұмыс істеуінің басты артықшылығының бірі – еңбек қорғау менеджменті жүйесін құру. Ондай болмаған жағдайда өндірісті егі жазым жағдайлардың ықтималдығы үлкен, ал кәсіпорының өзі шығындарға ұшырауда. Осыған байланысты көптеген ірі әлемдік компаниялар еңбек қорғау жағдайларын жақсарту пайдасына өзінің таңдауын жасады. Сонымен қоса, ондаған кәсіпорын қызметінің негізгі көрсеткіштерінің тізімінен жұмыскерлердің еңбегін қорғау бірінші орынға қойылады, себебі берілген көрсеткіш персоналдың денсаулығымен және сапалы жұмысымен байланысты.

ӘОЖ 691.542 (574). БАЙЖАНОВ Ж.О., ТОКАНОВ Д.Т., СЕМЕНОВА У.И. **Суды аз қажет ететін цемент технологиясында механикалық активацияны қолдану.**

Суды аз қажет ететін цемент (САҚЦ) дәстүрлі портландцементпен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар, жоғары тиімді гидра-

breaking the main roof in interconnection with the processes of mining rocks shearing and gas emission from the worked out space. It was established that the mentioned phenomena have a periodical character with the common, united period that is defined by geomechanical processes, i.e. worked out space shearing and the main roof breaking. There was carried out a comparison of the predicted and real steps of breaking and noted their high compliance. There is developed a predicting methodology that will permit to ensure mining operations safety due to the objective predicting of gas emission and knowing the time and place of dangerous periods connected with the main roof breaking. The studies carried out permitted to reveal the general laws of the shearing process and gas emission from the stope.

UDC 622.411.332 (574.31). LEVITSKY ZH.G. **Dynamics of Changing Methane Concentration in Large Volume Vaults.**

For the conditions of underground mining workings there has been considered the solution of the problem to change methane concentration by the height of large volume vaults. Taking into account that for the conditions of the Karaganda coal basin methane emission intensity from the coal outcrop surface changes in time, the dynamics of the gas concentration changing by the height of the vault is described with an irregular equation of the convective diffusion with irregular boundary conditions. Introducing a new variable reduced the problem solving to the analyzing of convective diffusion in private derivatives with regular boundary conditions permitted, using Fourier numbering by sines, to solve the problem posed. There has been an analytical dependence permitting to evaluate methane concentration distribution in large volume vaults with different terms of their life. The admissible accuracy of calculations ( $\pm 5\%$ ) is provided with using ten members of decomposition. The dependence obtained analysis shows that methane concentration in large volume vaults is growing unevenly. At the section neighboring the working contour there is its even growing, and in the top points of the vault methane concentration increases sharply and can achieve the maximum value.

UDC 331.45 (574). SIKHIMBAYEV M.R., STARYKH N.S. **Advantages of Introducing Health Safety Management Systems at Enterprises of Republic of Kazakhstan.**

One of the main priorities of the successful work of a Kazakhstan enterprise at the market is forming health safety management system. Otherwise there is a great possibility of accidents in the production due to which a worker loses his workability and the enterprise suffers losses. In this connection a lot of large world companies have already selected labor conditions improving. Besides, among the list of the main indicators of the enterprise activities the workers' health safety is in the first place as this indicator is connected with the health and the personnel quality work.

UDC 691.542 (574). BAIDZHANOV D.O., TOKANOV D.T., SEMYONOVA U.I. **Using Mechanic Activation in Cement of Low Water Use.**

Low water use cement (LWUC) is a new class of highly efficient binding agents having a number of advantages as compared to the traditional

вяжущих веществ, имеющих ряд преимуществ по сравнению с традиционным портландцементом. В основе процесса получения ВНВ лежит механохимическая активация сырьевой композиции при оптимальном соотношении компонентов. Создание новых видов вяжущих обеспечивает снижение расхода клинкерной части цемента по сравнению с современным уровнем на 40-50 %, приближает производство вяжущего к объектам строительства и, как следствие, снижает транспортные расходы до 70 %. На основе этих вяжущих создаются строительные материалы низкой энергоёмкости. В статье приводятся результаты оценки качества цемента низкой водопотребности. Показано, что чисто клинкерный цемент низкой водопотребности класса 62,5 не изменил прочностные показатели как в 1- и 3-суточном возрасте, так и 28-суточном возрасте. Рассмотрено влияние различных модификаторов на свойства цемента. Предложены технологические мероприятия, обеспечивающие стабильные свойства цемента с низкой водопотребностью.

УДК 69.059. АБИЛЬДИН С.К., МОСКАЛЕНКО Н.А. **Исследование причин обрушения покрытия завода ЖБИ.**

Проведено экспертное обследование формовочного цеха главного корпуса ЖБИ в результате аварийного обрушения плит покрытия на участке в осях «1-2» пролета «Г-Д». Экспертное обследование включало в себя следующие этапы: подготовительные, общее и детальное обследование объекта; поверочные расчеты несущей способности стальной подстропильной фермы, с учетом фактических нагрузок и физико-механических свойств материала; составление технического заключения. В результате экспертного обследования аварийного участка установлено, что обрушились две плиты покрытия КЖС и стальная подстропильная ферма. Осмотр показал, что плиты покрытия КЖС имеют повреждения, вызванные только падением, поэтому все внимание было сосредоточено на разрушенной подстропильной ферме. Результаты детального инструментального осмотра фермы показали, что разрушение началось с разрыва нижнего пояса в месте стыковки листов усиления, в которых также выявлены нарушения технологии проведения сварочных работ – непровары, недостаточная глубина проплавления по периметру, неравномерность катетов сварного шва (недопустимые занижения и завышения), недопустимые зазоры при сборке, наличие не удаленных наплывов и подрезов. Данные характерные дефекты выявлены и в остальных подстропильных фермах. Нами был разработан проект усиления целевых подстропильных ферм путем наращивания сечения и локальным усилением ослабленных сечений.

УДК 624.131.524.2. МУЗДЫБАЕВА Т.К., ТУЛЕБЕКОВА А.С. **Определение несущей способности основания из армированного песка численным методом.**

Исследование напряженно-деформированного состояния основания в последнее время все чаще выполняется с использованием численных методов, в частности методом конечных элементов (МКЭ). МКЭ является основой многих программ, которые применяются при расчете напряженно-деформированного состояния. В статье рассматривается армированный песок как основание. На практике для армирования грунта используют геосинтетические материалы. Для армирования была

включены тугыр заттардың жаңа класын білдіреді. САҚЦ алу процесінде құрамдас бөліктердің ара қатысы оңтайлы болғанда шикізат композициясының механика-химиялық активациясы жатыр. Тугыр заттардың жаңа түрлерін жасау қазіргі деңгеймен салыстырғанда цементтің клинкерлік бөлігінің жұмсалыуының 40-50 %-ға азаюын қамтамасыз етеді, тугыр заттардың өндірісін құрылыс объектілеріне жақындатады және осының салдарынан, көлік шығындарын 70 %-ға дейін азайтады. Осы тугыр заттардың негізінде энергия сыйымдылығы төмен құрылыс материалдары жасалады. Мақалада суды аз қажет ететін цементтің сапасын бағалау нәтижелері келтіріледі. 62,5 класты суды аз қажет ететін таза клинкерлік цементтің 1 және 3 тәулік жасында да, 28 тәулік жасында да беріктік көрсеткіштерін өзгертпегені көрсетілген. Әр түрлі өзгертілген ердің цементтің қасиеттеріне әсері қарастырылған. Суды аз қажет ететін цементтің тұрақты қасиеттерін қамтамасыз ететін технологиялық шаралар ұсынылған.

ӘОЖ 69.059. ӘБІЛДИН С.К., МОСКАЛЕНКО Н.А. **ТББ зауыты жабынының опырылу себептерін зерттеу.**

«Г-Д» аралығының «1-2» осьтеріндегі учаскеде жабын тақталарының апаттық опырылуы нәтижесінде ТББ бас корпусының қалыптау цехын сараптық зерттеу жүргізілді. Сараптық тексеру келесі кезеңдерден тұрды: нысанды дайындап, жалпы және толық тексеру; нақтылы жұт емелерді және материалдың физика-механикалық қасиеттерін есепке алып, болат итарқа асты фермасының көтергіш қабілетін тексеріп есептеу; техникалық қорытындыны құрастыру. Апаттық учаскені сараптық тексеру нәтижесінде КЖС жабынының екі тақтасының және болат итарқа асты фермасының опырылғаны анықталды. Тексеру көрсеткендей, КЖС жабыны тақтасының тек құлаумен ғана тудырылған бұзылуы бар екенін көрсетті, сондықтан барлық назар бұзылған итарқа асты фермаға аударылған. Ферманы толық аспаптық тексеру нәтижелері бұзылудың күшею қаңылтырлары түйіскен жерде үзілуден басталғанын көрсетті, сондай-ақ оларда дәнекерлеу жұмыстарын жүргізу технологиясының бұзылуы – шала пісірілімдер, периметрі бойынша балқытылу тереңдігінің жеткіліксіздігі, пісіру жігі катеттерінің бірқалыпсыздығы, құрастыру кезінде жол берілмейтін саңылаулар, жойылмаған шорлардың және кесіктердің бар болуы айқындалған. Қалған итарқа асты фермаларында да берілген ақаулар айқындалған. Біз қиманы өсіру жолымен және нашар қималарды жергілікті күшейтумен бұзылмай қалған итарқа асты фермаларын күшейту жұбасын әзірледік.

ӘОЖ 624.131.524.2. МУЗДЫБАЕВА Т.К., ТӨЛЕБЕКОВА А.С. **Бекемдетілген құмнан жалған негіздің көтергіш қабілетін сандық әдіспен анықтау.**

Соңғы уақытта негіздің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу көбінесе сандық әдістерді пайдалану арқылы, атап айтқанда шеткі элементтер әдісімен (ШЭӘ) орындалады. ШЭӘ кернеулі-деформацияланған күйді есептегенде қолданылатын көптеген программалардың негізі болып табылады. Мақалада негіз ретінде бекемдетілген құм қарастырылады. Практикада грунтты бекемдету үшін геосинтетикалық материалдарды пайдаланады. Бекемдету үшін қола арматура пайдаланылған болатын. Онда электр тензодатчиктердің көмегімен созушы күштерді

Portland cement. In the basis of the process of obtaining LWUC there is a mechanical-and-chemical activation of the raw composition with an optimal components ratio. Forming new kinds of binding agents provides the cement clinker part consumption decrease as compared to the modern level, by 40-50 %, make close binding agents production to the construction objects and decreases transport expenses by 70 %. Based on these binding agents there are made building materials of low power consumption. There are presented the results of evaluating low water use cement quality. Purely clinker cement of low water use of 62,5 class doesn't change its properties both in 1-day and 3-day age, as well as in 28-day age. There has been considered the effect of different modifiers on cement properties. There are suggested technological measures providing stable properties of cements with low water use.

UDC 69.059. A BILDIN S.K., MOSKALENKO N.A. **Studying Causes of Breaking RCP Works Roof.**

There has been carried out the examining of the molding shop of RCP works main building as a result of the accidental breaking of the roof plates at the section on the axes «1-2» of the flight «Г-Д». The expert examining included the following stages: preparatory, general and detained examining of the object; verifying calculation of the steel beam bearing capacity taking into account real physical loads and physical-and-mechanical properties of the material; making a technical opinion letter. As a result of the expert examining there was established that there had been broken two plates of the roof and a steel beam. The examination showed that the plates had damages caused by only falling. That's why the attention was paid to the steel beam. The damage began with breaking the bottom belt in the place of joining the strengthening sheets where there were revealed breaking the regulations of welding operations. The characteristic defects were revealed in other beams. We developed a project for strengthening the survivor beams by the way of the section enlargement and local strengthening the weakened sections.

UDC 624.131.524.2. MUZDYBAYEVA T.K., TULEBEKOVA A.S. **Defining Bearing Capacity of Base Made of Reinforced Sand by Numerical Method.**

Studying stressed-and-strained state of a base is now often performed using numerical methods, particularly, by the method of finite elements (MFE). This method is the base for a lot of programs that are used in calculating stressed-and-strained state. Here there is considered reinforced sand as a base. In practice to reinforcing ground there are used geo-synthetic materials. To reinforce there has been used bronze reinforcement. On it it's convenient to measure tensile forces with the help of electric tensor sensors and to understand the working mechanism of the

использована бронзовая арматура. На ней удобно измерять растягивающие усилия с помощью электрических тензодатчиков и понять механизм работы армированного грунта. Модель учитывает присущие анизотропии упругие и неупругие механические свойства работы, связанные с деформацией в полосе сдвига.

УДК 336.717.061(574.3). АХМЕТЖАНОВ Б.А., ЖУМАБАЕВА К.М. **Анализ рынка кредитных услуг и особенности обслуживания платежных карточек Республики Казахстан.**

Данная статья дает подробный анализ рынка кредитных услуг в Казахстане за последние пять лет. В динамике заметны изменения кредитов БВУ (банк второго уровня) по видам валют, по срокам предоставления займов, по качеству кредитного портфеля БВУ. Показано, как банки связаны с функционированием народного хозяйства, какие виды финансово-кредитных организаций на территории РК осуществляют выдачу кредитов. Работа выявляет, на примере АО «АТФБанк», положительную динамику роста эмиссии платежных карточек, объема безналичных платежей, роста среднемесячных остатков. Раскрывает причину недостаточного уровня пользования платежными картами и позицию Национального Банка Казахстана к данной проблеме.

УДК 336.532(574.31). БОРИСЕНКО А.В., ВИНС Е.С., ИБРАЕВ М.К., ТАЖИБЕКОВА К.Б. **Оценка эффективности инвестиционного проекта по внедрению активационной технологии газоочистки «А Bsalut Ecology».**

Даны оценка влияния активационной технологии «А Bsalut Ecology» на природоохранные мероприятия, экономической эффективности и государственной капитальных вложений; методика оценки эффективности инвестиционного проекта. Оценен экономический эффект от резкого снижения выбросов в атмосферу парниковых газов и пылевых загрязнений. Определен социально-экономический эффект: возврат в энергетический цикл значительной части сожженного углерода. Дан анализ основных показателей экономической оценки эффективности и инвестиционного проекта. Определен общий экономический эффект инвестиционного проекта.

УДК 666.972.16. РАХИМОВ М.А., СЕРОВА Р.Ф., РАХИМОВА Г.М., АКАНОВ Ч.Т. **Влияние органических добавок на свойства бетонных смесей.**

В статье представлены результаты исследований влияния дозировок модификатора марки ОМД-МС на изменение нормальной плотности цементного теста. Приведено сравнение модификатора марки ОМД-МС с достаточным изученным суперпластификатором С-3 и известной гидрофобно-пластифицирующей добавкой (ГПД). Приведены результаты опытов по определению влияния модификаторов ОМД-МС, ГПД и С-3 на подвижность бетонных смесей совместно с ускорителем твердения тиосульфатом натрия. Проанализированы результаты исследований качества бетонной смеси по удобоукладываемости. Проведен комплексный анализ влияния расхода воды на водопотребность, водоотделение и расслаиваемость, определяющих их удобоукладываемость. Наиболее существенной особенностью цементных материалов является способность их разжижаться под влиянием механических воздействий в присутствии добавок

өлшеу және бекемдетілген грунт жұмысының механизмін түсінуді ыңғайлы. Модель өзіне тән анизотропияларды, жылжу жолағындағы деформациямен байланысты жұмыстың серпінді және серпінсіз механикалық қасиеттерін есепке алады.

ӘОЖ 336.717.061(574.3). АХМЕТЖАНОВ Б.А., ЖҰМАБАЕВА К.М. **Қазақстан Республикасының несиелік қызметтері рыногының талдау және төлем картшаларына қызмет көрсету ерекшеліктері.**

Берілген мақала Қазақстандағы несиелік қызметтері рыногының соңғы бес жылда нақты талдануын береді. Динамикада ЕДБ (екінші деңгейлі банк) несиелерінің валюталар түрлері бойынша, қарыздар беру мерзімдері бойынша, ЕДБ несиелерінің сапасы бойынша елеулі өзгерістер бар. Банктердің халық шаруашылығының жұмыс істеуімен қалай байланысқаны, ҚР аумағында қаржы-несиелі ұйымдарының қандай түрлерінің несиелер беруді жүзеге асыратыны көрсетілген. Жұмыс «АТФБанк» АҚ мысалында төлем картшаларының эмиссиясы өсуінің оң динамикасын, қолма-қол ақшасыз төлемдер көлемін, орташа айлық қалдықтардың өсуін айқындайды. Төлем картшаларын пайдаланудың жеткіліксіз деңгейінің себебін, Қазақстанның Ұлттық Банкінің берілген проблемаға ұстанымын ашады.

ӘОЖ 336.532(574.31). БОРИСЕНКО А.В., ВИНС Е.С., ИБРАЕВ М.К., ТӘЖИБЕКОВА К.Б. **«А Bsalut Ecology» газдан тазартатын активациялық технологиясын ендіру бойынша инвестициялық жобаның тиімділігін бағалау.**

«А Bsalut Ecology» активациялық технологиясының табиғатты қорғау шараларына әсерін; мемлекеттік күрделі салымдардың экономикалық тиімділігін бағалау; инвестициялық жобаның тиімділігін бағалау әдістемесі берілген. Атмосфераға қиындау газдары лақтырыстарының және шаңмен ластанудың күрт азаюынан экономикалық эффект бағаланған. Әлеуметтік-экономикалық эффект: күйдірілген көміртің елеулі бөлігін энергетикалық циклге қайтару анықталған. Инвестициялық жобаның тиімділігін экономикалық бағалаудың негізгі көрсеткіштерін талдау берілген. Инвестициялық жобаның жалпы экономикалық эффекті анықталған.

ӘОЖ 666.972.16. РАҚЫМОВ М.А., СЕРОВА Р.Ф., РАҚЫМОВА Г.М., АКАНОВ Ч.Т. **Органический минеральный добавок бетонных смесей.**

Мақалада ОМД-МС маркалы модификатор мөлшерлемелерінің цемент қамырының қалыптасуының өзгеруіне әсерін зерттеу нәтижелері берілген. ОМД-МС маркалы модификаторды айтарлықтай зерделенген С-3 суперпластификаторымен және гидрофобты пластификациялаушы әк тас қоспасымен (ГПҚ) салыстыру келтірілген. ОМД-МС, ГПД және С-3 модификаторларының натрий тиосульфатының қатаюым үдеткіші бар бетон қоспаларының жылжымалылығына әсерін анықтау бойынша тәжірибелердің нәтижелері келтірілген. Бетон қоспасының ыңғайлы төселу бойынша сапасын зерттеу нәтижелері талданған. Су шығынының олардың ыңғайлы төселуін анықтайтын суды қажет етушілікке, су бөлінуіне және қабатталушылыққа әсерін кешенді талдау жүргізілген. Цемент материалдарының аса маңызды ерекшелігі олардың пластификатор-қоспалар болғанда механикалық әсер етуімен сұйықтандырылу қабілеті болып табылады.

reinforced ground. The model takes into consideration elastic and inelastic mechanical properties of the work connected with the strain in the shift strip.

UDC 336.717.061(574.3). AKHMETZHANOV B.A., ZHUMANAYEVA K.M. **Analysis of Credit Services Market and Peculiarities of Servicing RK Credit Cards.**

There is given a detailed analysis of credit services market in Kazakhstan within the period of the last 5 years. In the dynamics there can be seen the BSL credits changing by the kinds of currency, by the terms of presenting loans, by the BSL credit portfolio quality. There is shown how the banks are connected with the national economy functioning, what kinds of financial-and-credit organizations on the RK territory carry out loaning. On the example of JSC "ATFBank" there is revealed a positive dynamics of credit cards emission growth, payments on a clearing basis amount, growing mean month remainders; revealed the reason of insufficient level of using discount cards; shown the position of the RK National Bank relating to this problem

UDC 336.532(574.31). BORISENKO A.V., VINS YE.S., IBRAYEV M.K., TAZHIBEKOVA K.B. **Evaluation of Investment Project Efficiency for Introduction of Activation Technology of Gas Purification «A Bsalut Ecology».**

There is evaluated the effect of the activation technology «A Bsalut Ecology» on the nature-protection measures; the efficiency of the state capital investments; a methodology of evaluating the efficiency of the investment project. There is evaluated from the sharp decreasing greenhouse gases outbursts into the atmosphere and dust pollution. There is defined a social-and-economic efficiency: returning into the power cycle of the significant part of carbon burnt. There is given the analysis of the basic indicators of the investment project efficiency; defined the total efficiency of the investment project.

UDC 666.972.16. RAKHIMOV M.A., SEROVA R.F., RAKHIMOVA G.M., AKANOV CH.T. **Organic Mineral Additives Effect on Concrete Mix Properties.**

There are presented the results of studying the effect of modifier OMD-MS dosage on the changing of the cement grout density. There is presented a comparison of OMD-MS modifier with a sufficiently studied super-plasticizer S-3 and a known water repellent agent (WRA). There are presented the results of the experiments to determine the effect of OMD-MS, WRF and S-3 modifiers effect on concrete mixes fluidity alongside with solidifying acceleratorsodium thiosulfat. There have been analyzed the results of studying the concrete mix quality by its workability. There has been carried out a complex analysis of water consumption effect on water use, water removal and foliation that determine their workability. The most significant characteristic of cement materials is their ability to dilute under mechanical action of plasticizing additives.

пластификаторов.

UDC 004.42:378.14(574)=512.122. ФЕШИН Б.Н., ШАЛДЫШЕВ Д.В., БУЛАТБАЕВА Ю.Ф., БАЙМУХАМЕТОВ К.М., МУРДАЛОВА Е.О.

**Перспективные формы дистанционного обучения в рамках международной программы Sinergy.**

Описывается состояние международной программы «Sinergy». Приводится список апробированных лабораторных работ. Разработаны предложения по технологии работы на стенде «Процессорная станция FESTO» в рамках многосвязной системы автоматического регулирования. Предложения по станциям-стендам сортировки, переноса и сбора предполагают изменение штатного состава комплекта штучных изделий и алгоритмов их обработки. По стенду «Портальный робот» необходимо иметь доступ к программированию контроллера SIMATIC S7-300. Предлагаются перспективные направления совершенствования процессов обучения будущих специалистов по автоматизации и управлению, а также магистрантов, докторантов и курсантов аналогичного профиля на стендах фирмы FESTO.

UDC 621.313.2:621.314.58. ЭМ Г.А. **Анализ существующих методов теоретического исследования тиристорного электропривода постоянного тока.**

Тиристорный электропривод постоянного тока (ТЭП ПТ) получил широкое распространение в промышленности. На протяжении всего развития автоматизированного электропривода ведутся интенсивные поиски эффективных методов теоретического исследования статических и динамических свойств ТЭП ПТ. Дается анализ существующих методов теоретического исследования полупроводникового (тиристорного) электропривода постоянного тока. Рассмотрены основные направления исследований в области ТЭП ПТ. Причем теория переходных процессов и динамики управляемых вентильных систем до сих пор является наименее исследованной областью автоматизированного электропривода. Выполнен краткий анализ методов имитационного моделирования для исследования статических и динамических свойств ТЭП ПТ. Определены основные условия, необходимые для выбора значения максимального шага интегрирования при проведении имитационных экспериментов с силовыми полупроводниковыми элементами.

UDC 622.0025:621.314.632. ФЕШИН Б.Н., СУЛЕЙМЕНОВ К.М., СУЛЕЙМЕНОВ Н.С. **Оптимизация выбора оборудования АСУ ТП по комплексу технико-экономических критериев (Часть I).**

С целью разработки методики выбора оборудования АСУ ТП формализован объект — иерархическая АСУ ТП. Определен минимальный набор технических средств современных систем автоматического контроля, регулирования и управления (САК, САР, САУ). Классифицированы типы САК. Определен список критериев и ограничений для выбора оборудования. Проведен анализ объектов контроля и управления (ОКУ) с позиции оценки их динамических свойств, при действии внешних возмущений с нормальными законами распределения. Предложен алгоритм оценки параметров САК — интервала дискретности и измеряемых координат ОКУ.

UDC 622.232.8.72. ЕРМЕКОВ Т.Е., ТАЗАБЕКОВ И.И., АРПАБЕКОВ М.И. **Выбор**

ӘОЖ 004.42:378.14(574)=512.122. ФЕШИН Б.Н., ШАЛДЫШЕВ Д.В., БОЛАТБАЕВА Ю.Ф., БАЙМУХАМЕТОВ К.М., МУРДАЛОВА Е.О.

**Sinergy халықаралық программасы шеңберінде қашықтан оқытудың перспективалы түрлері.**

«Sinergy» халықаралық программасының күйі сипатталады. Мақұлдандыған зертханалық жұмыстар тізімі келтіріледі. Автоматтық реттеудің көп байланысты жүйесі шеңберінде «FESTO процессорлық станциясы» стендіндегі жұмыс технологиясы бойынша ұсыныстар әзірленген. Сұрыптау, тасымалдау және жинау станция-стендтері бойынша ұсыныстар даналап есептелетін бұйымдар жинағының штаттық құрамын және оларды өңдеу алгоритмдерін өзгертуді болжайды. «Порталдық робот» стенді бойынша SIMATIC S7-300 контроллерін программалауға қатынас болуы қажет. Автоматтандыру және басқару бойынша болашақ мамандарды, осыған ұқсас бейінді магистранттарды, докторанттарды және курсанттарды FESTO фирмасының стендтерінде оқыту процесерін жетілдірудің перспективалы бағыттары ұсынылады.

ӘОЖ 621.313.2:621.314.58. ЭМ Г.А. **Тұрақты тоқты тиристорлық электр жетегін теориялық зерттеудің қолданылып жүрген әдістерін талдау.**

Тұрақты тоқты тиристорлық электр жетегі (ТТ ТЭЖ) өнеркәсіпте кеңінен таралған. Автоматтандырылған электр жетегі дамуының бүкіл кезеңінде ТТ ТЭЖ статикалық және динамикалық қасиеттерін теориялық зерттеудің тиімді әдістерін қарқынды іздеу жүргізіледі. Мақалада тұрақты тоқты жартылай өткізгіш (тиристорлық) электр жетегін теориялық зерттеудің қолданылып жүрген әдістерін талдау жүргізілген. ТТ ТЭЖ саласындағы зерттеулердің негізгі бағыттары қарастырылған. Сонымен бірге басқарылатын вентиль жүйелерінің ауыспалы процесстерінің және динамикасының теориясы қазірге дейін автоматтандырылған электр жетегінің ең аз зерттелген саласы болып табылады. ТТ ТЭЖ статикалық және динамикалық қасиеттерін зерттеу үшін имитациялық модельдеу әдістерін қысқаша талдау орындалған. Күштік жартылай өткізгіш элементтермен имитациялық эксперименттер жүргізгенде шоғырландырудың барынша үлкен қадамының мәндерін таңдау үшін қажетті негізгі күштер анықталған.

ӘОЖ 622.0025:621.314.632. ФЕШИН Б.Н., СУЛЕЙМЕНОВ К.М., СУЛЕЙМЕНОВ Н.С. **Техника-экономикалық критерийлер кешені бойынша ТП АБЖ жабдықтарын таңдауды оңтайландыру (I-бөлім).**

ТП АБЖ жабдықтарын таңдау әдістемесін әзірлеу мақсатында нысан — иерархиялық ТП АБЖ құрылған. Қазіргі заманғы автоматтық бақылау, реттеу және басқару (АБЖ, АРЖ, АБЖ) жүйелерінің техникалық құралдарының ең аз жинағы анықталған. АБЖ типтері жіктелген. Жабдықтарды таңдау үшін критерийлер мен шектеулер тізімі анықталған. Сыртқы қоздырулар қалыпты үлестіру заңдарымен әрекет еткенде олардың динамикалық қасиеттерін бағалау ұстанымынан бақылау және басқару нысандарын (БН) талдау жүргізілген. АБЖ параметрлерін — БН өлшеметін координаталарының дискреттілігі интервалын бағалау алгоритмі ұсынылған.

ӘОЖ 622.232.8.72. ЕРМЕКОВ Т.Е., ТАЗАБЕКОВ И.И., АРПАБЕКОВ М.И. **Көмірді тау-кен**

UDC 004.42:378.14(574)=512.122. FESHIN B.N., SHALDYSHEV D.V., BULATBAYEVA YU.F., BAIMUKHAMEV K.M., MURDALOVA E.O.

**Prospective Forms of Distance Learning in the Frames of International Program "Synergy".**

There is described the state of the international program "Synergy". There is presented a list of approved laboratory works; developed suggestions for working technology at the stand "FESTO processor station" in the frames of multi-tie system of automatic control. The offers for the stations-stands of sorting, transferring and collecting suggest the staff structure of the products complete changing and their processing algorithms either. At the stand "Portal robot" there will be necessary to have an access to programming the controller SIMATIC S7-300. There are suggested prospective trends of improving the processes of training future specialists in automation and control, as well as masters, doctorates and students of the similar profile at the stands of FESTO company.

UDC 621.313.2:621.314.58. EM G.A. **Analysis of Existing Methods of DC Electric Drive Theoretical Study.**

DC thyristor electric drive (DC TED) is widely used in industry. Within the whole period of developing an automated drive there have been searched efficient methods of theoretical studying static and dynamic properties of DC TED. Here there has been carried out an analysis the existing methods of theoretical studying semiconductor (thyristor) electric drive, considered the basic trends of studies in the field of DC TED. Transition processes and controlled valve systems dynamics theory is till the least studied field of automated electric drive. There has been made a short analysis of imitation modeling methods for studying static and dynamic properties of DC TED. There have been defined the basic conditions necessary for selecting the maximum step if integration when carrying out imitation experiments with the power semiconductor elements/semiconductor elements/.

UDC 622.0025:621.314.632. FESHIN B.N., SULEIMENOV K.M., SULEIMENOV N.S. **Optimizing ASC TP Equipment Selection by Technical-and-Economic Criteria Complex (Part I).**

With the aim to develop a methodology of selecting ASC TP equipment there has been formalized an object, i.e. hierarchic ASC TP. There has been defined a minimum complete of automatic control technical means for regulating and controlling (CAM, CAD, CAU). There has been defined the list of the objects for controlling and managing from the position of their dynamic properties evaluation, under the action of external disturbance with normal laws of distribution. There has been suggested an algorithm of CFV parameters evaluation as an interval of discreteness of the CFV coordinates measured.

UDC 622.232.8.72. YERMEKOV T.E., TAZABEKOV I.I., ARPABEKOV M.O. **Selecting**



**моделирующего алгоритма процессов фронтально-фланговой выемки угля горными автоматическими манипуляторами.**

Рассматривается способ обработки забоя выемочным манипулятором с учетом обоснования параметров при совмещении нескольких движений в автоматизированном режиме в очистном забое с разрушаемым массивом добычи угля. Предложенный способ и устройство закладки позволяет обеспечить повышение эффективности, безотходную технологию, а также безопасность ведения горных работ, так как в этом случае при селективной выемке с легкообрушающейся кровлей не требуется затраты по выдаче на поверхность шахты. В данной работе изложены новые принципы построения манипуляторов для горной и строительной промышленности на базе существующих очистных механизированных комплексов с адаптивно-программным управлением, с учетом условий сложности горно-геологических условий и чрезвычайных ситуации при проведении строительных и горных работ.

**автоматты бақылаушылармен маңдай алды-қапталдық алу процестерінің модельдеуші алгоритмін таңдау.**

Көмір өндірудің бұзылатын массиві бар тазарту забойында автоматтандырылған режимде бірнеше қозғалысты бірлестіргенде параметрлердің негізделуін есепке алып, забойды алу бақылаушыларымен өңдеу тәсілі қарастырылады. Ұсынылған тәсіл және толтыру құрылғысы тиімділікті, қалдықсыз технологияны, сондай-ақ тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігін жоғарылатуды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, себебі бұл жағдайда төбесі оңай құлайтын сұрыптап алу кезінде шахтаның бетіне беру бойынша шығындар талап етілмейді. Берілген жұмыста кен-геологиялық жағдайлардың, құрылыс және тау-кен жұмыстарының төтенше жағдайларының күрделілігі шарттары есепке алынып, бейімді-программалық басқарылатын қолданылып жүрген механикаландырылған тазарту кешендері базасында тау-кен және құрылыс өнеркәсібі үшін бақылаушыларды құрудың жаңа принциптері баяндалған.

**Modeling Algorithm of Coal Front-and-Flank Mining with Automatic Manipulators.**

There is considered a method of treating a face with mining manipulator taking into account substantiating parameters when combining several movements in automated mode in the face with a breakable mass of coal mining. The method suggested and the unit for filling permit to provide the efficiency increase, waste-free technology and safety of mining operations, as in such a case in selective mining with easily-breakable roof there are no need of costs for drawing. In the work there are presented the principles of building manipulators for mining and building industry based on the existing stoping powered complexes with adaptive-program control, taking into consideration the complexity of mining-geological conditions and extraordinary situations of building and mining operations.

## *Правила оформления и представления статей*

Научная 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.

Статья представляется в редакционно-издательский отдел в двух экземплярах. Прилагается электронная версия статьи на CD-диске, направление организации. Приводится аннотация на русском языке, указывается индекс УДК. Обязательно наличие краткого реферата, состоящего не менее чем из **7 предложений** на русском и английском языках, а также ключевых слов (не более 10). Объем статьи не должен превышать 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через **1,5 интервала** (между строками 6 мм) на одной стороне листа форматом 210x297 мм; страницы нумеруются. Текст необходимо набирать в редакторе Word 2000 либо Word 2003 (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 2000, Word 2003, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP.

Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегель) 14. Если рисунок отсканирован, вся текстовая часть рисунка должна быть набрана на компьютере и доступна для редактирования, написанные от руки обозначения в рисунках не допустимы.

Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегель) 14.

Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType, шрифт (кегель)10, формат объекта 100%. Сканированные формулы не допускаются.

В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей, не более 7) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты. Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов.

Публикация неверно оформленных статей задерживается.

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ      ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА  
2011. №2. 109 с.

№ 1351-ж тіркеу куәлігін 2000 жылдың 4 шілдесінде Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігі берген

Регистрационное свидетельство № 1351-ж от 04.07.2000 года выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

**Әдеби редакторлар — Литературные редакторы**

Р.С. Искакова, Б.А. Асылбекова, К.К. Сагадиева

**Аудармашылар — Переводчики**

А.С. Қордабаева, Н.М. Драк

**Компьютерлік ажарлау және беттеу — Компьютерный дизайн и верстка**

М.М. Утебаев, У.Е. Алтайбаева

Басуға қол қойылды	30.06.2011	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	13,7	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	198	Заказ
Индексі	74379	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

E-mail редакции: rio\_kstu@mail.ru

Отпечатано в типографии Карагандинского государственного технического университета  
100027, г. Караганда, б. Мира, 56.