

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

✻ 1 (42)  
2011

---

2000 жылдан бастап шығарылады  
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года  
Периодичность 4 раза в год

---

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

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

**МЕНШІК ИЕСІ**

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

**СОБСТВЕННИК**

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

Главный редактор

**А.М. Газалиев**

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

## Редакционный совет

Газалиев А.М.

*ректор, академик НАН РК, д-р хим. наук, проф. (председатель)*

**Акимбеков А.К.**

*профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, д-р техн. наук*

**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.*

**Ермолов 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.*

**Тутанов 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)*

**Швоев В.Ф.**

*директор Департамента по развитию Болонского процесса, канд. техн. наук, доц.*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ</b> .....	5
ПАК Ю.Н., ПАК Д.Ю. Болонский процесс и концептуальные аспекты обеспечения качества высшего образования.....	5
МАНЖУРИН И.П., СИДОРИНА Е.А., ЛУКЬЯНОВ А.Ю. Методика расчета основных параметров барабанного смесителя.....	12
<b>РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ</b> .....	16
РАХИМОВА У.А., АБЫЛКАЛЫКОВА Р.Б., КВЕГЛИС Л.И., НОСКОВ Ф.М., КУЗНЕЦОВА Е.М., КАЗАНЦЕВА В.В. Увеличение объема при динамическом нагружении закаленных образцов сплава 110Г13Л.....	16
БАЙСАНОВ А.С. Результаты исследований по вовлечению в ферросплавный передел железомарганцевых руд Казахстана .....	20
ИЛЬКУН В.И., СИТКИН М.И. Исследование характера и причин выхода из строя подшипников качения рабочих валков клетей чистовой группы НШС-1700.....	22
ИСАГУЛОВ А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., ТУСУПБЕКОВА А.С. Современные конструкции литейных ковшей.....	25
ИСАГУЛОВ А.З., ШАРАЯ О.А., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., БАЙДАУЛЕТОВА И.В. Современное состояние вопроса в области кремнийсодержащих наноматериалов .....	27
ЖЕТЕСОВА Г.С., МУРАВЬЕВ О.П., МУРАВЬЕВА Ю.О. Конструктивные особенности инструментов для обработки деталей роликами .....	30
ЖЕТЕСОВА Г.С., МУРАВЬЕВ О.П., ТКАЧЕВ А.Н. Взаимосвязь между конструктивно-технологическими параметрами и факторами обработки, физико-механическими явлениями в зоне контакта и показателями качества .....	33
ШАРАЯ О.А., КУСЖАНОВА А.А. Влияние химико-термической обработки на износостойкость чугуна .....	35
ИСАҒҰЛОВ А.З., СҰЛТАМҰРАТ Г.И., ДОСТАЕВА А.А. Металлургиялық өндірістің қалдықтары, көп профилді қызметке арналған шикізаттар көзі.....	37
<b>РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> .....	40
НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., ОЖИГИНА С.Б., ОМАРОВА А.К., ОЖИГИН Д.С. Применение технологии лазерного сканирования горного массива на карьерах АО «ССГПО».....	40
ПАК Г.А., ДОЛГОНОСОВ В.Н., ПАНАСЕНКО Е.А., ДОЛГОНОСОВА Е.В. Исследование процесса сдвига горных пород и его взаимосвязь с интенсивностью газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна .....	42
МОЗЕР Д.В., ОЖИГИН С.Г., ДОЛГОНОСОВА Е.В., ОЖИГИН Д.С. Исследование деформаций прибортового массива Соколовского карьера с применением глобальных навигационных спутниковых систем.....	47
ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г., СОКОЛОВ А.В. Приложение теоремы Лагранжа к анализу сложных вентиляционных систем.....	50
ДЕМИН В.Ф., ИСАБЕК Т.К., ЖУРОВ В.В., ДЕМИН В.В., СКОРЯКИН А.А. Исследование влияния угла наклона анкера на напряженное состояние массива горных пород с прямоугольной выработкой.....	54
ҚҰЛНИАЗ С.С., АРЫСТАН И.Д., АСАН С.Ю., СКОРЯКИН А.А. Қияқұламалы конвейерлерден құрастырылған үзілмелі-толассыз технологиялық кешеннің бейімделу жағдайлары.....	56
БЕЙСЕМБАЕВ К.М., ЖЕТЕСОВ С.С., АБДУГАЛИЕВА Г.Б. Қазу қондырғысы .....	59
<b>РАЗДЕЛ 4. ТРАНСПОРТ. СТРОИТЕЛЬСТВО</b> .....	63
БАКИРОВ Ж.Б., АЙТМУКАНОВА П.М., ШАЛБАЕВ К.Ш. Об одном точном решении задачи устойчивости кольцевых пластин .....	63
МУЗДЫБАЕВА Т.К., МУЗДЫБАЕВ Е.К. Анализ экспериментальных данных статической нагрузки основания из двух слоев грунта .....	66

ТАЖИБЕКОВА К.Б., ВИНС Е.С. Сравнительный анализ газоочистных установок по показателям эффективности и экономичности.....	68
БӘКІРОВ Ж.Б., ТӘҢІРБЕРГЕНОВА А.Ә., ЗЯЛАЕВ С.К. Берілген сенімділіктегі конструкция элементтерін жобалау.....	70
<b>РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА. УПРАВЛЕНИЕ</b> .....	<b>73</b>
БРЕЙДО И.В., СМАГУЛОВА К.К., ИСКАКОВ У.К. Выбор интегральных критериев работы системы защиты от токов утечек .....	73
ЮЩЕНКО О.А. Зависимость натяжения от толщины полосы при термообработке в линии непрерывного горячего цинкования.....	76
КРИЦКИЙ А.Б., ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. Автоматизированная система повышения эффективности эксплуатации электротехнических комплексов промышленных предприятий средствами дистанционного обучения персонала.....	78
ХОРОШХИН В.К. Использование паттерна Singleton в языках программирования C++, C#, Java .....	82
<b>НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ</b> .....	<b>85</b>
ЖЕТЕСОВ С.С. К вопросу создания устройств для обеспечения безопасности на транспорте и в общественных местах.....	85
<b>РЕЗЮМЕ</b> .....	<b>87</b>
<b>Правила оформления и представления статей</b> .....	<b>96</b>

**УДК 330.341**

**Ю.Н. ПАК,  
Д.Ю. ПАК**

### **Болонский процесс и концептуальные аспекты обеспечения качества высшего образования**

Во второй половине XX века создалась ситуация, актуализировавшая проблему качества высшего образования. Причиной тому является сокращение реального финансирования высшего образования в связи с расширяющейся массовостью и интернационализацией высшего образования, а также внедрением системы менеджмента, в частности концепции всеобщего управления качеством в индустриальных секторах [1].

Демографическая ситуация в развитых европейских странах, в том числе и Казахстане, складывается в неблагоприятном направлении. Падение рождаемости и увеличение в среднем продолжительности жизни создает дисбаланс между количеством работающих и иждивенцев. Социальные обязательства государства растут, а налоговая база уменьшается. В таких условиях финансирование высшего образования не является приоритетом для государства, так как в получении высшего образования заинтересована преимущественно трудоспособная часть населения. В условиях, когда увеличивается относительная доля пожилых людей и

возрастают расходы на медицинское обслуживание, а среднее образование остается проблемной сферой по многим параметрам, финансирование высшего образования преимущественно отдается на откуп семье и в меньшей степени работодателю. Все вышесказанное справедливо и для Казахстана, где в последние годы около 80 % обучающихся в вузах платят за собственное обучение и только около 20 % студентов учатся на бюджетной основе.

В целом на образование расходуется немало средств – около 4 % ВВП страны. Однако на высшее образование тратится всего 0,34 % ВВП, что ничтожно мало по сравнению с европейскими странами, где инвестиции в высшее образование увеличены к 2010 году до 2 % ВВП, а на научные исследования до 3 % ВВП.

В условиях глобализации массовый характер высшего образования и проблемы качества вступили в противоречие. Развитие массовости сопровождается снижением уровня социальной базы. Появляется студенческий контингент с разными стартовыми образовательными уровнями и запросами. В таких

условиях высшее образование должно диверсифицироваться, что предполагает деформацию традиционных стандартов. В целом массовое высшее образование ассоциируется с более низким его качеством. Однако абсолютное качество образования невозможно оценить, т.к. массовость высшего образования развивается параллельно инфраструктуре (социально-экономические, технологические, информационные условия).

В контексте глобализационных процессов высшее образование пересекло не только социальные, но и национальные границы. Для университетов стремление к интернационализации – это шаг в направлении более открытых и доступных науки и образования. Вопрос о качестве образования в этом контексте, прежде всего, обозначает проблему прозрачности качества. Высшее образование в разных странах структурировано по-разному: структура и содержание образовательных программ, продолжительность обучения, уровень самостоятельной работы, система отчетности и т.п. Поэтому по диплому трудно оценить уровень и квалификацию специалиста, нужно знать специфику и особенности той образовательной системы, где обучался соискатель.

Примером попытки выработать общие критерии, которые бы обеспечивали такое понимание, служит Болонский процесс [2-3].

В Европе проблема создания единого пространства высшего образования обозначилась остро в связи с большим разнообразием образовательных систем, что препятствовало развитию единого рынка труда и ограничивало мобильность рабочей силы. Обострение проблем обеспечения качеством высшего образования и широкое внедрение всеобщего управления качеством в индустрии послужило причиной трансформации такого менеджерского подхода в сферу образования. Тотальное управление качеством (Total Quality Management) в индустрии основано на систематическом контроле процессов производства с целью получения максимального качества конечного продукта. В сферу высшего образования TQM пришло через технические университеты, которые имеют более тесные контакты с промышленностью и лучше осведомлены об управленческих подходах. В России наличие внутривузовской системы менеджмента качества служит обязательным аттестационным требованием. В Казахстане для институциональной аккредитации вузов необходимы эффективно действующие системы менеджмента качества.

Применение TQM в образовательной сфере вызывает неоднозначную реакцию. Важным моментом является то, что стандарты ИСО 9000 не учитывают специфики образования и с их помощью нельзя оценить эффективность деятельности вуза как социального института общества, выполняющего основную миссию – воспроизводство новых знаний, функцию репродуцирования самого социального общества. Системы менеджмента качества, соответствующие стандартам ИСО, ориентированы на создание конкурентоспособной продукции. Это

означает, что результативность СМК вуза будет оцениваться с точки зрения соответствия уровня подготовки выпускника последним достижениям науки и техники и соответствия качества требованиям потребителя [4].

Основной недостаток чисто менеджерского подхода к решению проблемы качества высшего образования заключается в том, он не способствует переосмыслению миссии, целей и приоритетов высшего образования в новых условиях. Образовательные услуги не должны относиться к только рыночным категориям. Каждый университет должен определить свои приоритеты в деле обеспечения качества образования с учетом миссии вуза и его политики в условиях реальных вызовов современности. Разрабатываемые внутривузовские системы менеджмента качества должны соответствовать международным стандартам ИСО и национальным критериям контроля качества.

Изначально в Болонской декларации проблеме качества была отведена сравнительно скромная роль: **«содействие европейскому сотрудничеству в области оценки качества посредством разработки сопоставимых критериев и методологий».**

Однако уже в 2001 г. в Саламанке представителями более 300 европейских университетов этой проблеме была отведена ключевая роль. Было отмечено многомерное и всеобъемлющее значение понятия качества, которое, не являясь постоянной категорией, нуждается в систематическом подтверждении. В заявлении европейских вузов сформулировано понятие качества применительно к единому образовательному пространству. Формирование отношений взаимного доверия к качеству высшего образования не должно основываться только на общих для всех стандартах. Представляется целесообразной разработка на европейском уровне механизмов взаимного признания результатов оценки качества, учитывающих и национальные особенности.

Согласно Программному документу ЮНЕСКО [5]: «Реформа и развитие высшего образования», существуют несколько важнейших аспектов, влияющих на качество образования:

- качество персонала, гарантируемое высокой академической квалификацией ППС, и качество образовательных программ, обеспечиваемое гармоничным сочетанием преподавания и научных исследований;

- качество подготовки студентов, которое в условиях массовости высшего образования, достигается на пути диверсификации образовательных программ, преодоления разрыва между средним и высшим образованием и усиления мотивационных факторов у обучающейся молодежи;

- качество образовательной инфраструктуры вуза, включающей материально-техническую оснащенность, учебно-методическую и информационную обеспеченность.

Все указанные составляющие качества могут быть обеспечены за счет адекватного финансирования и

государственного подхода к высшему образованию как общенациональному приоритету.

В итоговом коммюнике всемирной конференции ЮНЕСКО по высшему образованию, принятом в 2009 г. отмечается: «Массовый доступ к образованию выставляет требования к качеству высшего образования. Проверка качества – жизненная функция современного высшего образования и должна привлечь всех заинтересованных лиц. Качество требует и создание системы гарантий качества и образцы оценки, а также установление высокой культуры в пределах образовательного учреждения. Критерии качества должны отражать все цели высшего образования, особая задача состоит в культивировании у студентов критического и независимого мышления и способности учиться в течение жизни. Гарантия качества в высшем образовании требует признания важности поддержания и сохранения талантливых студентов и ученых для привлечения их преподаванию и проведению научных исследований» [5].

Подписание Болонской декларации, несмотря на лаконично сформулированное в ней положение о качестве высшего образования, послужило движущей силой для широкой дискуссии в европейском образовательном пространстве. В организационно-методическом плане ключевая роль принадлежит разработке и применению взаимоприемлемых механизмов и критериев для оценки качества. Применяемые в европейской практике системы оценки качества имеют существенные различия по целям, задачам и критериям, степени вовлеченности в этот процесс государственных, профессиональных и общественных органов. Обнаруживаются различия в самой постановке задачи. Несмотря на разнообразие подходов в большинстве случаев оценка качества основывается на двух составляющих: внутренней оценке (самооценка) и внешней оценке. При этом конкретные механизмы реализации таких оценок могут быть различны.

В высшем образовании Казахстана основным инструментом контроля качества образования служат государственные образовательные стандарты по специальностям высшего и послевузовского образования. Госстандарты содержат требования к уровню образованности выпускников, их квалификационную характеристику с ключевыми компетенциями, общие требования к образовательным программам, а также требования к обязательному минимуму их содержания. В них сформулированы требования к учебно-методическому, информационному и материально-техническому обеспечению образовательного процесса. Важным показателем качества образования служит профессиональный уровень ППС. На уровне министерства утверждены качественные и количественные показатели, характеризующие квалификационную структуру штатного состава вузов различного типа (институт, академия, университет).

Результативность реализации всех обозначенных выше требований зависит от эффективности

внутривузовской системы управления качеством подготовки.

В Левенском коммюнике сказано [6]: «...стремись к лучшему во всех аспектах высшего образования, мы решаем задачи новой эпохи. Это требует постоянного внимания к качеству. Поддерживая высоко ценимое разнообразие наших систем образования, государственная политика будет в полной мере признавать важные значения различных миссий высшего образования – от обучения и научных исследований до общественного служения и обеспечения социальной сплоченности и культурного развития. Все студенты и сотрудники вузов должны обладать подготовкой, позволяющей им реагировать на изменяющиеся потребности быстро развивающегося общества».

В Пражской декларации Европейского союза студентов ESU отмечается: «Прогресс был более медленным, чем нужно для того, чтобы Европейское пространство высшего образования стало конкретной реальностью. Разрыв между риторикой и потребностями действительности должен быть безотлагательно ликвидирован, если мы хотим, чтобы студенты, преподаватели и европейская общественность сохранили веру в Болонский процесс».

Создание Европейского Регистра обеспечения качества (EQAR), имеющего потенциал стать своеобразным стандартом, по которому будут оцениваться учреждения обеспечения качества, служит ярким примером позитивных перемен в Европейском образовательном пространстве в контексте Болонского процесса.

Единое пространство высшего образования характеризуется разнообразием политических систем, социокультурных и образовательных традиций, языков, стремлений и ожиданий. Это делает невозможным обеспечить единый подход к качеству и стандартам. В стандартах и рекомендациях предпочтение отдается общему подходу, а не конкретным требованиям [7].

«Обеспечение качества» – это общий термин в высшем образовании, имеющий множество толкований. Термин «стандарты» также допускает различные интерпретации в контексте отдельных национальных систем высшего образования.

Качество высшего образования – это социальная категория, характеризующая степень соответствия установленным требованиям. Качество высшего образования – это востребованность полученных знаний, умений и навыков в конкретных условиях их применения. В широком смысле качество высшего образования – понимается как сбалансированное соответствие высшего образования (как результата, как процесса, как образовательной системы) многообразным потребностям, целям, требованиям, нормам (стандартам). В узком смысле качество высшего образования характеризует качество подготовки специалистов с высшим образованием.

Качество образования является многогранным понятием, отражающим комплексную характеристику

объекта исследования. Вполне очевидно, что образовательное учреждение по сравнению с производственной организацией имеет свою специфику. Множество различных видов деятельности (учебно-образовательная, научно-исследовательская, учебно-методическая, воспитательная и т.п.) объединены в единый комплекс для достижения качества образования как интегрального результата деятельности вуза.

Смысловое разнообразие понятия «качество» применительно к сфере высшего образования предопределило многообразие академических подходов к проблеме качества образования. Одни рассматривают данную проблему как чисто управленческую, оценивая наличие и эффективность внутривузовской системы менеджмента качества. Идеологи другого подхода утверждают о взаимосвязи данной проблемы с качеством образовательных стандартов. Третьи связывают с качеством организации учебного процесса и существующей инфраструктурой образовательного процесса и т.п.

Эти разные подходы в обобщенном виде можно интегрировать как:

- качество условий образовательного процесса (содержание программ обучения, качество ППС, образованность абитуриентов, ресурсное обеспечение учебного процесса и т.п.);

- качество результатов обучения (уровень знаний, умений и навыков студентов, уровень компетенций студентов).

В Казахстане приоритет в оценке качества преимущественно отдан качеству условий образовательного процесса, что и происходит при аттестации вузов.

Второй подход, учитывающий конкретные результаты обучения, труднее реализовать на практике. Применяемые методы тестирования нерегулярны и не дают надежных и объективных результатов.

Материалы Болонского процесса применительно к обеспечению качества ориентируют вузы на конечные результаты обучения.

В настоящее время в вузах Казахстана распространены следующие модели управления качеством образования: SWOT – анализ (оценочный метод); модель тотального управления качеством TQM и модель, базирующаяся на международных стандартах ISO 9000:2000. Предпочтение отдается последней модели, хотя в процессе институциональной аккредитации (внешней экспертной оценки) используется также и оценочный SWOT – анализ.

В европейской практике чаще употребляется словосочетание «обеспечение качества образования», означающее процесс создания условий, способствующих качеству образования.

В разных странах практикуются различные подходы к оценке качества [8]. Например, Британское агентство по обеспечению качества высшего образования руководствуется шестью критериями:

- содержание учебных планов и образовательных программ;

- уровень преподавания и оценки знаний;
- успеваемость и достижения обучающихся;
- система социальной поддержки;
- учебно-материальные ресурсы;
- управление качеством обучения.

Большинство российских экспертов под качеством высшего образования понимает интегральную характеристику системы образования, отражающую степень соответствия достигнутых образовательных результатов нормативным требованиям (стандартам). При этом под обеспечением качества высшего образования понимается система мер по поддержанию качества высшего образования на уровне не ниже установленных норм, требований, стандартов.

Основными показателями, определяющими качество высшего образования, могут служить:

- уровень компетентности и профессионального мастерства преподавательского состава;

- качество образовательных программ и педагогических технологий обучения и контроля знаний;

- уровень образованности абитуриентов и мотивация к получению знаний;

- уровень и качество ресурсного обеспечения (информационное, учебно-методическое, материально-техническое);

- инновационная активность руководства вуза и эффективность системы управления качеством.

В современном мире 65 % национального богатства составляет человеческий капитал [9]. В принятой новой Государственной программе развития образования на 2011-2020 годы уделяется серьезное внимание этому вопросу и, в частности, переподготовке кадров и повышению профессиональной квалификации. Примером эффективности качественного образования может служить следующая статистика: каждые 35 тысяч долларов, вложенные в обучение персонала, приносят прибыль в один млн долларов. В США компании тратят на образование сотрудников ежегодно 50 млрд, в Великобритании до 40 млрд, во Франции – до 30 млрд долларов. Рентабельность образования составляет более 2000%.

Синонимом инновационного развития экономики на основе качественного образования может служить Сингапур. За 40 лет ВВП вырос в 100 раз. По качеству человеческого капитала страна занимает I место в мире. На образование тратится около 20% бюджета.

Норвегия за 20 лет совершила мощнейший рывок, превратив нефтяное богатство в инновационную экономику и качественное образование, где школьные педагоги получают 5 тыс. долларов в месяц. Южная Корея совершила стремительное восхождение в «азиатское чудо» за счет высшего образования, ставшего культом. В 2005 году 97% молодых людей получили высшее образование. Это наивысший показатель среди всех стран планеты. Все эти страны объединяет одно главное: они добились выдающихся результатов в экономике за исторически короткие сроки благодаря качественному образованию, продуманной системе мер по удержанию



квалифицированных кадров и сведению к минимуму «утечки мозгов».

Сейчас только ленивый не говорит о низком качестве образования. Стал догмой тезис о том, что сегодняшний уровень высшего образования в сравнении с уровнем 80-х годов прошлого столетия стал ниже. Образовательные программы бакалаврской подготовки подверглись таким изменениям, что диплом вуза можно получить особо не напрягаясь. Этому способствовало повальное открытие частных университетов в 90-х годах, где не уделялось должного внимания проблеме качества. Практикуемой нормой стало совмещение студентами учебы с работой на старших курсах. Не способствовал высокому уровню качества преподавания сравнительно низкий уровень оплаты труда преподавателей. Низкий социальный статус вузовского преподавателя стал причиной массового оттока талантливых педагогов из университетской среды. Хотя ныне не наблюдается массовый отток, существующая низкая оплата труда ППС не позволяет восстановить кадровый потенциал высшей школы. Ситуация усугубляется тем, что в Казахстане с 2011 года прекращена защита кандидатских и докторских диссертаций (докторантура PhD только формируется). Принимаемые в последние годы меры по социальной поддержке ППС вузов (ежегодный конкурс «Лучший преподаватель года», повышение квалификации по программе «Болашак», грантовая поддержка ученых, систематическое увеличение зарплаты работникам вузов и др.) не снимают остроты проблемы. Ситуация, когда оплата труда профессора меньше стартовой зарплаты выпускника вуза – вчерашнего студента, вынуждает преподавателей работать на 1,5 и более ставки или искать дополнительный заработок на стороне с ущербом для качества преподавания.

В условиях острой конкуренции на рынках образовательных услуг и труда распространенными стратегиями стали демпинги и упрощение образовательных программ, что усугубляет проблему качества обучения. Рыночная экономика не гарантирует обеспечение эффективного контроля за качеством обучения, в особенности в условиях массовости высшего образования. В структуре спроса на высшее образование существуют значимые сегменты, где качество образования не ценится в полной мере. Это приводит к дестимулирующей роли, поскольку повышенные требования к студентам могут снизить контингент абитуриентов, желающих обучаться в таком вузе.

Не оспаривая распространенное мнение о том, что качество образования в РК падает, следует все же отметить, что данный тезис не подкрепляется исследованиями с применением современных методов квалиметрии. Скорее всего, это субъективные мнения, связанные с трансформацией качества и переходом к новому пониманию динамично меняющихся требований.

Более объективной характеристикой был бы тезис о неравномерности качества в масштабе страны.

Вступление Казахстана в Болонский процесс ставит перед казахстанской высшей школой новую

задачу, связанную с определением ее места в общеевропейском пространстве высшего образования. Решение этой глобальной задачи всецело зависит от качества предоставляемых образовательных услуг.

Современная система обеспечения качества подготовки специалистов в Казахстане основывается на процедурах лицензирования, аттестации и аккредитации. Государственная аттестация является основной формой государственного контроля за качеством высшего образования. В процессе аттестации выявляется соответствие содержания, уровня и качества подготовки специалистов требованиям государственных образовательных стандартов образования и квалификационным требованиям. Основными критериями оценки деятельности вузов являются качество профессорско-преподавательского состава, уровень учебно-методической и научно-исследовательской работы, ресурсное обеспечение, социальная база и др.

Процедура государственной аккредитации вузов, введенная впервые в Казахстане в 2001 г., ставила задачу – подтвердить требуемый уровень подготовки специалистов. Данная процедура не получила дальнейшего развития.

Согласно новому (2007 г.) Закону РК «Об образовании» процедура аккредитации организаций образования перестала быть формой государственного контроля. На добровольной основе вузы проходят процедуру внешней оценки качества в национальном аккредитационном центре МОН РК. В 2009 г. 9 вузов прошли институциональную аккредитацию, в 2010 году – 13 вузов. Получила развитие практика международной аккредитации отдельных образовательных программ (отдельных специальностей). Начато сотрудничество государств – членов ЕврАзЭС в сфере аккредитации образовательных организаций и образовательных программ.

В выступлении Главы Государства в «Назарбаев Университете» отмечается: «Казахстану, набирающему темпы развития, нужны специалисты с современными знаниями, способные принимать и исполнять грамотные решения». Это проблемная задача может быть решена только на пути системного обновления высшего образования и подготовки компетентных специалистов. Приоритетными задачами вузов должны стать: создание эффективно действующей системы обеспечения качества образования и обновление содержания образовательных программ высшего образования на основе компетентностной модели специалиста.

Болонский процесс убедительно свидетельствует о том, что основой современного общества является «экономика знаний». Душа экономики знаний – непрерывное стремление к новшествам, а источник ее силы – образование. Главное направление модернизации высшего образования в русле Болонского процесса следует связать с повышением качества. Актуализация этой извечной проблемы обусловлена во многом интеграционными процессами, происходящими в мировом образовательном пространстве. Исходя из

возрастающей роли образования в современных условиях образование должно стать основным показателем качества жизни. Качественное образование – это ключ к обеспечению конкурентоспособности в XXI веке.

Конференция лауреатов Нобелевской премии в Париже, посвященная важнейшим вопросам современности, единодушно приняла рекомендацию, согласно которой в бюджете всех государств образование должно иметь абсолютный приоритет.

В 80-е годы прошлого столетия развитие интеграционных процессов в Западной Европе преследовало цель – достичь того уровня образования, которое имело место в СССР: доступность, равные права студентов всех республик, свободное перемещение студентов в рамках страны, взаимное признание дипломов и т.д. С момента распада СССР ситуация в корне изменилась. Казахстану и другим странам СНГ необходимо время, чтобы сравняться с Европой в части единого образовательного пространства.

В условиях глобализации и растущей либерализации высшего образования обеспечение качества высшего образования должно стать предметом особого внимания и конкретных практических действий. Формирование доступных систем обеспечения качества преподавания, основанных на общих критериях и методах оценки, является одним из направлений модернизации высшего образования в духе Болонского процесса.

В рамках программы Socrates Европейской ассоциацией университетов (EUA) реализован проект «Развитие внутренней культуры качества в европейских университетах», в котором приняли участие 134 университета. На основе проведения SWOT – анализа текущего состояния качества было концептуализировано понятие «культура качества». Необходимость термина «культура» обусловлена трансформацией смысла качества как разделяемой ценности и коллективной ответственности всех субъектов образовательного процесса [10]. Внутренние системы оценки качества рассматриваются как дополнение к внешней оценке и направлены на повышение эффективности работы вуза.

В Берлинском коммюнике министры образования стран-участниц Болонского процесса отметили, что «ответственность за обеспечение качества высшего образования лежит, прежде всего, на самих вузах».

На конференции европейских министров, ответственных за высшее образование (Берген, 2005 г.), были приняты «Европейские стандарты и принципы по обеспечению качества в европейском пространстве высшего образования», ставшие нормативным документом международного сотрудничества в области качества.

Развитие культуры качества предполагает совершенствование методов оценки и измерения качества высшего образования на национальном и институциональном уровнях.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), используя многофакторный подход

к измерению качества образования, считает невозможным создать единый инструмент (единый эталон) измерения качества и призывает к построению «пространства качества, имеющего множество измерений», в котором образовательные системы и вузы могут позиционироваться и оцениваться по-разному, в зависимости от показателей качества.

Важнейшим показателем культуры качества становится качество преподавания, качество преподавательской деятельности, ориентированной на результат. Именно качество преподавания играет ведущую роль в обеспечении высокого уровня и качества подготовки специалистов. Несмотря на очевидность данного тезиса, этому аспекту не уделялось должного внимания. Причиной тому служит то обстоятельство, что качество преподавания как многоаспектное понятие труднее поддается оценке и недостаточно используется самими вузами.

В Казахстане, в силу достаточно низкого уровня инвестиций в человеческий капитал, наблюдается сравнительно высокая преподавательская активность на фоне низкого интереса к исследовательской деятельности. Неконкурентный уровень оплаты труда в сочетании с высокой преподавательской нагрузкой (академические занятия, кураторство, общественная работа и т.д.) способствовали этому.

В современном университете образовательная и исследовательская деятельность должны гармонично дополнять друг друга. Правда жизни такова, что у преподавателя-исследователя меньше времени остается на подготовку к учебным занятиям и индивидуальную работу со студентами. Научные успехи достигаются зачастую за счет сокращения затрат на преподавание и в ущерб качеству образовательных услуг. Основная трудность в достижении оптимального баланса между образовательной и исследовательской составляющими вузовского преподавателя состоит в сложности формализованного описания этих составляющих деятельности.

Вознаграждение за преподавательский труд сложно оценить в зависимости от его качества. Поэтому известные ученые в большей степени заинтересованы в развитии научной школы, нежели в приобретении славы профессора. В этом есть определенное противоречие, которое нужно снимать путем выбора оптимальной стратегии управления качеством.

Разработку политики обеспечения качества не следует отождествлять с внедрением жестких директив, ограничивающих академические свободы. Сбалансированное сочетание гибкой рамочной стратегии, творческой активности преподавателей и заинтересованного отношения студентов создает необходимую основу для улучшения качества преподавания и обучения.

Меры по обеспечению качества преподавания призваны стимулировать главенствующую роль преподавателей в стратегическом развитии вуза на пути к качественному образованию.

В настоящее время отсутствует четкое понимание того, что решающим звеном в обеспечении качества

является профессорско-преподавательский состав, его квалификация, педагогическое мастерство и творческий потенциал. Успешность и эффективность вузовской политики в области качества во многом зависит от того, насколько предлагаемые инструменты повышения качества стали неотъемлемой частью ежедневной педагогической практики преподавателя.

Использование студентоцентрированных образовательных технологий, превращающих обучающихся из пассивных слушателей в активных соучастников учебно-исследовательского процесса, высокая мотивация к получению обратной связи от студентов и постоянное стремление к повышению квалификации – основные требования к современному преподавателю.

Формирование культуры качества в контексте болонских преобразований предполагает выработку приверженности принятым принципам политики качества и критического анализа к постоянному совершенствованию на индивидуальном уровне.

Связь между качеством преподавания и качеством образовательных результатов диктует необходимость реализации системных мер по его обеспечению. Необходимо стремиться к пониманию «идеального» качества преподавания, по-своему уникального для каждого вузовского коллектива, имеющего свои традиции и сформировавшиеся научно-педагогические школы.

Важная роль в обеспечении культуры качества принадлежит руководству вуза, обеспечивающему постановку целей политики качества, последовательность институциональных преобразований. В условиях либерализации инициативы, реализуемые «сверху вниз», будут малоэффективными, если их не поддержат студенты. Отрадно, что молодежь все более активно включается в процессы обеспечения качества преподавания, участвует в органах управления и процедурах экспертного оценивания.

Европейский союз студентов ESU, созданный для представления интересов студентов на европейском уровне в области образования и социальной жизни, яркое тому подтверждение. Ныне ESU, объединяющий 49 национальных студенческих союзов, представлен в Европейской Ассоциации по обеспечению качества в высшем образовании. В Казахстане следует создать студенческое объединение для совместного формирования институциональной культуры качества и социальной поддержки студентов с дальнейшим представительством в Европейском союзе студентов.

В Пражской декларации студентов, обращенной к конференции министров образования, отмечается [6]: **«Студенческое участие на всех уровнях (институциональном, национальном и европейском) является ключевым условием успеха Болонского процесса. Министры должны обеспечить то, чтобы студенты рассматривались, как самая заинтересованная сторона и им было обеспечено полное участие во всех аспектах осуществления Болонского процесса и в**

**управлении институтами – а не глупенькая игра в якобы «консультантов». Только свободные, независимые и наделенные полномочиями студенческие организации могут стать движущей силой изменения и обеспечить устойчивую поддержку реформ Болонского процесса».**

Говоря о роли преподавателя в контексте формирования культуры качества, следует отметить практикуемые в вузах системы рейтингования ППС с последующим установлением надбавок к зарплате за академические результаты. Система дифференцированных надбавок служит стимулирующим фактором, направленным на обеспечение интеграционной связи преподавания с исследовательской работой.

Важным направлением на пути формирования институциональной культуры качества является создание внутривузовских структур, ответственных за обеспечение качества образования. Такие структуры должны выполнять роль посредника между ППС и руководством в вопросах обеспечения качества, а также между преподавателями и студентами. Их функциональное предназначение заключается в координации инициатив по обеспечению качества, установлении обратной связи со студентами, анализе их удовлетворенности качеством преподавания, а также содействии принятию управленческих решений по обеспечению качества.

Международный опыт развития систем культуры качества высшего образования показывает, что в этом вопросе трудно найти готовые решения, способные обеспечить качество в конкретной национальной системе и конкретном вузе. Лучшие зарубежные практики представляют интерес и нуждаются в систематическом мониторинге. Слепое копирование чужого опыта без учета казахстанской специфики, приоритетов и экономического состояния может нанести непоправимый урон. Говоря об интеграционных процессах в духе Болонских реформ, уместно вспомнить слова К. Ушинского, что **«нельзя жить по образцу другого народа, как бы заманчив он не был».**

Институциональная культура качества предполагает постоянный совместный поиск инновационных подходов поддержки качества преподавания, обеспечивающего высокое качество образовательных результатов.

В последние годы государство выделяет немалые средства на развитие образования. Закономерен вопрос: Соразмерно ли выросла зарплата педагогов-преподавателей? Или значительная часть средств тратится на бесконечные реформы, результативность которых оставляет желать лучшего?

Философия качества состоит в том, что уровень жизни определяется уровнем качества продукции и услуг, который в свою очередь определяется качеством менеджмента. Говоря о важности последнего уместно вспомнить один из первых указов прогрессивного правителя России Петра Первого [11]: **«...повелеваю хозяина Тульской фабрики Корнилу Белоголова бить кнутом и сослать на работу в монастырь, понеже он, подлец, осмелился войску**

Государеву продавать негодные пиццали и фузен...».

Научно-педагогическая общественность страны ждет не комплиментов в День знаний, а серьезного улучшения своего материального положения и социального статуса. Необходимо не на митинговом

уровне, а на уровне научно обоснованных нормативов добиться заметного увеличения финансирования высшей школы и уважительного отношения к преподавателю. Это будет способствовать реальному повышению качества высшего образования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форрат Н.В. Проблемы качества высшего образования: Мировые вызовы и их российские трансформации // Вопросы образования. 2009. №1.
2. Геворкян Е.Н., Мотова Г.Н. Болонский процесс и сотрудничество в области обеспечения качества образования / Вопросы образования. 2004. №4.
3. Пак Ю.Н. Глобализация и Болонский процесс в Казахстане // Материалы Международной конференции «Состояние и перспективы развития высшего образования в Казахстане – Влияние программы Темпус». Алматы, 2010.
4. Артамонова М.В. Реформа высшей школы и Болонский процесс в России. М.: Издательство Экономика, 2008. 279 с.
5. Всемирная конференция ЮНЕСКО по высшему образованию // Alma mater. 2009. №7.
6. Болонский процесс: Между Лондоном и Левеном. 2007-2009 годы / Под редакцией В.И. Байденко. М., 2009.
7. Газалиев А.М., Пак Ю.Н. Европейские аспекты обеспечения качества высшего образования в контексте Болонских реформ // Труды КарГТУ. 2010. №2. С. 5-13.
8. Закирова Г.Д. Обеспечение качества // Реформирование высшего образования в Казахстане и Болонский процесс: Информационные материалы для практических действий. Алматы, 2009. 120 с.
9. Аргынов Б. Культ образованной личности // Казахстанская правда, 16 февраля 2011.
10. Мешкова Т.А. Качество преподавания как неотъемлемая часть культуры качества в вузе // Вопросы образования. 2010. №3.
11. Запрягаев С.А., Караваева Е.В., Карелина И.Г. и др. Глобализация и системы обеспечения качества высшего образования. М.: Издательство МГУ, 2007. 292 с.

УДК 669.053

И.П. МАНЖУРИН,  
Е.А. СИДОРИНА,  
А.Ю. ЛУКЬЯНОВ

### Методика расчета основных параметров барабанного смесителя

#### 1 Общие сведения

Барабанный смеситель непрерывного действия (рисунок 1) представляет собой цилиндрический барабан 1, внутри которого размещен вал-каток 2, разрыхлитель 3, скребок 4 и направляющие пластины 5. Вал-каток 2 укреплен шарнирно на рычагах и собственным весом прижимается к шихте, вращаясь за счет сил трения о смесь.

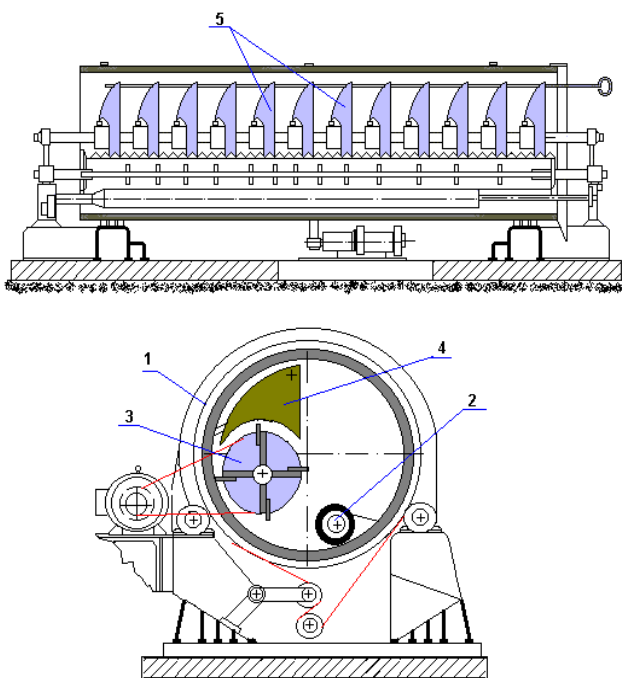


Рисунок 1 – Барабанный смеситель

При перекачивании катка по слою шихты внутри барабана последняя уплотняется, что способствует равномерному распределению компонентов шихты.

Для разрыхления и аэрирования уплотненной шихты по всей длине барабана размещены лопасти рыхлителя, к продольным кромкам которых привернуты зубчатые листы.

Вращаясь от собственного привода, рыхлитель своими зубчатыми кромками сгребает шихту со стенки барабана и бросает ее на направляющие пластины. Последние установлены под углом к продольной оси барабана, образуя своеобразный винт, перемещающий шихту к выходному концу барабана.

В зависимости от необходимого времени перемешивания угол наклона направляющих пластин может быть изменен.

Барабан смесителя имеет, как правило, цилиндрическую форму и выполняется из листовой стали. Изнутри он футеруется стальными листами, а снаружи к нему прикрепляются бандажы, опирающиеся на ролики. Вращение барабана на роликах осуществляется от отдельного привода.

#### 2 Основы теории и расчета

Производительность  $Q$  барабанного смесителя непрерывного действия может быть определена по формуле

$$Q = (60 \cdot G_{см} / (1000 \cdot t_{пер})), \text{ т/ч},$$

где  $G_{см}$  – весовая емкость смесителя, кг;  
 $t_{пер}$  – время, необходимое для смешивания, мин.  
 Ёмкость барабана смесителя

$$V_6 = (4.0 - 4.5) \cdot (G_{см}/\delta), \text{ м}^3,$$

где  $\delta$  – удельный вес разрыхленной шихты, т/м<sup>3</sup>.

Диаметр барабана выбирается из условия, что окружная скорость шихты при движении ее совместно с барабаном не превышает 1,5-1,8 м/сек, а центробежная сила, прижимающая частицу шихты к барабану, не превышает половины веса этой частицы:

$$v_6 = \pi \cdot D_6 \cdot n_6 / 60, \text{ м/с};$$

$$D_6 = (60 \cdot v_6) / (\pi \cdot n_6), \text{ м};$$

$$n_6 = (60 \cdot v_6) / (\pi \cdot D_6), \text{ об/мин.}$$

Число оборотов барабана определяется из условия

$$m \cdot \omega^2 = m \cdot g / 2 = \pi^2 \cdot n_6^2 \cdot D_6 \cdot 900 = g.$$

Так как  $\omega = \pi \cdot n_6 / 30$ , то  $n_6 = \sqrt{900 / D_6} = 30 \cdot \sqrt{1 / D_6}$ , об/мин.

Сравнив два уравнения для числа оборотов барабана в минуту и решив их относительно  $D_6$ , получим

$$(60 \cdot v_6) / (\pi \cdot D_6) = \sqrt{900 / D_6}; \quad D_6 = (4v_6^2) / \pi^2, \text{ м}.$$

Длина барабана может быть определена из равенства

$$(\pi \cdot D_6^2) L_6 / 4 = V_6, \text{ м},$$

откуда

$$L_6 = 4V_6 / (\pi \cdot D_6^2),$$

где  $V_6$ , м<sup>3</sup>;  $D_6$ , м.

Диаметр катка может быть определен из уравнения

$$D_k \geq 2h_2 / (1 - \cos \alpha),$$

где  $h_2$  – высота затягиваемого слоя смеси.

Приняв коэффициент трения разрыхленной шихты о поверхность катка  $f = 0,7$  и  $f > \text{tg} \alpha$ , получим

$$D_k = (11 - 12) h_2.$$

При условии, что 2/3 внутренней поверхности барабана постоянно покрыто слоем смеси  $h_1 + h_2$ , где  $h_1$  высота слоя, лежащего под катком при его перекачивании, объемная емкость смесителя составит

$$2/3 \pi \cdot D_6 L_6 (h_1 + h_2) = (G_{см}/\delta) \psi,$$

откуда

$$h_2 = [3(G_{см}\psi) / (2\pi \cdot D_6 L_6 \delta)] - h_1,$$

где  $G_{см}$  – весовая емкость смесителя, кг;

$\delta$  – плотность шихты, кг/м<sup>3</sup>;

$\psi$  – коэффициент, учитывающий количество шихты, лежащей на внутренней поверхности барабана (часть ее будет находиться в рыхлителе и в падении).

Число оборотов катка при его перекачивании по слою шихты без скольжения определится по формуле

$$n_k = (D_6^2 n_6) / D_k^2, \text{ об/мин.}$$

Окружная скорость точек, лежащих на образующей катка:

$$v_k = \pi \cdot D_k n_k / 60, \text{ м/с.}$$

При перекачивании катка со скольжением (пробуксовка) скорость скольжения может быть принята  $v_{ск} = 0,2-0,3$  м/с:

Число оборотов рыхлителя принимается  $v_{рых} = 120-150$  об/мин.

Мощность двигателя привода барабана расходуется на вращение барабана, т.е. на преодоление возникающих при вращении сил трения и на подъем перемешиваемого материала, находящегося внутри барабана.

Для определения сопротивлений, возникающих при вращении барабана, рассмотрим силовую нагрузку процесса (рисунок 2).

Усилие, приходящееся на один ролик:

$$P = (G_6 + G_{см}) / 4 \cos \alpha,$$

где  $G_6$  – собственный вес барабана, равный весу обечайки, зубчатого венца и бандажей, кг;  
 $G_{см}$  – вес смеси, находящейся внутри барабана (весовая емкость барабана), кг.

Вертикальная сила, приходящаяся на один ролик:

$$Q = (G_6 + G_{см}) / 4.$$

Горизонтальная сила, действующая на один ролик:

$$S = (G_6 + G_{см}) \cdot \text{tg} \alpha / 4.$$

При вращении барабана возникают следующие сопротивления:

$W_1$  – сопротивление трения при качении бандаж по ролику, равное для четырех роликов

$$W_1 = 4Pk / r_1 = 2P \cdot k / d_1,$$

где  $k$  – коэффициент трения качения;

$P$  – давление на один ролик, кг;

$W_2$  – сопротивление трения скольжения, возникающее в опорных подшипниках осей роликов, отнесенное к ободу ролика (рисунок 2):

$$W_2 = 4F_{тр} \cdot r_2 / r_1 = 4P \cdot f \cdot d_2 / d_1,$$

где  $F_{тр}$  – сила трения в подшипниках роликов, равная  $P \cdot f$ , кг;

$f$  – коэффициент трения скольжения;

$W_3$  – сопротивление, возникающее при подъеме смеси в барабане. Допустив, что вся смесь расположится в барабане так, что в сечении будет иметь вид сегмента (рисунок 2,в), получим

$$W_3 = G_{см} \cdot b / R_6,$$

где  $b$  – плечо силы тяжести смеси в барабане, м.

При повороте барабана на угол  $\beta$  из треугольника  $C_2OC_1$  получим

$$b = OC_1 \sin \beta,$$

где  $OC_1$  – расстояние от центра окружности до центра тяжести сегмента

$$x_c = (2 R_6^3 \sin^3 \varphi) / 3F_{сег};$$

$F_{сег}$  – площадь сегмента:

$$F_{сег} = G_{см} / L_6 \cdot \delta.$$

Таким образом,

$$b = x_c \sin \beta = (2 R_6^3 \cdot \sin^3 \varphi \cdot L_6 \cdot \delta \cdot \sin \beta) / 3 \cdot G_{см},$$

а сопротивление, возникающее при подъеме смеси:

$$W_3 = (2 R_6^2 \cdot \sin^3 \varphi \cdot L_6 \cdot \delta \cdot \sin \beta) / 3.$$

Мощность двигателя привода барабана

$$N_{дв.бар} = (W_1 + W_2 + W_3) \cdot v_6 / 102 \cdot \eta, \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя привода катка расходуется на перекачивание катка по смеси и на преодоление трения скольжения катков о смесь. Определяется соотношением:

$$N_{дв} = (G_k \cdot f_{ск}) / 102 \cdot \eta, \text{ кВт.}$$

Расчет на прочность барабанного смесителя заключается в основном в выборе рациональных

размеров обечайки, бандажей, опорных роликов и зубчатого венца.

Обечайка рассчитывается на самые неблагоприятные условия работы, когда барабан загружен шихтой только на участке между бандажами, а зубчатый венец находится посередине барабана.

В этом случае равномерно распределенная нагрузка  $q$  кг/см определится по формуле

$$Q = (G_6 + G_{см}) / L_6.$$

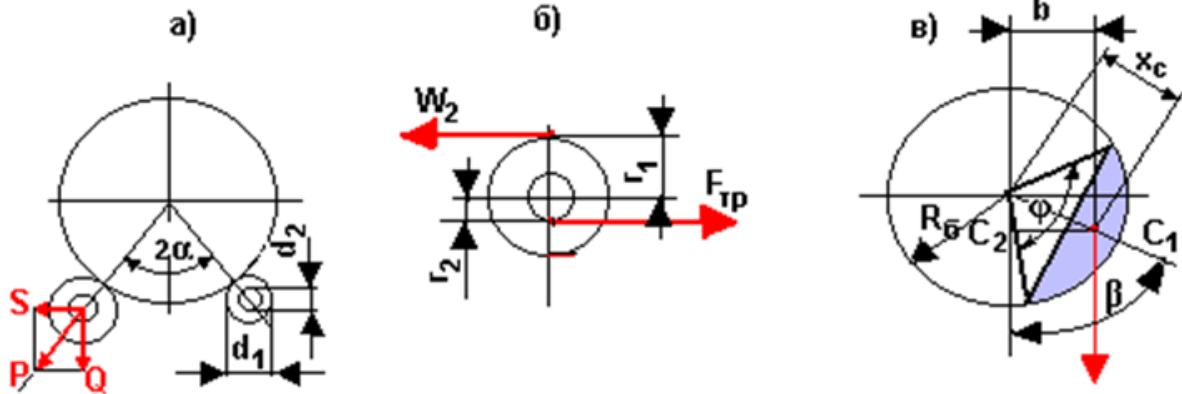


Рисунок 2 – К расчету мощности привода барабана

Наибольший изгибающий момент посередине пролета, кг·см,

$$M_{из} = (q \cdot l_0^2 / 8) + G_{вен} \cdot l_0 / 4,$$

где  $l_0$  – расстояние между бандажами, см;

$G_{вен}$  – вес зубчатого венца барабана, кг.

Приведенный расчетный момент определится по формуле

$$\hat{i}_{\text{дв}} = \sqrt{\hat{i}_{\text{дс}}^2 + 0,75 \hat{i}_{\text{дб}}^2} \cdot \hat{e} \hat{a} \cdot \hat{m},$$

где  $M_{кр} = 97403 \cdot N_6 / n_6$  – крутящий момент, передаваемый на барабан при его вращении.

Момент сопротивления сечения барабана, представляющего собой кольцо, будет равен

$$W \approx 0,1 \cdot (D^4 - d^4) / D,$$

где  $D$  и  $d$  – соответственно наружный и внутренний диаметры барабана, см. напряжение в материале обечайки

$$\sigma = M_{расч} / W \leq [\sigma].$$

Это напряжение обычно незначительно, и прочность обечайки всегда обеспечена. Решающим в данном случае является допустимый прогиб, определяющий правильную работу опорных приводных устройств барабана.

Допустимая стрела прогиба  $f_0$ , отнесенная к 1 пог. м для барабана, не должна превышать 1/3 мм, т. е.

$$f_0 / l_0 = 1/3000.$$

Стрелу прогиба можно определить по формуле

$$f_0 = (5q l_0^3 / 384EI) + (G_{вен} l_0^3 / 48EI),$$

где  $q$  – нагрузка на 1 пог. см длины барабана;

$E$  – модуль упругости материала обечайки (для стали  $E = 2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>);

$I$  – экваториальный момент инерции сечения барабана:

$$I = \pi (D^4 - d^4) / 64, \text{ см}^4.$$

Расчет бандажей и опорных роликов состоит в определении их размеров и напряжений. Ширина бандажа

$$b = P / q_0.$$

где  $P$  – давление на ролик (и реакция последнего), кг;  $q_0$  – допускаемое давление на 1 пог. см ширины бандажа, кг/см.

Сечение бандажа находится следующим образом. Определяется изгибающий момент  $M_{из.макс}$  на участке бандажа между двумя башмаками, принимая его за балку, свободно лежащую на опорах и нагруженную реакцией ролика  $P$ , приложенной посередине пролета:

$$M_{из.макс} = P l / 4.$$

Задавшись допускаемым напряжением  $[\sigma]$ , находится момент сопротивления

$$W = M_{из.макс} / [\sigma], \text{ см}^3.$$

Далее получим

$$W = b h^2 / 6, \text{ где } h = \sqrt{6W/b}, \text{ см.}$$

Для определения напряжения на смятие поверхности бандажа необходимо найти диаметр опорных роликов по эмпирическим формулам:

$d_1 = q_1 / (30 - 40) = P / (30 - 40)$   $b_1$  – для стальных роликов;

$d_1 = q_1 / (15 - 20) = P / (15 - 20)$   $b_1$  – для чугунных роликов,

где  $q_1$  – допускаемое контактное напряжение, кг/см<sup>2</sup>;

$b_1$  – ширина ролика, см.

Ширина ролика  $b_1$  должна быть больше ширины бандажа  $b$  (обычно на 20-30 мм). Зубчатый венец подвергается воздействию момента, вращающего барабан, и расчет его сводится к расчету на прочность зубьев.

**Пример расчета.** Задание. Определить основные конструктивные параметры барабанного смесителя непрерывного действия, предназначенного для приготовления окатышей.

Исходные данные. Прочность сырой шихты  $\delta = 1,2$  кг/см<sup>2</sup>, производительность смесителя  $Q = 20$  т/ч, необходимое время перемешивания  $t_{пер} = 2,5$  мин.

1. Весовая емкость смесителя определяется по заданной его производительности:

$$G_{см} = 1000 \cdot Q \cdot t_{пер} / 60 = 1000 \cdot 20 \cdot 2,5 / 60 = 830, \text{ кг.}$$

2. Объем барабана смесителя

$$V_6 = 4,0 \cdot G_{см} / \delta = 4 \cdot 830 / 1200 = 2,76, \text{ м}^3.$$

3. Размеры барабана:

а) диаметр

$$D_6 = 4 \sqrt{V_6 / \pi^2} = 4 \cdot 1,6^2 / 9,86 = 1,0, \text{ м,}$$

где  $v$  – окружная скорость барабана, м/с;

б) длина

$$L_6 = 4 V_6 / \pi \cdot D_6^2 = 4 \cdot 2,76 / 3,14 \cdot 1,0^2 = 3,5 \text{ м.}$$

4. Диаметр катка смесителя может быть определен после нахождения высоты слоя  $h_2$ , подлежащего затягиванию под каток (при  $h_1 = 30$  мм):

$$h_2 = [3(G_{см} \psi) / (2\pi \cdot D_6 \cdot L_6 \cdot \delta)] - h_1 = 3 \cdot 830 \cdot 0,6 / (2 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 3,5 \cdot 1200) - 0,03 = 0,027, \text{ м.}$$

$$D_k = 11 \cdot h_2 = 11 \cdot 27 = \approx 300 \text{ мм.}$$

5. Кинематический расчет смесителя.

а) Число оборотов барабана в минуту

$$n_6 = 30 \sqrt{1 / D_6} = 30 \sqrt{1 / 1,0} = 30, \text{ об/мин.}$$

б) Число оборотов катка при скорости скольжения его относительно поверхности барабана  $v_{ск} = 0,2$  м/сек равно

$$n_k = (D_6 \cdot n_6 - 60 \cdot v_{ск}) / D_k = (1 \cdot 30 - 60 \cdot 0,2) / 0,3 = 60, \text{ об/мин.}$$

6. Силовой расчет смесителя:

а) вес обечайки барабана

$$G_{обеч} = (\pi \cdot D_6 \cdot L_6 \cdot t_m \cdot \rho) / 1000 = 3,14 \cdot 100 \cdot 350 \cdot 1,5 \cdot 7,8 / 1000 = 1285, \text{ кг.}$$

где  $t_m$  – толщина листа, из которого изготовлена обечайка, см.

б) вес бандажей барабана (количество бандажей 2)

$$G_{банд} = (2\pi \cdot D_{банд} \cdot a \cdot h \cdot \rho) / 1000 = 2 \cdot 3,14 \cdot 107,5 \cdot 7,5 \cdot 7,5 \cdot 7,8 / 1000 = 297, \text{ кг,}$$

где  $a$  и  $h$  – соответственно ширина и высота бандаж;  $\rho$  – удельный вес металла, т/м<sup>3</sup>.

в) вес зубчатого венца

$$G_{венц} = (\pi \cdot D_{банд} \cdot a_1 \cdot h_1 \cdot \rho) / 1000 = 3,14 \cdot 110 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 7,8 / 1000 = 216, \text{ кг,}$$

где  $a_1$  и  $h_1$  – соответственно ширина и высота зубчатого венца, см.

г) общий вес барабана

$$G_6 = G_{обеч} + G_{банд} + G_{венц} = 1285 + 297 + 216 = 1798, \text{ кг.}$$

д) усилие, передаваемое на один ролик при  $\alpha = 45^\circ$  (см. рис. 2),

$$P = (G_6 + G_{см}) / 4 \cos \alpha = (1798 + 830) / 4 \cdot 0,707 = 930, \text{ кг.}$$

е) сопротивление трения бандажей по роликам

$$W_1 = 2Pk / d_1 = 2 \cdot 930 \cdot 0,05 = 3,7 \text{ кг,}$$

где  $d_1$  – диаметр чугунного опорного ролика.

ж) сопротивление трения скольжения в подшипниках осей роликов

$$W_2 = 4Pf \cdot d_2 / d_1 = 4 \cdot 930 \cdot 0,1 \cdot 7,0 / 25 = 104, \text{ кг,}$$

з) сопротивление, возникающее при подъеме смеси в барабане (угол поворота барабана):

$$W_3 = (2 \cdot R_6^2 \cdot L_6 \cdot \sin^3 \varphi \cdot \sin \beta \cdot \delta) / 3 = 2 \cdot 0,5^2 \cdot 3,42 \cdot 1200 \cdot 1^3 \cdot 0,866 = 600 \text{ кг.}$$

7. Мощность двигателя привода барабана

$$N_6 = k_y \cdot v \cdot (W_1 + W_2 + W_3) / (102 \cdot \eta) = 1,1 \cdot 1,6 \cdot (3,7 + 104 + 600) / (102 \cdot 0,8) = 15, \text{ кВт.}$$

8. Мощность двигателя привода катка

$$N_k = k_y \cdot v_{ск.сред} \cdot fG_k / (102 \cdot \eta) = 1,2 \cdot 1930 \cdot 0,7 \cdot 0,2 / (102 \cdot 0,8) = 5, \text{ кВт.}$$

Если не применять специальных пружин, то сила прижима катка будет примерно равна его весу:

$$G_k = \pi D_k^2 \cdot L_k \cdot \rho_m / 4 = 3,14 \cdot 30^2 \cdot 350 \cdot 7,8 / 4 = 1930, \text{ кг.}$$

9. Мощность двигателя привода рыхлителя

$$N_{рых} = k_y \cdot A_k \cdot \omega_{рых}^2 \cdot G_{см} \cdot i_{лоп} = 1,1 \cdot 2,8 \cdot 0,000129 \cdot 15,7^2 \cdot 500 \cdot 24 = 13,6, \text{ кВт,}$$

где  $k = (0,7 + 3 \cdot 0,7) = 2,8$  с/м<sup>3</sup>;

$$G_{см} = G_{см} \cdot \psi = 830 \cdot 0,6 = 500, \text{ кг;}$$

$\psi$  – коэффициент, учитывающий количество смеси в рыхлителе;

$\omega_{рых}$  – угловая скорость вала рыхлителя:

$$\omega_{рых} = \pi n_{рых} / 30 = 3,14 \cdot 150 / 30 = 15,7, \text{ 1/с,}$$

$n_{рых}$  – число оборотов вала рыхлителя в минуту;

$$A = h (r_2^3 - r_1^3) / 3 = 0,05 (0,2^3 - 0,035^3) / 3 = 0,000129 \text{ м}^4;$$

$h$  – проекция высоты лопатки рыхлителя на вертикальную плоскость, см;

$i$  – общее количество лопаток в рыхлителе.

10. Расчет обечайки барабана (рисунок 3):

1) крутящий момент на барабане

$$M_{кр} = 71620 \cdot N_6 \cdot 1,36 / n_6 = 71620 \cdot 15 \cdot 1,36 / 30 = 49000, \text{ кг} \cdot \text{см}$$

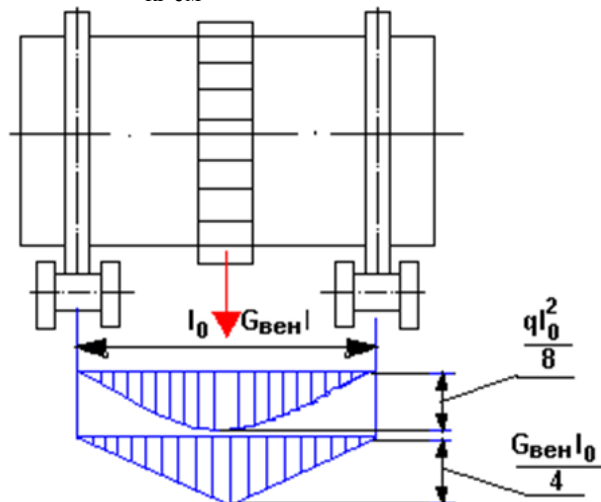


Рисунок 3 – К расчету барабанного смесителя

2) изгибающий момент по середине барабана

$$M_{из} = q l_0^2 / 8 + G_{вен} \cdot l_0^2 / 4 = 7,5 \cdot 283^2 / 8 + (216 \cdot 283) / 4 = 90300, \text{ кг} \cdot \text{см,}$$

где  $q$  – погонная нагрузка на барабан:

$$q = (G_6 + G_{cm}) / L_6 = (1798 + 830) / 350 = 7,5, \text{ кг/см};$$

$l_0 = 2830$  мм – расстояние между осями бандажей.

3) приведенный момент

$$\dot{I}_{\text{ред}} = \sqrt{\dot{I}_{\text{с}}^2 + 0,75 \dot{I}_{\text{в}}^2} = \sqrt{90300^2 + 0,75 \cdot 49000^2} = 99800, \text{ см}^4$$

4) момент сопротивления сечения барабана

$$W = 0,1(D^4 - d^4) / D = 0,1(100^4 - 98^4) / 100 = 7760, \text{ см}^3,$$

где  $D$  и  $d$  – соответственно наружный и внутренний диаметры барабана, см.

5) Напряжение в материале обечайки

$$\sigma = M_{\text{пр}} / W = 99800 / 7760 = 12,8, \text{ кг/см}^2.$$

6) момент инерции сечения барабана

$$I = \pi (D^4 - d^4) / 64 = 3,14 (100^4 - 98^4) = 382000, \text{ см}^4.$$

7) стрела прогиба корпуса барабана

$$f = (5 \cdot q \cdot l_0^2) / 384 \cdot EI + G_{\text{вен}} \cdot l_0^3 / 48 \cdot EI = 5 \cdot 283^3 / 384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 382000 + 216 \cdot 283^3 / 48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 382000 = 0,00014, \text{ см}.$$

Такой прогиб барабана вполне допустим, так как

$$f_0 / l_0 = 0,00014 / 283 < 1 / 3000.$$

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефименко Г.Г. и др. Металлургия чугуна. Киев: Выща школа, 1988. 351 с.
2. Рамм А.Н. Современный доменный процесс. М.: Металлургия, 1980, 303 с



## Раздел 2

## Машиностроение. Металлургия

УДК 669.018.298(574.3)

*У.А. РАХИМОВА,  
Р.Б. АБЫЛКАЛЫКОВА,  
Л.И. КВЕГЛИС,  
Ф.М. НОСКОВ,  
Е.М. КУЗНЕЦОВА,  
В.В. КАЗАНЦЕВА*

### Увеличение объема при динамическом нагружении закаленных образцов сплава 110 Г13Л

Сталь Гадфильда (110Г13Л) широко известна как самоупрочняющийся материал при ударном нагружении. Физико-химическая природа такого само-упрочнения до сих пор не раскрыта. Исследовали образцы стали 110Г13Л, полученные методом электродуговой плавки и подвергнутые отжигу при температуре 800-850 °С, перед закалкой на аустенит от 1150 °С. Состав сплава Fe86 Mn12.8 C 1,1 контролировался методами спектрального, рентгеноспектрального флуоресцентного и химического анализа. Твердость по Бринеллю составляла более 4000 ед. после динамического нагружения (детали, из которых вырезаны образцы, работали в камнедробилке). Исследование структуры поверхности образца проводилось методами оптической микроскопии и рентгеноструктурного анализа.

На рисунке 1 показаны микрофотографии поверхности стали до и после ударного нагружения.

В аустенитных зернах видны следы пластической деформации. Явных дефектов структуры не выявлено. Компьютерный анализ размера зерна показывает, что средний балл зерна равен 4. Средний размер зерна составил 98 мкм. Область с дефектной структурой

прилегает к краю образца и занимает около 1/3 его площади. По мере приближения от окраин дефектной области в направлении края образца толщина межзеренной фазы увеличивается, и в дальнейшем в межзеренном пространстве начинают наблюдаться поры с размером до 50-100 мкм. Наблюдение дефектной межзеренной границы показывает наличие не только структуры Франка-Каспера, но и включений мартенситной и карбидной фаз.

Исследование микротвердости по методу Виккерса показало, что микротвердость межзеренной границы равна 4830 МПа, а микротвердость основного зерна аустенита равна 3460 МПа. После ударного нагружения образцы изменяли свое магнитное состояние. Участки, на которых непосредственно производился удар, становились намагниченными.

На рисунках 2 и 3 приведены картины рентгеновской дифракции с намагниченного и ненамагниченного участков поверхности деформированного образца стали 110Г13Л. Следует отметить значительное увеличение параметра решетки аустенита до 3,62 Å и аномальное уменьшение параметра решетки мартенсита деформации.

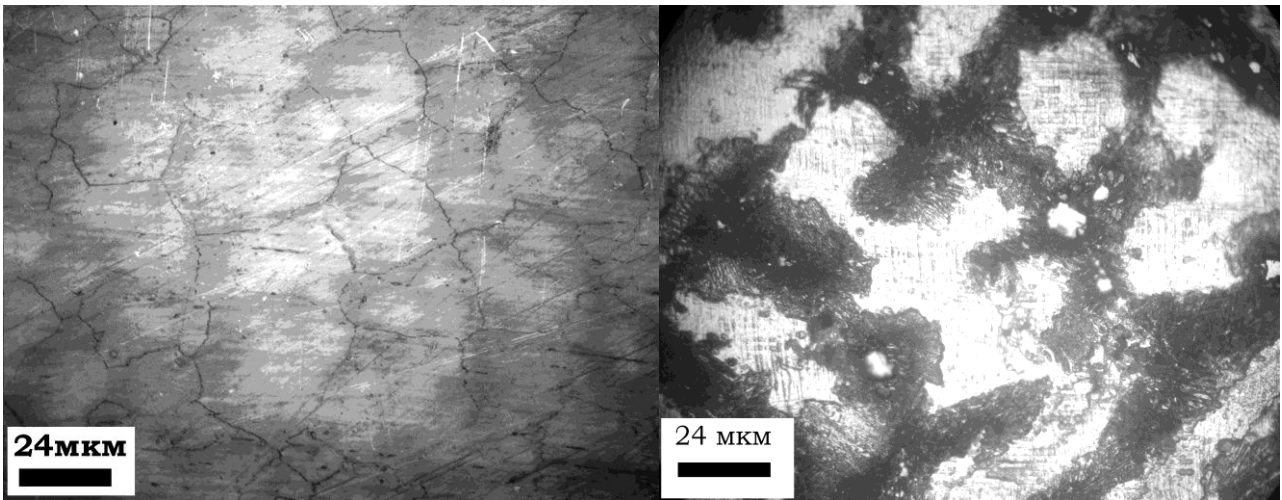


Рисунок 1 – Оптические микрофотографии поверхности шлифа образца стали 110Г13Л: (слева – до динамического нагружения; справа – после динамического нагружения)

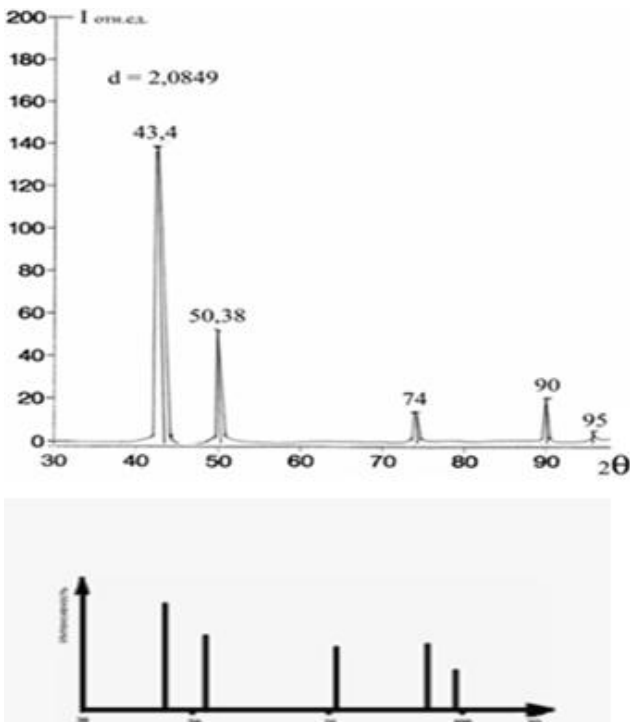


Рисунок 2 – Вверху рентнограмма, полученная с немагнитного участка поверхности деформированного образца стали 110Г13Л с зерна аустенита и соответствует структуре Fm3m (ГЦК). Внизу Fm3m, спектры ГЦК структуры

Мартенсит деформации был обнаружен в стали Гадфильда и описан в [1,2]. Автор [2] обращает внимание на тот факт, что мартенсит деформации, получаемый при динамическом нагружении, может составлять не более 1,5-2 % от объема образца. С целью выяснения особенностей намагничивающихся и ненамагничивающихся участков были проведены исследования химического состава методом рентгеновского флуоресцентного анализа. Особенности структуры выявляли методом дифракции рентгеновских лучей. Различие в химическом составе не обнаружено. На

деформированном участке кроме рефлексов ОЦК-фазы обнаружены дополнительные рефлексы (пик на угле 36 градусов на рисунке 3). Расшифровки данных рентнограмм с помощью стандартных международных таблиц JCPDS-International Centre for Diffraction Data, Card #01-1252 приведены в нижней части рисунков 2 и 3.

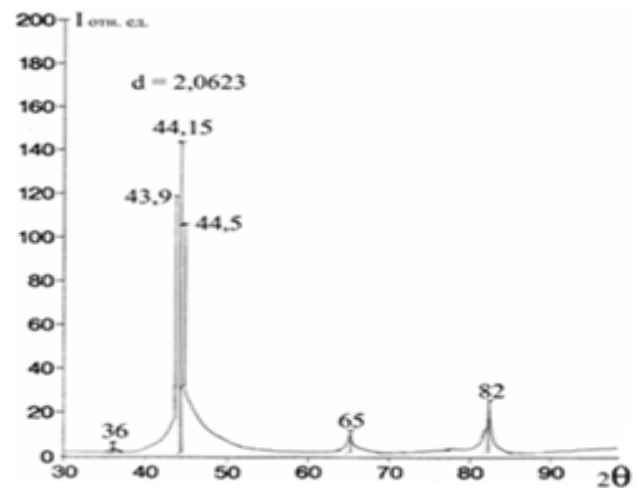


Рисунок 3 – Вверху рентнограмма, полученная с магнитного участка, поверхности деформированного образца стали 110Г13Л от мартенсита деформации, соответствует структуре Im3m (ОЦК). Внизу Im3m, спектры ОЦК структуры

На границах аустенитных зерен выявляются включения фазы, имеющей тетраэдрически плотноупакованную структуру Франка-Каспера FK12+FK14 (рисунок 4, снизу).

Высокая степень неравновесности в процессе получения нанокристаллических материалов обуславливает формирование атомной структуры, зачастую не характерной как для равновесного массивного, так и для известных метастабильных состояний данного вещества.

Параллельно структурным изменениям менялись магнитные свойства. Образцы стали Гадфильда 110Г13Л имели состав Fe<sub>86</sub> Mn<sub>12,8</sub> C<sub>1,2</sub>, были подвергнуты динамическому нагружению 3000 кг на установке испытания твердости по Бринеллю. После деформации в некоторых участках образца появляется ферромагнитная фаза. Локальную коэрцитивную силу измеряли методом Керра. В крутильном магнитометре измеряли величину крутящего момента для фольг, вырезанных искровым методом из образцов стали Гадфильда. Обнаружено, что после ударного нагружения величина крутящего момента *L* увеличилась вдвое при тех же значениях угла вращения. В фольгах и пленках сплава Fe-Mn-C впервые обнаружена однонаправленная (обменная) анизотропия методом крутящих моментов в крутильном магнитометре. Крутящий момент вычислялся по формуле:  $L = M \cdot N \cdot \sin\theta$ , где поле измерений: *N* = 6 кЭ;  $\theta$  – угол вращения; *L* – крутящий момент, отмеченный на оси ординат; *M* – намагниченность образца.

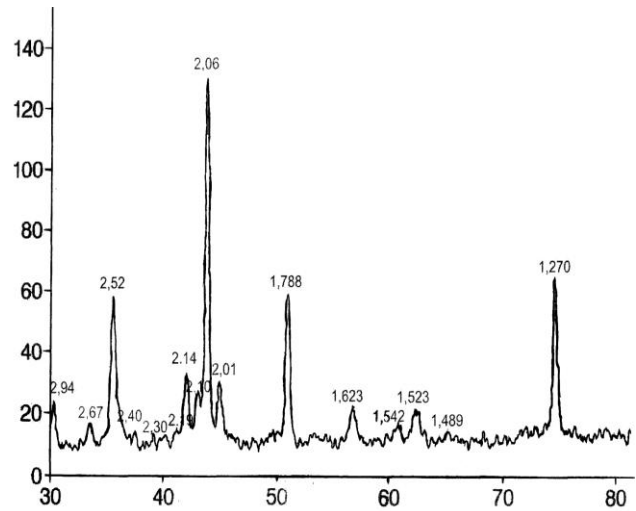
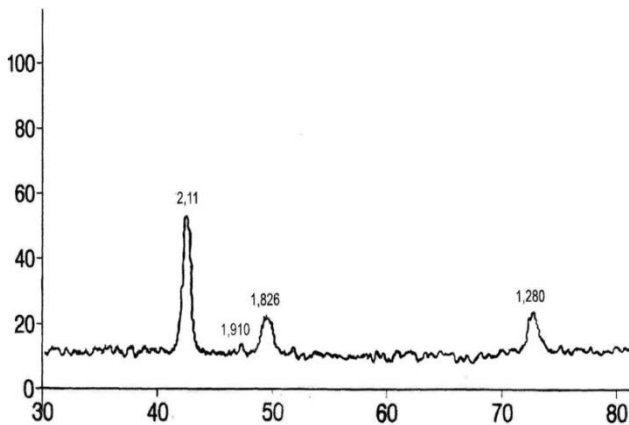


Рисунок 4 – Рентгенограммы стали 110Г13Л с величиной ударной вязкости 325 МПа\*С: а) от большинства участков гладкой поверхности образца; б) от темных участков

Сталь 110Г13Л известна как антиферромагнитный инвар [3]. Поскольку инвар характеризуется низкотемпературной неустойчивостью параметров «намагниченность – объем», то антиинвар [4] определяют как высокотемпературную неустойчивость «намагниченность – объем». Локализация деформации в контакте удара инициирует фазовый переход, аналогичный температурному переходу, и соответствует механохимическому процессу [5], проходящему с образованием из исходной аустенитной фазы следующих фаз: мартенситной, карбидной, квазикристаллической. Последняя является результатом двойникования кластеров Франка-Каспера FK12+FK14.

На рисунке 5 приведены зависимости параметра решетки от содержания железа в сплавах с ГЦК решеткой, а также температурная зависимость атомного объема для чистого железа. Сопоставление этих результатов с данными рентгеноструктурного анализа (см. рис. 2-4) свидетельствует о наличии аномального поведения параметра решетки в стали Гадфильда при ударном нагружении. В последние три десятилетия на основании экспериментальных исследований обнаружено увеличение объема образцов закаленных сплавов при температурах упорядочения икосаэдрической фазы. Стабильные квазикристаллические фазы систем Al-Cu-Fe, Al-Pd-Re и Al-Pd-Mn обнаруживают наличие признаков металлического и диэлектрического поведения одновременно [7]. Кластеры икосаэдрических фаз были обнаружены в пленочных образцах Fe-Mn-C [1].

Сравнение результатов наших экспериментов по дифракции с результатами работы [4] приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Значения атомного объема для ОЦК и ГЦК железа

	По результатам работы [4], (Å <sup>3</sup> )	Наш эксперимент, (Å <sup>3</sup> )
ГЦК	11,36	11,77

ОЦК	11,77	12,40
-----	-------	-------

Таблица 2 – Параметр решетки ГЦК

	По результатам работы [4], (Å)	Наш эксперимент, (Å)
Параметр решетки ГЦК	3,58	3,61

Механохимическая реакция – это явление образования новой фазы или химического соединения под действием механического удара. Оно возникает благодаря одновременному переключению

химических связей и межатомным сдвигам. Результатом является понижение свободной энергии системы, состоящей из групп атомов. Мартенситный переход можно рассматривать как разновидность супер-Аррениусовской релаксации или механохимической реакции. В нашем эксперименте после механического удара был обнаружен мартенсит деформации. Согласно [2] мартенсит деформации, получаемый при динамическом нагружении, может составлять не более 1,5-2 % от объема образца. Из нашего эксперимента следует, что этот объем значительно больше.

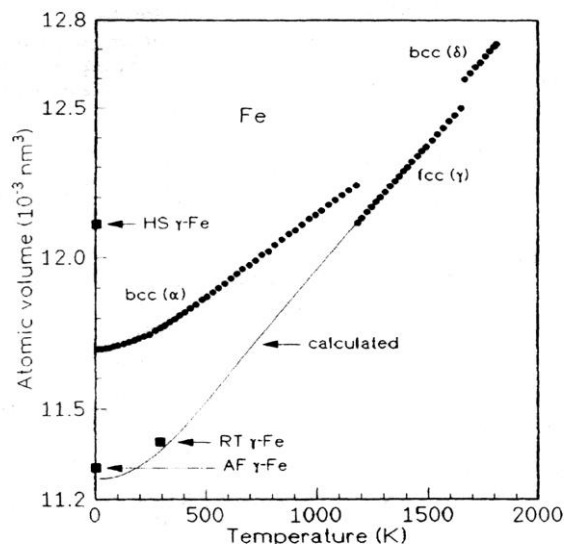
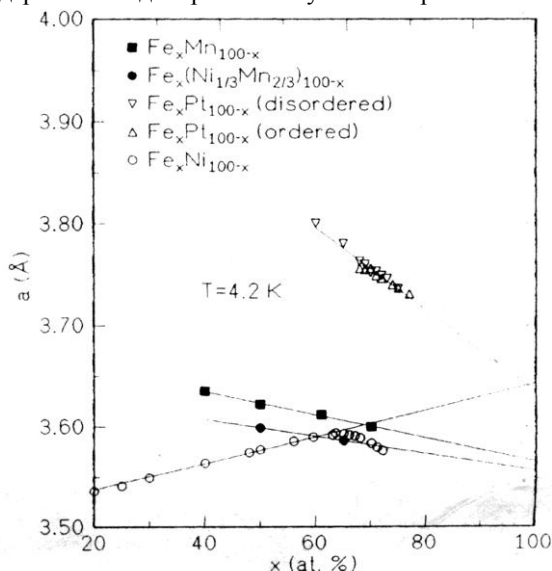


Рисунок 5 – Слева показана зависимость параметра решетки от содержания железа в сплавах с ГЦК-решеткой; справа – температурная зависимость атомного объема для чистого железа [4]

С целью выяснения структурных особенностей намагничивающихся и ненамагничивающихся участков были проведены исследования химического состава методом рентгеновского флуоресцентного анализа, анализ структуры проводили методом дифракции рентгеновских лучей. Различие в химическом составе не обнаружено. Кроме рефлексов ОЦК-фазы обнаружены дополнительные рефлексы (пик на угле 36 градусов на рисунке 3). Расшифровки данных рентгенограмм проведены с помощью стандартных международных таблиц JCPDS-International Centre for Diffraction Data, Card #01-1252 (приведены в нижней части рисунков 2 и 3).

При анализе диаграмм фазовых переходов в массивных образцах и в малых частицах с пентагональной симметрией видно, что равновесному состоянию фазы с ГЦК-решеткой соответствует меньший объем, чем неравновесному состоянию с икосаэдрической структурой. И.С. Ясников предлагает схему формирования зародышей икосаэдрической фазы при образовании дисклинаций в ГЦК-кристалле. Сопоставляя данные, полученные с помощью рентгеновской и электронной дифракции, можно заключить, что в пленках Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>C вырастают «монокристаллиты» со структурой, в которой отсутствует дальний порядок с точки зрения структурной кристаллографии. Нанокристаллиты с

осью зоны типа [110] ориентированы относительно друг друга как блоки мозаики и создают имитацию монокристалла. Исследование атомной структуры неравновесных фаз, возникающих после взрывной кристаллизации в нанокристаллических пленках CoPd, Fe<sub>2</sub>Tb, Fe-C, Co-C, показали, что структура пленок перечисленных составов идентифицирована как Франк-Касперовская тетраэдрическая плотно упакованная (кубическая фаза Лавеса). Важной особенностью такой структуры является возможность сжатия-растяжения ее элементарного объема до 30 %.

Подтверждением правильности выбранной модели может служить следующий эксперимент. Образцы фольги стали 110Г13Л подвергались лазерному облучению. Рентгеноструктурный анализ показал, что интенсивность рефлексов (311) и (222) значительно выше интенсивности рефлекса от плоскостей типа (111).

#### Выводы

1. Под действием механического удара как в массивных, так и в пленочных образцах системы Fe-Mn могут происходить механохимические реакции.
2. Продуктами реакции могут быть как мартенсит деформации, так и квазикристаллические фазы.
3. Эффекты увеличения параметра решетки аустенита до 3,62 Å и аномального уменьшения

параметра решетки мартенсита деформации квазикристаллических кластеров в процессе ударной  
подтверждают гипотезу о зарождении нагрузке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квеглис Л.И., Абылкалыкова Р.Б., Носохова Ш.Б. и др. Особенности структуры межзеренных границ в сплавах инварного состава на основе Fe-Mn и Fe-Ni // Нанотехника. 2007. № 10.
2. Крянин И.Р. Повышение качества отливок из стали Г13Л. М.: Машиностроительная литература, 1963. 157 с.
3. Sedov V.L., Tsigel'nik O.A, Magnetic moments of iron atoms in Invar Fe-Ni alloys, JMMM, 183 (1998). P. 117-126.
4. Acet M, Zahres H, Wassermann E F. High-temperature moment-volume instability and anti-Invar of  $\gamma$ -Fe, Phys.Rev., V. 49. 1994. № 9.
5. John J.Gilman. Mechanochemistry, Science, Vol.274, 1996. P. 65.
6. Седов В.Л. Антиферромагнетизм гамма железа. Проблема инвара. М.: Наука, 1987. 127 с.
7. Прекул А.Л., Казанцева В. А, Шалаева Е.В, Щеголихина Н.И. Письма ЖЭТФ. Т. 67. Вып. 3. С. 190-195.

УДК 669.168  
А.С. БАЙСАНОВ

### Результаты исследований по вовлечению в ферросплавный передел железомарганцевых руд Казахстана

В Республике Казахстан сформировалась новая металлургическая отрасль – производство марганцевых ферросплавов, включающая полный производственный цикл от добычи марганцевых руд, их обогащения и получения товарных марганцевых концентратов и выплавки из них кремний-марганцевых ферросплавов – ферросиликомарганца. Марганцевые ферросплавы пользуются повышенным спросом на мировом рынке как высококачественные, с пониженным содержанием фосфора.

В связи с нехваткой качественного марганцевого сырья в России и других странах СНГ встает вопрос об организации поставок марганцевых концентратов из ЮАР и Австралии. Подобная проблема и у металлургических предприятий нашей республики: рудная база Темиртауского электрометаллургического комбината: месторождения Богач и Есымжал, а также Таразского металлургического комбината: месторождения Караадыр и Западный Камыс не обеспечивают возрастающих потребностей производственных мощностей, что затрудняет работу и развитие данных предприятий.

Казахстан располагает огромными запасами марганецсодержащего сырья, однако в исходном виде они не пригодны для получения стандартных марок марганцевых ферросплавов, так как представлены железомарганцевыми разновидностями. В общем запасе марганецсодержащих руд доля железомарганцевых составляет около 70 %, что соответствует прогнозным запасам в 700 млн. т. Так, только на месторождениях Айгыржал прогнозные запасы железомарганцевых руд составляют свыше 200 млн. т; на месторождении Западный Каражал свыше 350 млн. т; на месторождении Ушкатын III – 80 млн. т.

Противоречие между увеличением производства марганцевых ферросплавов и сокращением разведанных запасов качественных марганцевых руд будут возрастать в связи с тем, что дальнейшее увеличение или сохранение уровня производства марганцевых ферросплавов по принятым технологиям будет связано с вовлечением все более бедных руд,

требующих глубокого обогащения, что неизбежно приведет к увеличению себестоимости марганцевых ферросплавов.

Необходимо вовлечение железомарганцевых руд в ферросплавный передел, при условии разработки рациональной технологии получения из них марганцевого концентрата с отношением Mn/Fe более 6, т.е. с удалением части железа.

Несмотря на многочисленные попытки, рациональных технологических решений нет. Применение железомарганцевых руд для выплавки стандартных марганцевых ферросплавов по действующим технологиям невозможно из-за низкого содержания марганца и высокого содержания железа. В технологическую схему, наряду с предварительным обогащением, необходимо включить дополнительную стадию по удалению железа. Существующий электрометаллургический метод удаления железа переплавом на марганцевый шлак и химические способы обогащения при использовании некондиционных железомарганцевых руд экономически невыгодны.

Одним из перспективных способов выделения железа является обжигмагнитный способ. Проведенные исследования в узком интервале температур 850-950 °С (традиционных для обжига железных руд) по обжигмагнитному обогащению железомарганцевых руд месторождений Западный Каражал и Дальний Восток не дали положительных результатов.

В настоящее время сотрудниками Химико-металлургического института разработан новый метод обжигмагнитной переработки железомарганцевых руд, включающий стадию восстановления железа газовыми углями месторождения Шубарколь и последующую магнитную сепарацию, позволяющую отделить восстановленное до ферромагнитной формы железо от марганцевой части рудного сырья. Данная технология позволяет получать пригодный для ферросплавного производства марганцевый концентрат из железомарганцевых руд и параллельно выделять железорудный концентрат.

Проведя экспериментальные исследования в широком интервале температур 500-1100 °C и расхода восстановителя, а также исследовав термодинамику и кинетику фазовых превращений, протекающих при обжиге железомарганцевых руд с использованием в качестве восстановителя шубаркольского угля, было установлено, что понижение температуры до 700 °C позволяет получить марганцевый концентрат из железомарганцевых руд, ранее считавшихся труднообогащаемыми и неперспективными.

Сложность разработки предлагаемой технологии заключается в проведении такого восстановительного обжига чтобы марганцевые минералы сохранили немагнитные свойства, а немагнитные минералы железа железомарганцевой руды были переведены в ферромагнитное состояние в виде металлического железа или магнетита (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).

До настоящего времени систематические научные исследования с выдачей рекомендаций и созданием основ процессов магнетизации для обжигмагнитного селективного разделения минералов железа от минералов марганца применительно к железомарганцевым рудам не проводились, так как железомарганцевые руды относились к неперспективным рудам. К тому же при переработке железомарганцевых руд возникает ряд сложностей, связанных с многообразием железомарганцевых разновидностей (в Республике Казахстан известно свыше 100 рудопроявлений марганецсодержащих руд):

1) широкий интервал содержания марганца от 10 до 30 % и железа от 5 до 30 %, что обуславливает необходимость индивидуального технологического подхода к каждой разновидности железомарганцевой руды;

2) сильные различия в минеральном составе руд (пирролюзит, родохрозит, якобсит, гематит, гидрогематиты и др.) требуют индивидуального выбора температурного режима обжига к каждой разновидности железомарганцевой руды;

3) различия в текстурно-структурном строении (размер рудных и нерудных зерен, степень их срастания) сильно влияют на технологически необходимую степень измельчения железомарганцевой руды перед магнетизирующим обжигом и последующей магнитной сепарацией.

В ходе проведения теоретических и экспериментальных исследований нами получены следующие результаты:

– на основе данных, полученных при проведении термодинамически-диаграммного анализа, построена диаграмма фазового строения системы Fe-Mn-C-O, на базе которой определены оптимальные конечные фазовые области применительно к процессам обжигмагнитного разделения железо- и марганецсодержащих минералов. Установлено, что для температуры ниже 550 °C оптимальной фазовой областью является усеченная пирамида Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-E<sup>3</sup>-Fe-C-MnO (рис. 1). Для температур выше 550 °C оптимальной областью представляется MnO-Fe-C-E<sup>1</sup>(750,950,1150), соответствующая металлизирующему

обжигу и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-MnO-Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-E<sup>2</sup>-E<sup>3</sup> – магнетизирующему обжигу (рис. 2);

– апробировано и отработано несколько различных методик (дифференциальные и интегральные) обработки дериватограмм (по кривым ДТА и ТГ) с получением кинетических параметров на примере фазовых превращений, протекающих в железомарганцевых рудах и их смесях с шубаркольским углем, что позволяет использовать их в дальнейшем для подобных обжиговых процессов в других отраслях черной и цветной металлургии (рисунок 3);

– методами неизотермической кинетики получены данные об энергии активации и кинетических порядках процессов, протекающих при обжиге железомарганцевых руд в смеси с углем, и установлено, что восстановительные процессы протекают с высокой скоростью в области температур: 500-600 °C с образованием магнетита и при 800-1000 °C металлического железа (рисунок 4);

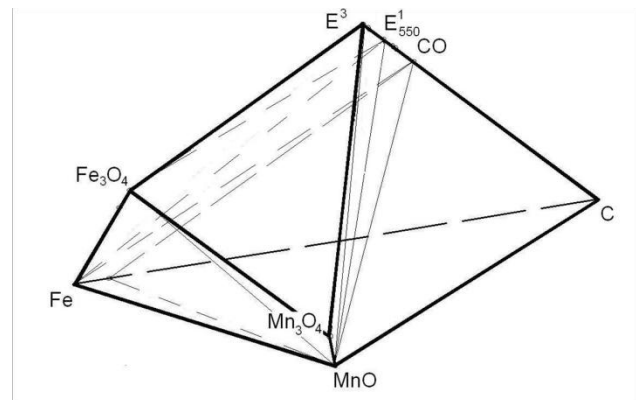


Рисунок 1 – Оптимальная фазовая область Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-E<sup>3</sup>-Fe-C-MnO для обжигмагнитной переработки железомарганцевых руд при температуре 550 °C

– созданы научные основы для разработки эффективных технологических решений переработки различных типов железомарганцевых руд с применением в каждом случае индивидуального подхода с учетом их минералогического и химического составов;

– создана пилотная установка камерной обжиговой печи;

– проведены исследования в крупнолабораторном масштабе по отработке полной технологической схемы от обжигмагнитного обогащения железомарганцевых руд, окислования полученных обжигмагнитных марганцевых концентратов методами агломерации и брикетирования до выплавки ферросиликомарганца и высокоуглеродистого ферромарганца на рудно-термической печи с мощностью трансформатора 200 кВА.

В настоящее время Химико-металлургическим институтом начата реализация коммерческих проектов совместно с частными компаниями по реализации разработанной технологии в промышленных масштабах.

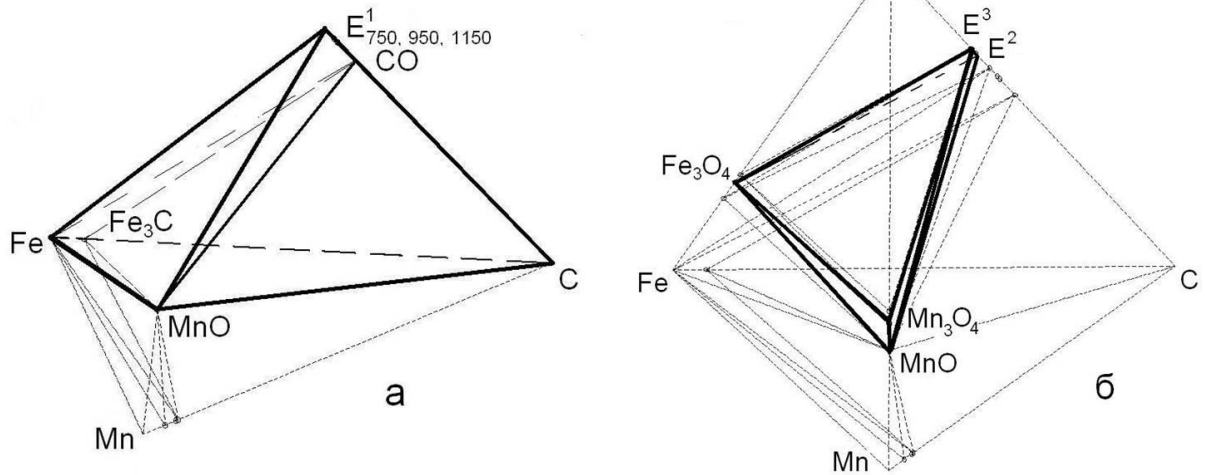
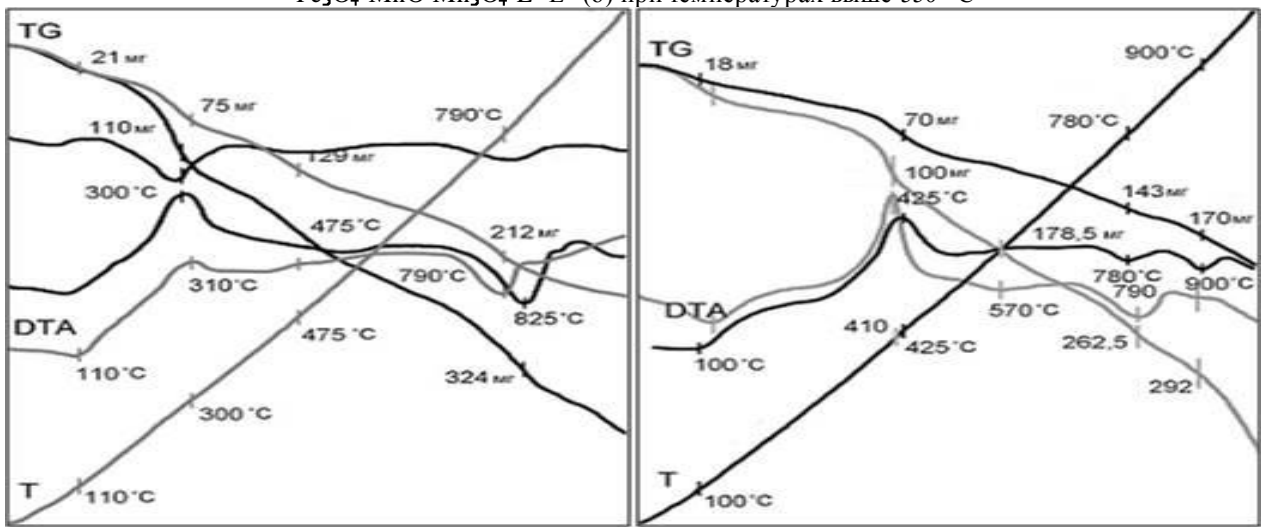


Рисунок 2 – Низкокислородная область  $\text{MnO-Fe-C-E}^1_{750, 950, 1150 \text{ CO}}$  (а) и высококислородная область  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-MnO-Mn}_3\text{O}_4\text{-E}^2\text{-E}^3$  (б) при температурах выше 550 °C



Расход № 1 – 8,94 % шубаркольского угля от массы концентрата и руды;  
 Расход № 2 – 23,05 % шубаркольского угля от массы концентрата и руды

Рисунок 3 – Дериватограммы железомарганцевого концентрата (а) и руды (б) месторождения Жомарт в смеси с шубаркольским углем в атмосфере аргона



Рисунок 4 – Скорость потерь массы при непрерывном нагреве с заданной скоростью (10 °С/мин) в атмосфере аргона

УДК 621.771.23

В.И. ИЛЬКУН,  
М.И. СИТКИН

### Исследование характера и причин выхода из строя подшипников качения рабочих валков клетей чистовой группы НШС-1700

Непрерывный широкополосовой стан 1700 горячей прокатки (далее НШС-1700) листопрокатного цеха № 1 (далее ЛПЦ-1) АО «АрселорМиттал Темиртау» предназначен для производства горячекатаных полос толщиной 1,2÷16,0 мм и шириной 700÷1550 мм, смотанных в рулоны массой до 23 т (Технологическая инструкция ТИ-Л-33-70.– Темиртау: КарМетК, 1970). В состав чистовой группы входят аналогичные по конструкции четырехвалковые клетки № 6-12. Опоры каждого рабочего валка (рисунок 1) состоят из двух подушек с установленным в каждой из них четырехрядным коническим роликоподшипником № 77888. Смазывание подшипника в опоре осуществляется пластичной смазкой закладным способом. Опора со стороны перевалки – фиксированная в станине от осевого смещения, опора со стороны привода – «плавающая» (не фиксирована).

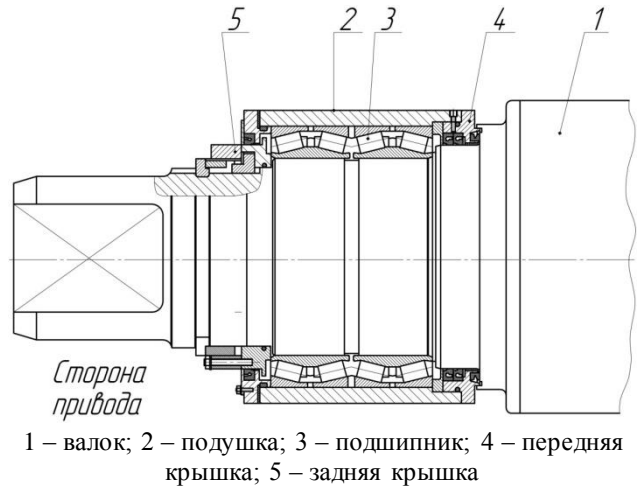


Рисунок 1 – Опора рабочего валка клетки чистовой группы НШС-1700

Одним из недостатков опор рабочих валков чистовой группы клетей № 6-12 является низкий срок службы подшипников (средняя наработка до отказа 567-1009 ч, минимальная наработка до отказа 3-44 ч). По данным цеховых журналов, причинами отказов подшипников являются: выкрошка тел качения (роликов) и обойм; поломка сепараторов (сколы, разрывы); поломка обойм подшипников (разрывы, трещины, сколы); «сгорание» подшипников.



Соотношение повреждений подшипников (к общему числу вышедших из строя) представлено в таблице 1. Термин «сгорание» подшипника означает, что в процессе эксплуатации вследствие возрастания температуры подшипника в нем выгорает смазка. После аварийной перевалки и разборки опоры видна остаточная деформация на телах качения (отклонения от круглости, вмятины) и беговых дорожках обойм (вмятины), нагар на телах качения и обоймах оплавленный или разрушенный сепаратор.

Для определения причин выхода из строя рассматриваемых подшипников в данной работе была поставлена задача установить закон распределения вероятности наработки подшипников до отказа и определить их показатели надежности (теоретическую плотность распределения наработки до отказа  $f(t)$ , вероятность отказов  $Q(t)$ ).

С этой целью использовали информацию об отказах всех подшипников клеток № 6-12 за указанный период (таблица 1). В связи с универсальностью закона Вейбулла его применили для оценки показателей надежности работы подшипников, определяемых по формулам [1]:

– теоретическая плотность распределения наработки до отказа  $f(t)$ :

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \times \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (1)$$

где  $a$  – параметр масштаба (задает масштаб кривой распределения по оси абсцисс);

$b$  – параметр формы (определяет остроту и асимметрию кривой плотности распределения);  
– вероятность отказов  $Q(t)$ :

$$Q(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]. \quad (2)$$

Результаты расчетов представлены в виде графиков (рисунки 2, 3) и в таблице 2.

Согласованность теоретических и статистических распределений вероятностей отказов проверяли по критерию Колмогорова [1]. Вероятность согласованности составила 0,8-0,9. Это свидетельствует о достоверности принятых теоретических распределений.

В результате расчетов установили (таблица 2), что параметр  $b$  в клетях меньше или равен единице ( $b \leq 1$ ):

А) в клетях № 7, 9-12 параметр  $b < 1$ ;

Б) в клетях № 6, 8 параметр  $b \approx 1$ .

Параметр  $b \leq 1$  закона Вейбулла согласно [1] показывает, что большинство отказов подшипников являются внезапными (аварийными), связанными с поломками и разрушениями. Они вызваны в основном перегрузками, нарушениями правил технической эксплуатации и организационными причинами.

Аварийный выход из строя опор рабочих валков подтверждается количеством «сгоревших» подшипников, составляющих около половины всех разрушений (таблица 1).

Таблица 1 – Соотношение повреждений подшипников рабочих валков НШС-1700 к общему числу вышедших из строя

Номер клетки	Причина отказа подшипника								Общее количество подшипников, вышедших из строя, шт
	Выкрошка тел качения и беговых дорожек обойм		Поломка обойм		«Сгорание» подшипника		Поломка сепаратора		
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	
№ 6	34	48,6	1	1,4	25	35,7	10	14,3	70
№ 7	94	58,4	4	2,5	46	28,6	17	10,6	161
№ 8	146	64,9	2	0,9	66	29,3	11	4,9	225
№ 9	190	51,5	2	0,5	167	45,3	10	2,7	369
№ 10	157	41,5	4	1,1	207	54,8	10	2,7	378
№ 11	124	37,7	6	1,8	192	58,4	7	2,1	329
№ 12	157	34,1	3	0,7	288	63	10	2,2	460
Сумма*	902	45,4**	22	1,1**	991	49,9**	71	3,6**	1986

Примечание: Информация об отказах подшипников клеток № 6-12 стана представлена с января 2002 по июнь 2009 г.  
\*Сумма отказов подшипников в клетях № 6-12. \*\*Процент по каждой причине отказов подшипников подсчитан от их общей суммы.

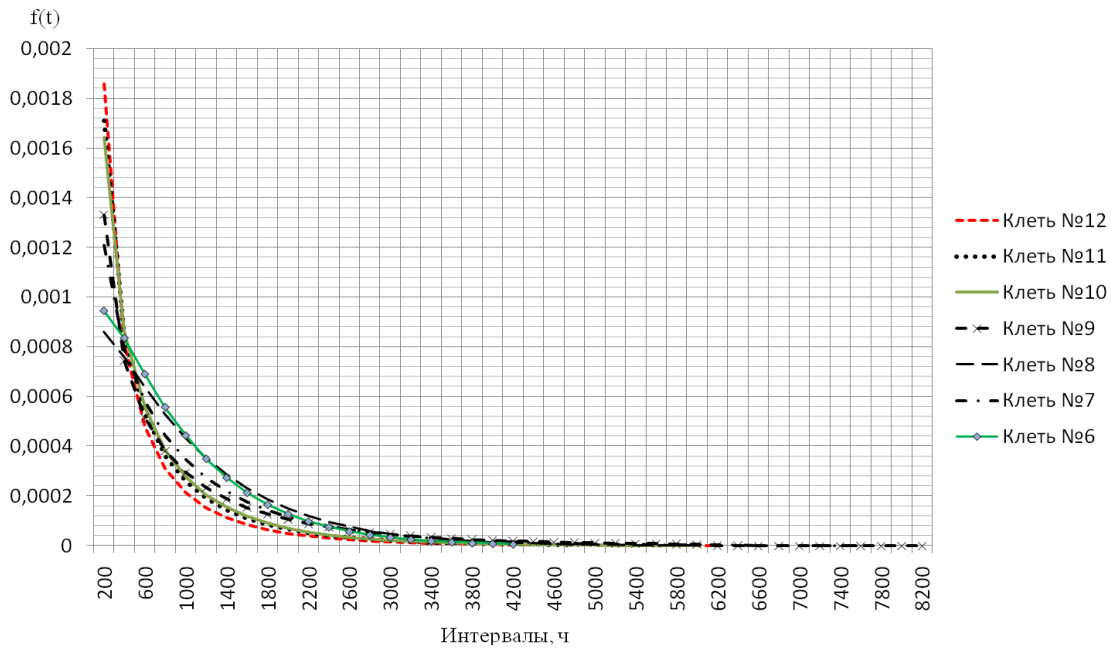


Рисунок 2 – Теоретическая плотность распределения вероятности наработки до отказа  $f(t)$  подшипников рабочих валков клетей № 6-12 НПС-1700 ЛПЦ-1

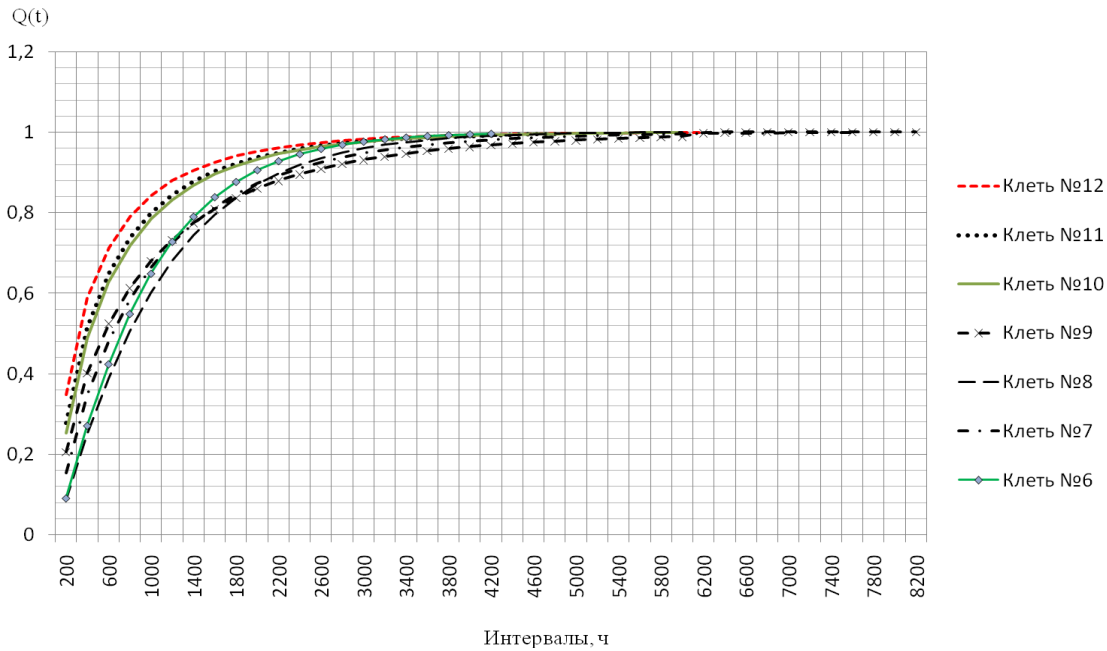


Рисунок 3 – Вероятность отказов  $Q(t)$  подшипников рабочих валков клетей № 6-12 НПС-1700 ЛПЦ-1

Таблица 2 – Результаты расчетов параметров  $a$ ,  $b$  закона Вейбулла и их сопоставления со скоростью прокатки в клетях чистой группы НПС-1700

Номер клетки	Значение вариационного ряда выборки, ч		Размах выборки и R, ч	Число отказов n, шт	Средняя наработка до отказа $T_0$ , ч	Параметры закона Вейбулла		Скорость прокатки, м/с*	Частота вращения рабочего вала $n_1$ , мин <sup>-1</sup>	$[n]^{**}, \text{мин}^{-1}$	Проверка подшипника по условию быстроходности
	min	max				a	b				
6	33	4015	3982	70	884	864	1,09	1,43	39	500	$n < [n]$
7	22	7568	7546	161	960	813	0,85	2,83	77	500	$n < [n]$
8	44	5841	5797	225	1009	975	1,07	3,73	102	500	$n < [n]$
9	10	8041	8031	369	1003	751	0,73	5,5	150	500	$n < [n]$
10	7	5885	5876	378	704	512	0,76	7,3	199	500	$n < [n]$
11	3	4620	4617	329	651	467	0,73	9	257	500	$n < [n]$
12	3	6149	4146	460	567	357	0,67	10,3	281	500	$n < [n]$

Примечание: \*Скорость взята при прокатке полосы толщиной 30 мм перед клетью №6 и 2,0 мм за клетью № 12; диаметр рабочего вала равен  $D=700$  мм. \*\*Предельная частота вращения подшипника качения № 77888 при консистентной смазке

[n]=500 мин<sup>-1</sup>.

Подшипники рабочих валков воспринимают радиальные и осевые нагрузки, возникающие при прокатке. Радиальная нагрузка, регистрируемая месдозами, не превышает паспортную ( $P=18\text{MN}$ ). В то же время частый выход из строя защепок, фиксирующих подушки от осевых смещений, позволяет заключить, что осевые усилия превышают допустимые для подшипника № 77888. Согласно [2] эти осевые усилия возникают в результате перекосов валков в клетях.

Перекося валков происходит в результате изменения геометрии бочек рабочих и опорных валков, рабочих поверхностей окон станин, подушек рабочих и опорных валков, направляющих планок в станинах, вызванных их износом. В свою очередь станины имеют смещения относительно оси прокатки.

Из вышеуказанного следует, что перекося валков в клетях приводит к увеличению осевых нагрузок, превышающих допустимые значения, и к перекосям обоем подшипников, вызывающих заклинивание тел качения. Это вызывает рост сил трения скольжения и большим потерям на их преодоление, приводящим к интенсивному нагреву подшипников и последующему их разрушению («сгорание» подшипника). При этом количество выделяемого тепла возрастает с увеличением скорости прокатки. В итоге подшипники, работающие в клетях с большими скоростями, имеют более низкую надежность и большой процент выхода из строя по причине «сгорания». Эта связь четко прослеживается в клетях № 9-№ 12 (рисунки 2, 3 и таблица 2). При этом максимальная частота вращения подшипников валков не превышает их предельного значения (таблица 2).

Отклонения от правил эксплуатации проявляются в виде нарушений правил сборки, монтажа и эксплуатации опор рабочих валков, а также по организационным причинам.

Рассчитанные показатели  $f(t)$ ,  $Q(t)$  (рисунки 2, 3 и таблица 2) для подшипников рабочих валков клетей

№ 6-12 можно сравнить, расположив их в порядке уменьшения надежности в следующей последовательности: подшипники валков клетки № 8, затем клетки № 6 и далее – клетей № 7, 9, 10, 11, 12.

С учетом близости расположения кривых  $f(t)$ ,  $Q(t)$  (рисунки 2, 3) относительно друг друга, рассматриваемые подшипники можно разделить на группы: первая – подшипники валков клетей № 6 и 8; вторая – клетей № 7 и 9; третья – клетей № 10, 11, 12. У подшипников первой группы преобладают повреждения в виде выкрошивания поверхностей тел качения и беговых дорожек обоем подшипников (таблица 1). Для подшипников второй и третьей групп клетей с увеличением скорости прокатки наблюдается рост процента повреждений в виде «сгорания» (таблица 1).

В результате вышеизложенного можно заключить, что:

1) большая часть выхода из строя (отказов) подшипников рабочих валков аварийная;

2) причинами выхода из строя подшипников являются перекося валков в клетях, вызывающие большие осевые нагрузки и недопустимые перекося внутренних колец подшипников относительно наружных;

3) перекося валков в клетях вызваны износом рабочих поверхностей рабочих и опорных валков, окон станин, подушек рабочих и опорных валков, направляющих планок в станинах и деформациями шеек валков вследствие их перегрева;

4) подшипники рабочих валков клетей № 6 и 8 по сравнению с остальными подшипниками клетей чистой группы НШС-1700 обладают более высокой надежностью, так как работают в условиях стабильной смазки при небольших угловых скоростях;

5) надежность подшипников рабочих валков клетей № 9-12 снижается с увеличением скорости прокатки, вследствие их перегрева и «сгорания».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. М.: Металлургия, 1983. 415 с.
2. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. М.: Металлургия, 1985. 376 с.

УДК 621.7+669.14

А.З. ИСАГУЛОВ,  
В.Ю. КУЛИКОВ,  
Е.П. ЩЕРБАКОВА,  
А.С. ТУСУПБЕКОВА

#### Современные конструкции литейных ковшей

Сталь, выплавляемая в конвертерах, в электродуговых и мартеновских печах, сливается в ковши (сосуды), предназначенные для кратковременного хранения, транспортирования, выпечной обработки, а также для разлива стали в изложницы, промежуточные ковши, литейные формы.

Сталеразливочный ковш представляет собой стальную сварную или клепаную емкость,

выложенную изнутри огнеупорным кирпичом или огнеупорной массой и имеющую приспособления для транспортирования, рафинирования и разлива стали.

Технологические функции ковшей значительно расширились. Наряду с общепринятыми процессами раскисления и легирования в ковшах проводят такие металлургические операции, как обработка металла инертными газами и различными порошковыми

материалами, жидкими шлаками, вакуумированием, а также при необходимости применяют подогрев или охлаждение расплава.

Ковши различают по конструкции и разливке. По способу транспортирования ковши подразделяют на ручные, монорельсовые, крановые; по способу разливки стали – с верхней разливкой (через носок), с нижней разливкой со стопорными и скользящими затворами; по конструкции – конические, барабанные, чайниковые, секторные. Основными эксплуатационными параметрами ковшей считают их емкости и коэффициент тары. Под емкостью (вместимостью) ковша понимают массу жидкой стали и шлака, которая вмещается до уровня нижней кромки сливного носка.

Геометрические размеры ковшей должны быть достаточными, чтобы вместить всю расплавленную сталь и часть шлака выпускаемой плавки. Количество шлака устанавливается расчетом для каждой емкости с учетом относительных потерь тепла и продолжительности разливки. Для ковшей малой емкости (1-50 т) относительное количество шлака составляет 10,0-6,0 % от массы стали в ковше, для средней емкости (70-250 т) изменяется в пределах 5,7-2,6 % от массы стали в ковше, для ковшей большой емкости (250 – 480 т) – в пределах 2,6-3,0 %.

Ковши состоят из кожуха, шлакового желоба или носка, стопорного устройства со стопором или в виде скользящего затвора, кантовального устройства, футеровки. Ковши конвертерного производства шлакового желоба не имеют, так как количество шлака регулируется наклоном конвертера. Ковши, в которых производится продувка металла газом, имеют пористую вставку.

Широкое распространение получили сталеразливочные ковши, имеющие форму усеченного конуса с большим основанием вверху. Круглое сечение конуса обеспечивает минимальную поверхность охлаждения, способствует снижению тепловых потерь в окружающую среду и на аккумуляцию. Поэтому при проектировании ковшей отношение среднего диаметра к высоте принимают близко к единице, в ковшах для внепечной обработки нераскисленных сталей для предотвращения переливания металла через край несколько увеличивают высоту на 1-1,3 м, соблюдая указанное отношение равным 0,8. Конусность отдельных ковшей может быть в пределах от 1:25 до 1:4, чаще кожух ковша имеет конусность от 1:12 до 1:17. Наибольшая конусность положительно влияет на стойкость футеровки, упрощает удаление застывших шлаков, «козлов», настелей, уменьшает опасность повреждения кладки, облегчает удаление изношенной футеровки.

Сталь из ковшей выпускают с помощью разливочных устройств, которые должны удовлетворять определенным требованиям, в частности, надежно удерживать жидкую сталь в ковше, формировать струю, регулировать интенсивность истечения, надежно управлять струей в период пуска, прерывания, прекращения истечения. При дискретной разливке одного ковша в изложницы

сверху, в изложницы снизу через сифонную проводку, при литье в формы количество перекрытий струи достигает 40-50 и более. Разливка в емкости для внепечной обработки стали, а также в промежуточные ковши требует меньшего количества перекрытий устройств.

Разливочные устройства ковшей подразделяют на стопорные и более современные скользящие затворы. Широкое применение находят скользящие шибберные затворы двух основных видов: с возвратно-поступательным перемещением подвижной плиты в горизонтальном направлении и скользящие поворотные затворы. Принцип действия скользящих затворов заключается в том, что истечение стали происходит при совмещении сквозных отверстий в двух сопрягающихся плитах или другой формы деталей.

Применение скользящих затворов обеспечивает удобство их установки снаружи кожуха ковша, повышает надежность разливочного устройства, автоматизации дистанционного управления, способствует широкому применению в сталеплавильных и литейных цехах. Преимущества скользящих затворов возрастают при повышенной температуре разливки, вакуумировании, обработке в ковше синтетическими шлаками. Внедрение скользящих затворов наряду с улучшением условий труда, автоматизацией и дистанционным управлением принесет экономическую эффективность за счет снижения удельных расходов огнеупоров с 2,5-3 до 0,2-0,3 кг/т разливаемой стали, исключения расходов металла на стержни стопоров, уменьшения брака из-за аварий при разливке, роста производительности благодаря увеличению емкости ковшей, ускорения их оборачиваемости, увеличения расхода стального лома и др. Указанные преимущества скользящих затворов способствуют снижению себестоимости и улучшению качества стальных слитков.

При высоких температурах (1500-1700 °С) в условиях вакуума несвязанные оксиды магния, кремния, хрома футеровки начинают восстанавливаться и насыщать кислородом металл, качество стали понижается. Физико-химический процесс протекает по схеме: избирательное испарение оксидных компонентов огнеупорных материалов, дислокация в условиях вакуума  $RO_T \rightarrow R_T \cdot 0,5O_{2,T}$ . Особенно это характерно для несвязанных оксидов кремния, железа и хрома. Наиболее устойчивыми являются корундовые и цирконовые огнеупоры. Огнеупоры, содержащие свободные оксиды, не применяют в вакуумной металлургии. Для получения более тугоплавких, прочных, устойчивых к испарению в вакууме огнеупоров применяют оксиды  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ .

При плавке металла и выпуске металла в ковш шлак неизбежно попадает в ковш. В дальнейшем возникает опасность его попадания в литейную форму со струей металла.

Основными видами ковшей при заливке являются стопорные, чайниковые и с носиком. При заливке из стопорных ковшей истечение металла происходит из дна ковша. При этом шлак

находится на поверхности и поэтому имеется возможность полного истечения металла. При этом известно применение поплавок с широким основанием и узкой вершиной. Поплавок препятствует образованию воронки в металле и попаданию шлака в струю металла [1].

При заливке металла из чайниковых поворотных ковшей вследствие меньшей плотности шлака (по сравнению с плотностью металла) он собирается на поверхности ковша и возникает опасность попадания шлака в форму. Известно, что в производственной практике шлак удаляется скребками с поверхности, но этого недостаточно, так как в процессе заливки шлак всплывает на поверхность металла со стенок и дна ковша.

Шлак, плавающий на поверхности металла, задерживают также скребалкой [2]. Также используются чайниковые ковши, имеющие футерованную, не достигающую до дна, перегородку для отделения шлака. Между перегородкой и носиком ковша остается вертикальный канал для металла [2].

Однако при этом невозможно полностью вылить металл из ковша, в противном случае плавающий на поверхности металла шлак через пространство между перегородкой и дном ковша попадет в струю металла.

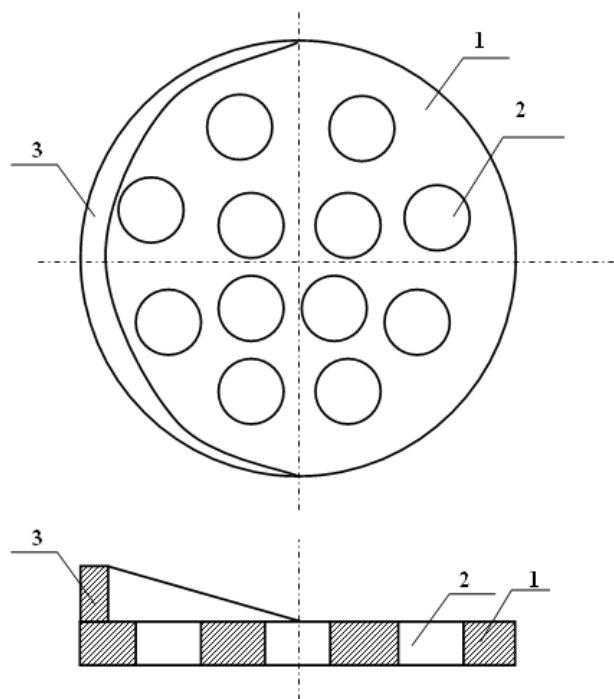
Вследствие этого предлагается использовать свободно плавающую на поверхности жидкого металла разделительную перегородку, которая вместе с наклоном ковша меняет свое положение, позволяя полностью вылить металл. Перегородка (рисунок) делается из материала, плотность которого находится между плотностями металла и шлака (например, титан), покрытая огнеупорной обмазкой, например, молотым шамотом, смешанным с жидким стеклом или огнеупорной глиной.

Перегорodka имеет основное тело 1, отверстия 2 для выхода шлака, поднимающегося со стенок и дна ковша в процессе заливки на поверхность ковша, а также борт 3, обращенный в сторону носика ковша, то есть истечения струи металла из ковша.

Диаметр перегородки  $d_n$  немного меньше диаметра ковша  $d_k$  ( $d_n=0,95 \times d_k$ ). При этом шлак будет всплывать на свободную поверхность и задерживаться

между отверстиями перегородки или между перегородкой и стенкой ковша.

Таким образом, появляется возможность полного истечения металла из ковша и недопущение его попадания в струю металла.



Вставка для удержания шлака в ковше

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Патент 5044610 США. Способ предотвращения попадания шлака в струю металла, вытекающего из ковша (резервуара). Koffron Robert J. Оpubл. 03.09.91.
2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1977. 393 с.

УДК 621-181.4

А.З. ИСАГУЛОВ,  
О.А. ШАРАЯ,

Современное состояние вопроса в области кремнийсодержащих наноматериалов

**В.Ю. КУЛИКОВ,  
Е.П. ЩЕРБАКОВА,  
И.В. БАЙДАУЛЕТОВА**

В настоящей работе методом зонда Ленгмюра исследованы распределения по скоростям ионов в факеле при абляции одной мишени кремния и в плазменном пучке, сформированном пересекающимися факелами при абляции двух мишеней кремния. Получены времяпролетные кривые (ВПК) ионного тока на зонд при расстояниях зонд-мишень в интервале 40-157 мм. Проведена аппроксимация ВПК суммой одномерных распределений Максвелла по скоростям для нескольких групп ионов. Измерено распределение толщины пленки в плоскости осей узконаправленных факелов. Получено распределение времени прихода пика ВПК от координаты относительно биссектральной оси. Получены образцы пленок кремния с шероховатостью поверхности 1 нм.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Эксперименты проводились в вакуумной камере, которая откачивалась турбомолекулярным насосом до давления  $10^{-6}$  Торр. Мишени в виде дисков из монокристаллического кремния закреплялись в оправе и вращались для однородности выработки мишени. Лазерная эрозионная плазма от кремниевой мишени образовывалась под действием излучения твердотельного YAG:Nd<sup>3+</sup> лазера с модуляцией добротности. Длительность импульса по полувысоте составляла 15 нс, энергия в импульсе 300 мДж. Луч делился на два равных, которые затем фокусировались на поверхность мишеней линзами с фокусным расстоянием 30 см. Площадь пятна фокусировки на мишени 0,65 мм<sup>2</sup>.

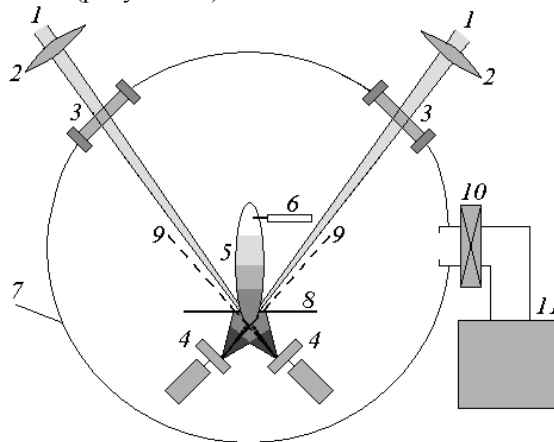
Зонд Ленгмюра длиной 5 мм изготавливался из вольфрамовой проволоки диаметром 0,2 мм, которая помещалась в керамическую трубку. Зонд располагался перпендикулярно оси факела. Перемещение зонда в вакуумной камере осуществлялось вдоль оси эрозионного факела в интервале 40-157 мм. Потенциал зонда мог изменяться в пределах от 0 до -18 В. Источником регулируемого напряжения на зонде служила батарея аккумуляторов, которая одним полюсом через потенциометр подключалась к зонду, а другим полюсом через нагрузочный резистор заземлялась [1]. Для стабилизации потенциала зонда во время протекания тока источник регулируемого напряжения шунтировался емкостью 2,5 мкФ. Ток зонда регистрировался на резисторе утечки 1 кОм с использованием быстродействующей платы аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) AT-5102 фирмы International Instruments и записывался на ПК. Отсчет времени прихода зарядов на зонд производился от момента генерации лазерного импульса, регистрируемого фотодиодом, сигнал с которого подавался на канал запуска АЦП.

В режиме перекрещенных пучков угол между мишенями и, соответственно, между факелами

составлял 90°. Оси вращения мишеней располагались в одной плоскости. Перпендикулярно биссектрисе угла, образованного осями факелов, устанавливался неподвижный экран с отверстием. Диаметр отверстия выбирался таким, чтобы исключить прямую видимость областей абляции мишеней с места расположения зонда, чем исключалось прямое попадание на зонд заряженных частиц от исходных факелов. При исследовании одного из исходных факелов регистрировался сигнал с зонда, расположенного на оси разлета этого факела, второй луч перекрывался, и экран не устанавливался.

ВПК для обоих случаев имеют один ярко выраженный максимум с резким передним фронтом и более пологим задним фронтом, спадающим до нуля примерно за 30 мкс. Все ВПК были получены в интервале времени от 0 до 50 мкс, но для лучшего разрешения на рисунке 2 интервал времени сокращен до 20 мкс. Амплитуда сигнала ВПК с увеличением расстояния зонд-мишень падает в результате расширения факела.

Были получены ВПК ионного тока на зонд на разных расстояниях зонд-мишень как для плазменного пучка, образованного при пересечении двух факелов (рисунок 2а), так и для факела от одной мишени кремния (рисунок 2б).



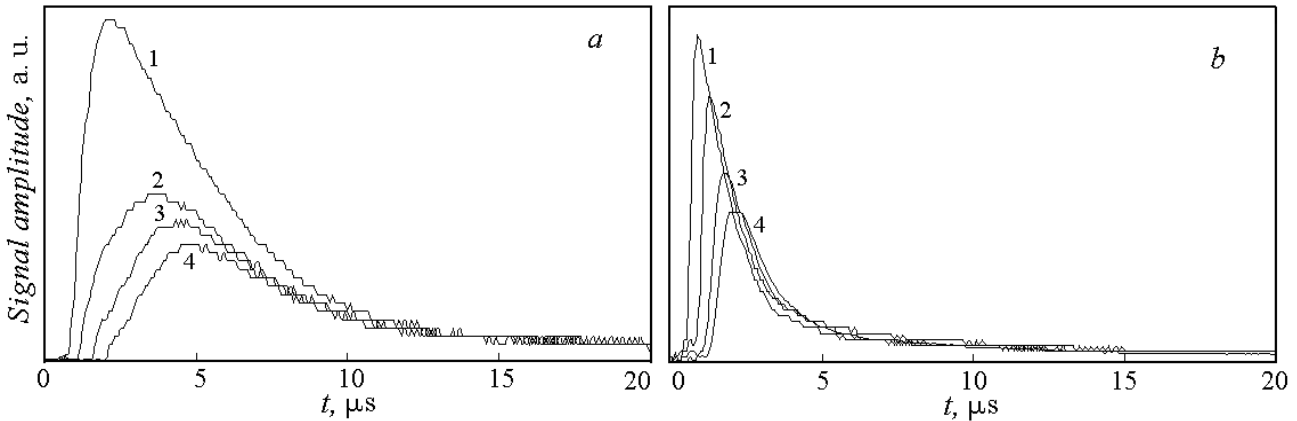
- 1 – излучение твердотельного ИАГ:Nd<sup>3+</sup> лазера;  
2 – фокусирующая линза; 3 – окно вакуумной камеры;  
4 – мишень; 5 – плазменный пучок; 6 – зонд  
Ленгмюра; 7 – вакуумная камера; 8 – диффрагма;  
9 – ось факела; 10 – вакуумный затвор;  
11 – турбомолекулярный насос

Рисунок 1 – Схема установки зондовых исследований плазменного пучка при абляции кремния

Из рисунка 2 видно, что задержка переднего фронта сигнала пропорциональна расстоянию зонда до мишени. Были определены времена прихода лидирующей группы ионов от расстояния зонд-мишень в интервале 40-157 мм. Время прихода определялось по задержке между моментом абляции мишени и максимумом сигнала с зонда. Для обоих

случаев образования эрозионного факела эта зависимость имеет линейный характер, то есть скорость разлета лидирующей группы ионов кремния не зависит от расстояния до мишени и составляет в плазменном пучке, образованном пересекающимися факелами, 31 км/с, а в факеле от одной мишени кремния – 70 км/с.

Асимметрия зондовых кривых, представленных на рисунке 2, связана с неравновесным распределением ионов по скоростям в факеле [2]. Наиболее вероятная скорость:  $L$  – расстояние зонд-мишень;  $t$  – время. Так, ВПК для факела от одной мишени являются суммой четырех групп положительно заряженных частиц, распространяющихся со скоростями, равными 71 км/с; 35,5 км/с; 18 км/с и 9 км/с. На рисунке 3 представлены



а – для плазменного пучка, образованного при пересечении двух факелов; б – для факела одной мишени

Рисунок 2 – Зондовые ВПК на разных расстояниях зонд-мишень: 1 – 72 мм; 2 – 102 мм; 3 – 132 мм; 4 – 157 мм

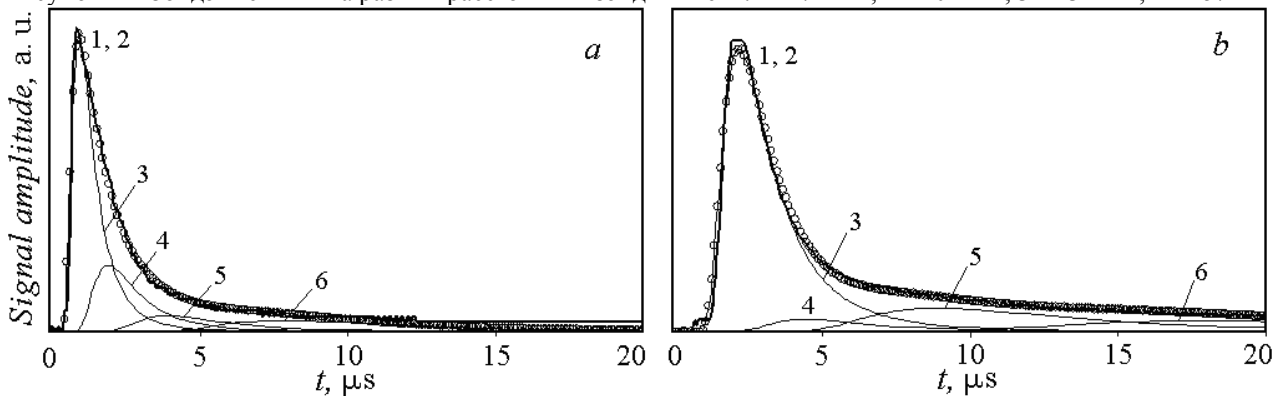


Рисунок 3 – Экспериментальные ВПК факела от одной мишени для расстояний зонд-мишень 72 мм (а) и 157 мм (б) и их аппроксимация суммой четырех максвелловских кривых. Толстой сплошной линией обозначена экспериментальная кривая 1, кружками отмечена расчетная кривая 2, представляющая собой сумму максвелловских кривых 3, 4, 5 и 6 для групп ионов со скоростями 71 км/с; 35,5 км/с; 18 км/с и 9 км/с соответственно

ВПК для расстояний зонд-мишень 72 и 157 мм и их аппроксимация суммой четырех максвелловских кривых. Видно, что суммарные кривые, обозначенные на рисунке 3 кружками, практически совпадают с экспериментальными ВПК.

Сравнивая ВПК ионов эрозионного факела от одной мишени (рисунок 2б) и пучка, распространяющегося по биссектрисе угла между осями исходных факелов (рисунок 2а), можно видеть, что энергетический спектр отклоненного пучка существенно отличается от энергетического спектра исходных факелов. Максимальная скорость в отклоненном пучке существенно ниже, чем скорость лидирующей группы ионов одиночного факела. Это вызвано тем, что эффективность отклонения ионов в пучках пропорциональна плотности ионов в пересекающихся пучках  $n(t)$  и сечению столкновения

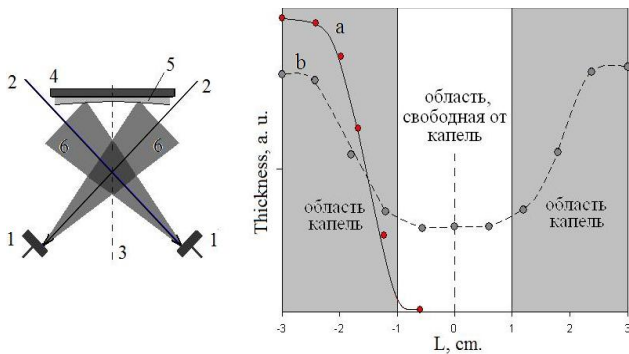
ионов  $Q$ . Аналогичный вид имеет и выражение для тока на зонд в отклоненном пучке.

Был проведен расчет тока на зонд для плазменного пучка, образованного при пересечении двух факелов, для всех исследованных расстояний зонд-мишень. При расчетах были взяты только группы ионов со скоростями 71 км/с и 35,5 км/с, т.к. для более медленных групп ионов время взаимодействия велико [2] и вкладом от них можно пренебречь. Полученные для  $Q \sim 1/V^2$ , где  $V$  – скорость ионов, расчетные кривые хорошо совпадают с экспериментальными ВПК для всех исследуемых расстояний. В общем случае, наибольшее отклонение будут испытывать ионы из тех участков факела, для которых произведение концентрации и сечения рассеяния будет максимальным.



На рисунке 4 указаны области осаждения капель и зона, свободная от капель. Кривая *a* показывает распределение толщины пленки, полученной при абляции только одной мишени, а кривая *b* описывает распределение толщины пленки при абляции двух мишеней (перекрещенные пучки).

Также было получено распределение времени прихода пика ВПК от координаты относительно биссектральной оси. Для этого зонд перемещался по дуге в плоскости разлета плазменных факелов, причем радиус дуги выбирался так, чтобы расстояние от точки пересечения факелов до зонда составляло 6 см. Плотность энергии на мишени составляла 20 Дж/см<sup>2</sup>. Полученное распределение представлено на рисунке 5.



1 – мишень; 2 – излучение лазера; 3 – биссектральная ось; 4 – подложка; 5 – пленка кремния; 6 – факел

Рисунок 4 – Схема исследования распределения по толщине пленки в плоскости осей факелов

относительно биссектральной оси (обозначена пунктиром)

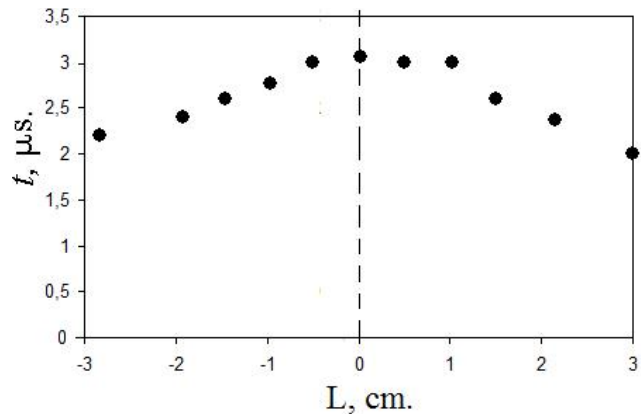
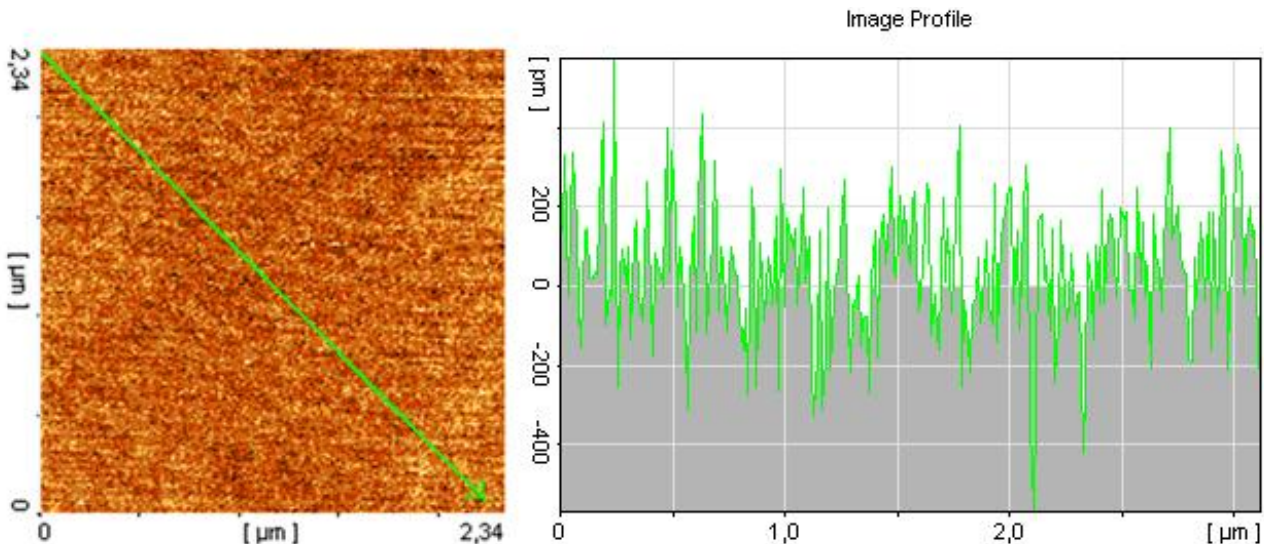


Рисунок 5 – Распределение времени прихода пика ВПК от координаты относительно биссектральной оси (обозначена пунктиром) при плотности энергии на мишени 20 Дж/см<sup>2</sup>

Из распределения видно, что скорость ионов, распространяющихся вдоль биссектральной оси, а соответственно и энергия меньше скорости ионов,двигающихся вдоль направлений разлета исходных эрозионных факелов [3].

Методом пересекающихся пучков получены образцы пленок кремния с шероховатостью поверхности менее 1 нм. На рисунке 6 представлено изображение участка тонкой пленки кремния, полученное при помощи атомно-силового микроскопа (АСМ).



Рисунке 6 – АСМ-изображение участка тонкой пленки кремния толщиной 150 нм без капель с шероховатостью поверхности 0,5 нм

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харрис, П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века [Текст]: Пер. с англ. / П. Харрис; Под ред. и с доп. Л.А. Чернозатонского. М.: Техносфера, 2003.
2. Пул, Ч. Нанотехнологии [Текст]: учеб. пособие: Пер. с англ. / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Под ред. Ю.И. Головина. М.: Техносфера, 2004.
3. Технические и программные средства автоматизации научных иссл. М.: Наука, 1987.



УДК 621.784.4

Г.С. ЖЕТЕСОВА,  
О.П. МУРАВЬЕВ,  
Ю.О. МУРАВЬЕВА**Конструктивные особенности инструментов  
для обработки деталей роликами**

Широкое применение методов поверхностно-пластической деформации (ППД) в промышленности привело к созданию многочисленных конструкций инструмента и схем обработки. Выбор рациональной схемы обработки и оптимальной конструкции инструмента определяет технико-экономические показатели процесса и зависит от различных факторов, важнейшими из которых являются: тип производства, жесткость технологической системы, размеры и конструкция обрабатываемой детали, точности её изготовления и других [1].

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили сформулировать положения, которые рекомендуется применять при создании прогрессивного и совершенствовании существующего инструмента для ППД, а также при выборе рациональных режимов обработки. Сущность этих рекомендаций и положений сводится к следующему [1].

1. Качество и производительность обработки ППД зависит от размеров и формы деформирующих роликов, вида и размеров поверхностей деталей.

2. На величину показателей качества поверхностного слоя преимущественное влияние оказывает максимальное контактное напряжение или глубина внедрения деформирующего элемента в деталь. Среднее давление пропорционально глубине его внедрения в обрабатываемую поверхность.

3. При постоянной глубине внедрения деформирующего элемента с увеличением его размеров и размеров детали среднее давление уменьшается, причем незначительно, так как пропорционально увеличивается площадь контакта, а максимальные напряжения в контакте уменьшаются.

4. Один и тот же контакт между поверхностями детали и деформирующим инструментом как по форме, так и по размерам можно обеспечить деформирующими элементами разных начальных размеров, имеющих эквидистантно расположенные поверхности.

5. При постоянной форме и размерах контактной зоны усилие деформирования увеличивается при уменьшении размеров деформирующих роликов, обеспечивающих данный контакт, при этом увеличивается и глубина его внедрения в деталь.

6. При заданных форме и размерах деформирующего элемента качество обработки зависит от усилия деформирования или глубины его внедрения.

7. Обработка поверхностей валов и отверстий, имеющих одни и те же диаметры, одинаковыми деформирующими элементами и равными глубинами

их внедрения приводит к различным результатам, так как при обработке отверстий при тех же диаметрах площадь контакта оказывается большей по размерам. Для достижения заданных результатов обработка отверстий должна производиться деформирующими элементами меньших размеров в пропорции, определяемой по предложенной в работе методике.

8. Шероховатость обработанной поверхности зависит от подачи, усилия деформирования, длины контакта, заднего угла и угла самозатягивания. При одном и том же усилии деформирования шероховатость тем меньше, чем больше размеры деформирующих роликов в продольном направлении и чем меньше задний угол.

9. Глубина упрочнения и остаточные напряжения в поверхностном слое должны определяться от распределенных контактных напряжений по площади контакта, а не от сосредоточенного усилия деформирования. При одном и том же усилии деформирования, но разных площадях контакта глубина упрочнения будет меньше при большей площади контакта. В этой связи увеличение диаметра деформирующего элемента для повышения усилия деформирования не целесообразно. Более предпочтительным является увеличение усилия деформирования при одновременном уменьшении диаметра деформирующего элемента до значений, ограниченных конструктивными соображениями.

10. Глубина внедрения деформирующих роликов в поверхность детали соразмерима с допуском на обработку. Применение инструментов, настроенных на заданный размер приводит к нестабильному качеству, меняющемуся в широких пределах. При проектировании инструмента необходимо принимать конструктивные решения, обеспечивающие постоянство и стабильность усилия деформирования, а также угла самозатягивания.

11. Форма рабочей поверхности деформирующего элемента не имеет доминирующего значения для обеспечения заданного качества поверхностного слоя. Основными параметрами являются диаметральные и продольные размеры деформирующих роликов. Наиболее целесообразным с точки зрения обеспечения заданных параметров качества поверхностного слоя, при высокой производительности и минимуме энергетических затрат на обработку является применение конических деформирующих роликов с профильным заходным радиусом 2...3 мм и задним углом, равным 20'...30'. Начальный диаметр ролика необходимо выбирать в пределах  $r_n = 5...8$  мм в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия и конструкции деформирующего инструмента.

В настоящее время для раскатывания применяют большую номенклатуру обрабатывающих инструментов. Выбор того или иного инструмента зависит от условий обработки деталей, имеющегося опыта на данном предприятии, а также поставленных требований по производительности и качеству обработанной поверхности.

Классификация инструментов для раскатывания и обкатывания сводится:

- к способу установки деформирующих роликов в инструменте;
- способу настройки роликов на обрабатываемый размер;
- обеспечению заданной стабильности обработки.

**Требования, которым должен удовлетворять деформирующий инструмент, состоят в следующем.**

1. Обеспечение обработки партии деталей с постоянным усилием деформирования при изменении их действительных размеров в пределах заданного допуска по 7÷14 квалитетам точности.

2. Обеспечение постоянного усилия деформирования, а в инструментах, работающих в режиме самозатягивания, обеспечение постоянной величины самозатягивания на протяжении заданного промежутка времени.

3. Наиболее нагруженные детали инструмента для ППД должны выдерживать длительную нагрузку, при заданном качестве, усилие деформирования и требуемой производительности.

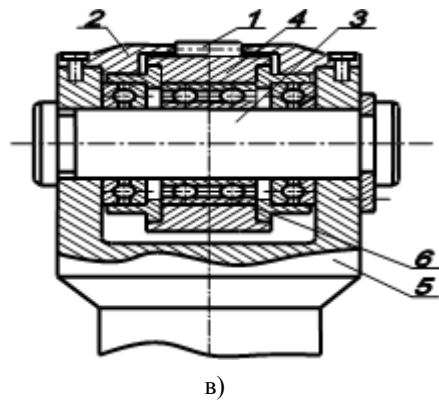
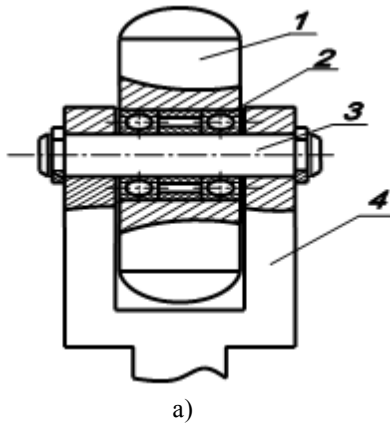
4. Простота конструкции, технологичность в изготовлении, удобство настройки деформирующих роликов на заданную глубину их внедрения в поверхность детали или на заданный размер с требуемой точностью, стабильность параметров и режимов обработки.

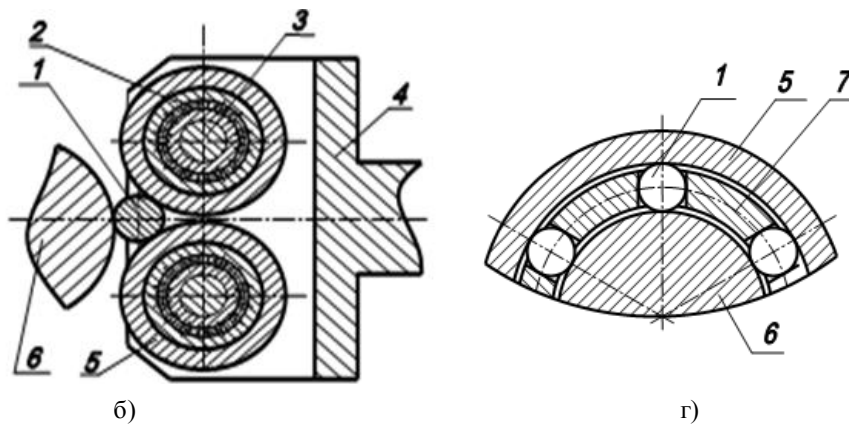
Указанные требования достигаются обоснованным рациональным выбором конструкции инструмента, его параметров, применяемых материалов, технологией изготовления, качественной сборкой и многими другими составляющими [2].

По способу установки роликов в инструменте можно выделить три конструктивных решения: установка роликов на подшипниках качения (рисунок 1а); на промежуточные катки (рисунок 1б); на опорный конус (рисунок 1в).

Основной недостаток установки роликов на подшипники качения – большой диаметр деформирующего ролика. Это связано с тем, что внутри ролика необходимо поместить подшипник, несущая способность которого должна соответствовать усилию деформирования (рисунок 2). Увеличение усилия деформирования приводит к необходимости пропорционально увеличивать диаметр подшипника, на который установлен ролик, а следовательно, и диаметр самого ролика. Увеличение диаметра ролика при одной и той же глубине его внедрения в поверхность детали не приводит к уменьшению максимальных и средних контактных напряжений, так как пропорционально увеличивается площадь контакта.

В то же время на качество поверхностного слоя влияет преимущественно среднее давление или максимальное напряжение в контакте. Это обстоятельство привело к созданию инструмента второго и третьего типа. В этих инструментах можно применить ролики малых диаметров. Они в процессе обработки опираются либо на два смежных катка (рисунок 1,б), либо на один каток или опорный конус (рисунок 1в, г).





а) – на опору качения; б) – на промежуточные катки; в), г) – на опорный каток или конус  
 Рисунок 1 – Основные способы установки роликов в инструментах для обработки деталей поверхностным пластическим деформированием

По способу настройки роликов на обрабатываемый размер инструмента возможны две схемы: 1) настройка положения ролика в инструменте на заданную глубину его внедрения в обрабатываемую поверхность; 2) глубина внедрения ролика в поверхность детали определяется заданным усилием деформирования, приложенным к ролику [3].

У жестких инструментов деформирующие ролики занимают неизменное положение относительно опорного конуса на всем протяжении обработки, в то время как у инструментов упругого действия ролики смещаются относительно опорного конуса под воздействием усилия деформирования при его увеличении за счет изменения размера обработки в пределах заданного допуска. Это смещение роликов обеспечивается применением различного рода нагружающих устройств или податливостью опорных элементов, на которые опираются ролики и через которые передается усилие деформирования.

На основании обобщения производственного опыта установлено, что в условиях серийного, крупносерийного и массового производства наиболее произво-

дительными, долговечными и надежными в эксплуатации инструментами являются ротационные инструменты, содержащие сепаратор 7 и опорный конус 5, на который опираются ролики 1, расположенные в гнездах сепаратора равномерно по окружности детали.

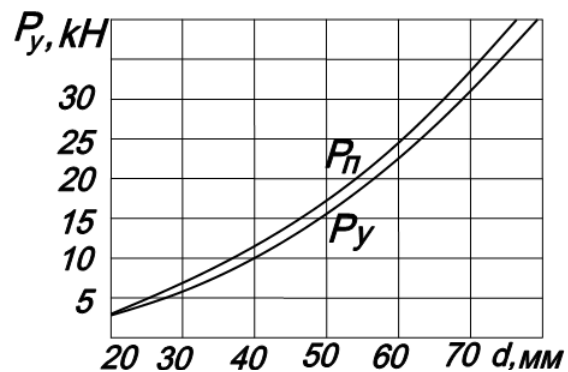


Рисунок 2 – Изменение усилия деформирования от диаметров роликов:  $P_y$  – нагрузка на деформирующий ролик;  $P_n$  – предельно допустимая нагрузка на подшипники, на которые установлены ролики

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отений Я.Н. Технологическое обеспечение качества деталей машин при обработке поверхностным пластическим деформированием роликами. Автореф. дис.... д-р техн. наук. Ростов н/Дону, 2007. 38 с.
2. Отений Я.Н. Методологический подход к технологическому обеспечению качества поверхности деталей машин при ППД роликами / Справочник // Инженерный журнал. 2006. № 3. С. 20-22.
3. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.

УДК 621.787.4

Г.С. ЖЕТЕСОВА,  
 О.П. МУРАВЬЕВ,  
 А.Н. ТКАЧЕВ

#### Взаимосвязь между конструктивно-технологическими параметрами и факторами обработки, физико-механическими явлениями в зоне контакта и показателями качества

В современном машиностроительном производстве одним из методов обеспечения стабильного качества деталей машин является поверхностное пластическое деформирование (ППД). Метод ППД прост в реализации, экономичен и обладает высокой производительностью, обеспечивает низкую

шероховатость, заданную глубину и степень упрочнения, формирование остаточных напряжений, мелкозернистую микроструктуру и другие показатели качества поверхностного слоя.

В настоящее время поверхностное пластическое деформирование нашло широкое применение в

машиностроении при изготовлении деталей, выполненных из стали, чугуна, а также цветных металлов. Основным назначением ППД является повышение качества поверхностного слоя.

К настоящему времени в области исследования ППД – роликами накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал, в котором рассматривается влияние конструктивно-технологических параметров и факторов на производительность и качество обработанной поверхности. В результате этого установлено, что качество поверхностей деталей зависит от большого количества технологических факторов обработки, конструктивных параметров деформирующих элементов и размеров деталей.

Основными факторами и параметрами обработки являются: подача, число проходов, геометрия и размеры деформирующих роликов, углы установки роликов относительно обрабатываемой детали (угол внедрения и угол самозатягивания), усилие деформирования, исходная шероховатость, твердость материала и некоторые другие величины. Характерно, что скорость деформирования в достаточно широких пределах практически не оказывает влияния на качество поверхностного слоя. Это следует рассматривать как возможность повышения производительности обработки. Роль смазки тоже незначительна, а ее применение необходимо для предотвращения перегрева инструмента [1, 2, 3, 4].

Точность обработки в основном зависит от точности предшествующей обработки резанием и исходной шероховатости. Изменение размера детали равно примерно удвоенной разности высоты исходной шероховатости и шероховатости, достигнутой в процессе пластического деформирования [3]. Следовательно ее можно учесть заранее расчетным методом при разработке технологического процесса.

Наличие большого количества величин, влияющих на качество поверхностного слоя, затрудняет выбор рационального сочетания их значений. Для систематизации и наглядного представления взаимосвязи конструктивно-технологических параметров обработки и показателей качества при ППД составлена схема (рисунок). Влияние одних параметров на другие определяется на ней только по направлению стрелок, соединяющих соответствующие величины. Стрелки, поставленные на отрезках в противоположных направлениях, указывают на взаимно-однозначное соответствие между величинами, а точки на пересечениях отрезков

означают, что в этих местах можно переходить с одного отрезка на другой. Буквой М обозначена малоизученная взаимосвязь или сведения отсутствуют. Из представленной схемы следует также, что значительное число как технологических, так и конструктивных параметров взаимосвязаны между собой, причем они, а также исходные характеристики поверхности определяют и физико-механические явления, протекающие в зоне контакта. В конечном итоге это определяет эксплуатационные показатели деталей машин. В свою очередь, физико-механические процессы (распределение напряжений и деформаций в зоне обработки, проскальзывание, распределение температур) при ППД, а также их взаимосвязь с показателями качества слабо изучены, а по некоторым из них сведения отсутствуют.

При выборе и назначении конструктивно-технологических параметров обработки существуют значительные затруднения, связанные с тем, что на окончательные результаты формирования качества поверхностного слоя влияет большое количество различных независимых и взаимосвязанных между собой аргументов. Как правило, любой показатель качества поверхности есть функция многих независимых переменных:

$$y_i = f(P_y, S_o, r_{пр}, D_o, d_p, r_p(l_k), h_m, \alpha, \omega, HB, R_{исх}),$$

где  $P_y$  – усилие деформирования;

$S_o$  – подача;

$r_{пр}$  – профильный радиус ролика;

$D_o$  – диаметр детали;

$d_p$  – начальный диаметр ролика;

$r_p(l_k)$  – изменение радиуса ролика по длине контакта;

$h_m$  – максимальная глубина внедрения ролика в поверхность детали;

$\alpha, \omega$  – углы внедрения и самозатягивания;

$HB$  – твердость обрабатываемого материала;

$R_{исх}$  – исходная шероховатость поверхности от предшествующей обработки.

Конструктивные параметры деформирующих элементов (диаметр, длина, форма боковой поверхности, профильный радиус и др.) и технологические факторы (усилие деформирования, угол самозатягивания, угол внедрения) определяют геометрические параметры контактной зоны, а через параметры контакта (его форма, размеры в продольном и окружном направлении), исходные свойства материала заготовки (предел текучести, предел временного сопротивления, твердость) влияют на

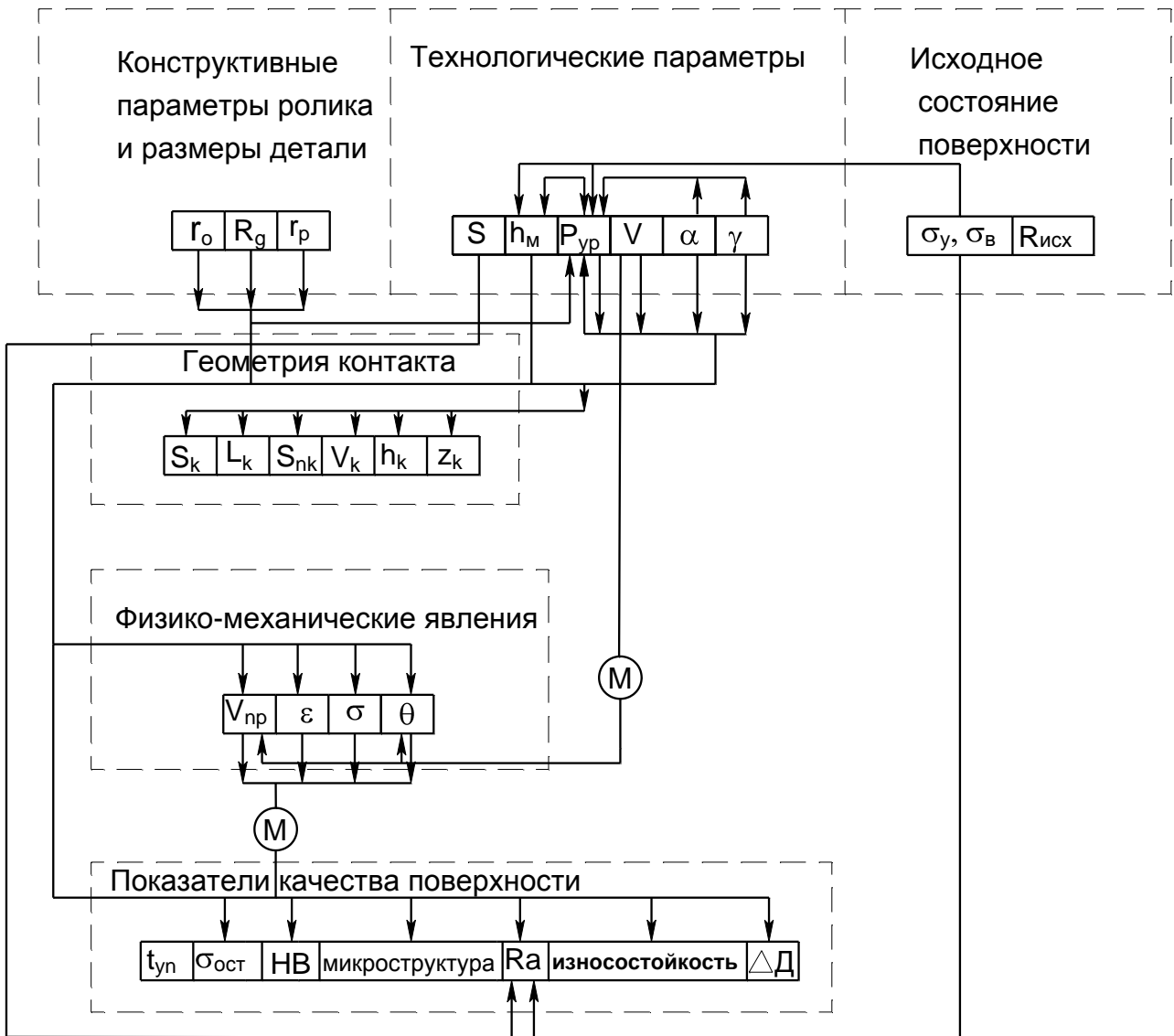


Схема взаимосвязи между конструктивно-технологическими параметрами и факторами обработки, физико-механическими явлениями в зоне контакта и показателями качества при обработке ППД – роликами

физико-механические явления в зоне контакта (напряжения, деформации, проскальзывание, температуру). В свою очередь через физико-механические процессы в очаге деформации окончательно формируется качество поверхностного слоя.

Теоретические исследования процесса поверхностного пластического деформирования, как правило, осуществляются на основе разработки и анализа математических моделей, описывающих геометрические параметры, напряженно-деформированное состояние в контактной зоне и выявления их влияния на показатели качества поверхностного слоя, а также на технические показатели оборудования и обрабатываемого инструмента.

Наличие тесной взаимосвязи между условиями и результатами обработки наводит на мысль, что должен существовать один или несколько обобщающих параметров, определяющих получение заданного качества поверхностного слоя. За такой параметр принимают усилие деформирования [4, 5].

Однако имеются данные, что при одном и том же усилии деформирования результаты обработки во многих случаях отличаются между собой. При одном и том же усилии они зависят от диаметра обрабатываемой детали, размеров деформирующих элементов, углов его расположения относительно оси детали, физико-механических свойств обрабатываемого материала. Это можно объяснить тем, что при одном и том же усилии роликов деформирования, но при разных размерах детали меняется площадь контакта и распределение напряжений в контакте между роликом и деталью [3, 5]. Следует заметить, что и площадь при контакте не может однозначно определить условия протекания процесса обработки. По этой причине в качестве обобщающего параметра должна быть выбрана другая количественная величина, описывающая контакт, например, объем металла, вытесняемого из контактной зоны.

Таким образом, дальнейшее развитие теории ППД на базе разработки универсальных математических моделей, описывающих взаимосвязь между

конструктивными параметрами деформирующих элементов, геометрией контактной зоны, технологическими режимами, физико-механическими явлениями в контактной зоне и показателями качества поверхности деталей, разработка новых

прогрессивных инструментов и способов обработки ППД, а также методик их расчета, ориентированных на современную вычислительную технику, является актуальной проблемой и имеет важное научное и производственное значение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев И.В., Бурмистрова Л.Н. Выбор продольной подачи при упрочнении осей и валов обкаткой роликами // Вестн. машиностр. 1965. № 3. С. 50-65.
2. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.
3. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1978. 152 с.
4. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2002. 299 с.
5. Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей. Минск: Высшая школа, 1968. 363 с.

УДК 621.794.015

О.А. ШАРЯЯ,  
А.А. КУСЖАНОВАВлияние химико-термической обработки  
на износостойкость чугуна

**В** настоящее время все более актуальной становится задача разработки металлических материалов для машиностроения, нефтегазовой отрасли с качественно новыми свойствами.

Эта задача решается на основе комплексного подхода, объединяющего принципы формирования химического состава материала и затем структуры путем разработки технологических процессов его упрочняющей обработки.

Среди упрочняющих технологий особое место занимают физико-химические способы воздействия на поверхность материала, так как ее состояние во многом определяет уровень прочности и эксплуатационные свойства деталей машин.

В большинстве случаев именно поверхность изделия подвергается повышенному износу, контактными нагрузкам и в большей степени разрушается вследствие коррозии.

Получение упрочненных поверхностных слоев достигается путем целенаправленного формирования заданного структурного состояния металла методами химико-термической обработки.

Процессы модифицирующего воздействия на поверхность вызывают изменение структуры и фазового состава поверхностного слоя, это помогает получить новые свойства.

На основании процессов упрочняющей обработки для изделий из стали и чугуна наиболее перспективными являются:

1) технологии внутреннего насыщения элементами внедрения, например, азотирования, карбонитрации;

2) плазменная и лазерная обработка, за счет формирования развитой дислокационной структуры, субструктуры, сверхмелкого зерна;

3) комбинированные способы поверхностного упрочнения, когда формируется структура, обеспечивающая включение максимального числа упрочняющих механизмов.

В работе исследовались структура и свойства серого и высокопрочного чугуна после карбонитрации.

Карбонитрация – это химико-термическая обработка, при которой происходит одновременное насыщение поверхности изделий азотом и углеродом из неядовитых расплавов циановокислых солей.

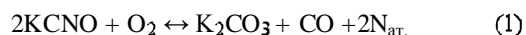
Сущность метода заключается в том, что инструмент и детали машин подвергают нагреву в расплавах циановокислых солей при температурах 540-580 °С с выдержкой инструмента от 5 до 40 мин, деталей машин от 1 до 3 часов.

В жидком состоянии компоненты взаимно растворяются, эвтектика состава 8 вес.%  $K_2CO_3$  и 92 вес.%  $KCN$  кристаллизуется при температуре 308 °С. Для карбонитрации при температурах 540-580 °С могут применяться расплавы, содержащие от 0 до 30 %  $K_2CO_3$  и от 100 до 70 %  $KCN$ .

По данным Д.А. Прокошкина, наиболее целесообразно использовать ванну состава 75-80 % цианата калия и 15-20 % карбоната калия (поташа).

При большем содержании поташа он выпадает в виде твердой фазы, расплав загустевает и становится непригодным для использования [1].

При температурах ведения процесса карбонитрации цианат калия вступает в химическое взаимодействие с кислородом воздуха:



с образованием окиси углерода и атомарного азота. Окись углерода диссоциирует на поверхности металла по реакции:



с выделением активного углерода.

Процесс карбонитрации получил широкое распространение для упрочнения металлорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.

Структура и свойства чугуна после карбонитрации в настоящее время еще недостаточно изучены, а характер взаимодействия при химико-термической обработке во многом зависит от материала изделия.

Объектом исследований явились образцы из серого СЧ 25 и высокопрочного ВЧ 60 чугуна после карбонитрации.

На поверхности располагается темная зона, за которой следует нетравящийся светлый слой, отделенный видимой границей от матрицы. Включения графита, пронизывая весь слой, выходят на поверхность.

В процессе карбонитрации происходит насыщение азотом, углеродом, а также кислородом чугуна – многокомпонентного сплава на основе железа с содержанием кремния, марганца, хрома, титана, углерода в химически связанном и свободном состоянии – в виде графита.

Взаимодействие между элементами, входящими в состав чугуна и насыщающими компонентами при карбонитрации, имеет сложный характер, зависящий от термодинамической активности элементов.

Изучение распределения элементов в поверхностном слое чугуна после карбонитрации проводили микрорентгеноспектральным методом на установках «ЕМАХ-8500Е» и «Самебах-МВХ».

Кривые интенсивности распределения легирующих элементов по глубине карбонитрированного слоя при сканировании электронным зондом вдоль линии приведены на рисунке.

Максимумы на кривых свидетельствуют о некотором обогащении поверхностного слоя чугуна кремнием, хромом и марганцем при одновременном уменьшении содержания в нем железа.

Более высокое, по сравнению с матрицей чугуна, содержание хрома, кремния и марганца в

поверхностном слое связано с большей, чем у железа термодинамической активностью этих элементов по отношению к азоту, углероду и кислороду.

В работе проводили сравнительные испытания образцов на износостойкость после различных видов ХТО.

Из большого числа применяющихся в настоящее время для изделий из чугуна способов ХТО были выбраны нитроцементация и «жидкостное азотирование», как наиболее близкие к предлагаемому методу карбонитрации.

Нитроцементацию осуществляли в газовой смеси аммиака и экзогаза при температуре 590 °С в течение 6 час.

Насыщение образцов при «жидкостном азотировании» проводили в соли при температуре 570 °С в течение 2 час.

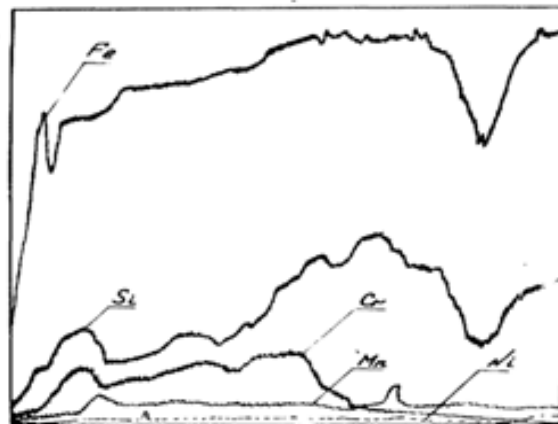
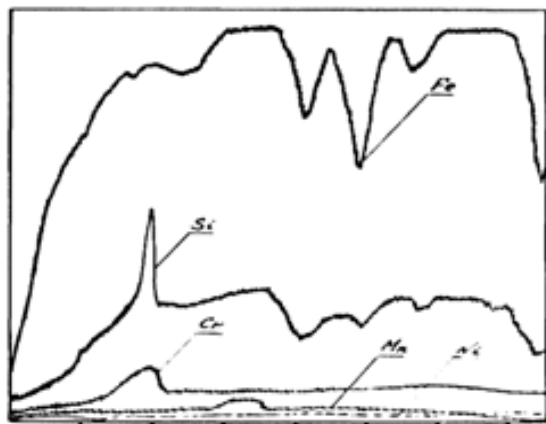
Более высокую износостойкость чугуна после карбонитрации по сравнению с нитроцементацией, особенно при больших нагрузках, можно объяснить большей пластичностью карбонитрированного слоя, а также хорошей прирабатываемостью трущихся поверхностей [2].

Нитроцементацию осуществляли в газовой смеси аммиака и экзогаза (состав: CO<sub>2</sub> – 0,7%, H<sub>2</sub> – 19,4%, CO – 1,4% и O<sub>2</sub> – 0,8%) при температуре 590 °С в течение 6 час.

Насыщение образцов при «жидкостном азотировании» проводили в соли АСГ – I (ТУ 6-03-29-5-7) при температуре 570 °С в течение 2 час.

Партию поршневых колец автомобиля ЗАЗ-968 карбонитрировали в специально изготовленной оправке при температуре 560 °С в течение 3 часов.

Стендовые и дорожные испытания показали увеличение их износостойкости в 2,6 раза по сравнению с неупрочненными.



Распределение элементов в поверхностном слое после карбонитрации

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка – карбонитрация. М.: Машиностроение, Металлургия, 1984.240с.
2. Шарая О.А., Дахно Л.А., Шарый В.И. Упрочнение изделий из чугуна методом карбонитрации // Материалы 9-й Международной практ. конф. «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки». СПб.: Изд-во политехнического ун-та. Ч.2. 2007.С. 300-304.

ӘОЖ 669.162.28.

А.З. ИСАҒҰЛОВ,  
Г.И. СҰЛТАМУРАТ,  
А.А. ДОСТАЕВА**Металлургиялық өндірістің қалдықтары, көп  
профильді қызметке арналған шикізаттар көзі**

Экологиялық жағдайдың дүниежүзілік шеңберде нашарлауына дәстүрлі металлургияның массасы комақты мөлшерде металл өндіруінен шығатын шаңтопырақтардың көбейуі мен олардың жинақталуы әсерін тигізіп жатыр, сонымен қатар металлургия өндірісінің дисперсиялық және ұсақ қалдықтарының жиналуы экологиялық жағдайға қосымша әсерін тигізуде. Өндірістің көптеген дисперсиялық қалдықтарының химиялық құрамы баланстық металлургия шикізатының сапасына сәйкес келсе де, олардың едәуір бөлігі тек дисперсиялық және басқа физика-химиялық қасиетімен өндіріс қалдықтары деп қарастырылады. Осы кемшіліктері өндірістің дәстүрлі технологияға оларды қолдануға кедергі келтіреді. Бірақ дисперсиялық қалдықтардағы металл оксидтерін газ реагенттерімен өңдеу мүмкіншілігі шектелуіне байланысты оларды қаттыфазада көміртегінің әрекеттесуімен өңдеу заңдылықтарын табу технологияның келешегін арттырады.

Дәстүрлі металлургиялық процесс газ ағымдарын реагент және энергия көзі ретінде пайдалануға негізделген. Сондықтанда процестің негізгі шарты металл алуға арналған шихта қабатының арасынан газ ағымдарының баланса сәйкес мөлшерде жылжуын қамтамасыз ету [1].

Практикалық деректерге сүйене отырып, шахталы пештерде шихта арасымен жүретін газ ағымдарының жалпы фазааралық бетіне келтірілген жылдамдығы 1,0-1,2 м/с аралығында. Осы жылдамдықты қамтамасыз ете отырып, майда қоқымдардың кері қарай ұшуына мүмкіншілік бермеу керек. Яғни пешке іріленген және майда қоқымдардан еленген шихталар пешке жүктелуі қажет. Сондықтан да дисперсиялық қалдықтар мен қоқымдар, химиялық құрамы жақсы деңгейде болатұрса да қалдық деп есептеледі. Дисперстік қалдықтардың жақсы қасиетінің бірі оның беттік энергиясының жоғары дәрежеде болуында.

Экологиялық дағдарыс кезінде және энергия тапшылығында осы энергияны пайдалануды ескеретін, дәстүрсіз технологиялық процестерді жасақтау қажет. Бұл дегеніміз тек жаңа техникалық шешімдерді жасауды білдірмейді. Көптеген техникалық шешімдер істеп тұрған (істегі) агрегаттың жұмыс режимін немесе оның бөлек (жеке) түйіндерін рационалды түрде өзгерту арқылы дәстүрлі технологиялық процестің шартына байланысты өндіріс қалдықтарын пайдалануды қамтамасыз етуге ымыралы болуы мүмкін.

Дәл осы жол қазіргі экономикалық жағдайға сай өте қолайлы, тиімділігі жоғары процестерді енгізу арқылы шығынның минимумға айналуына қол жеткізе-

тін бағыт.

Металдардың реакциялық процестерінің көміртегімен тікелей жүруін зерттеген кезде бұдан бұрынғы теориялық жәйттерде диссоциациялық буынға мән берілмеген. [2, 3] жұмыстарында оксидтер мен қатты көміртегі қатар қыздырған кезде олардың денесінде күрделі физикалық процестердің пайда болатындығы терең зерттеліп, бірнеше тәсілдермен дәлелденген. Бұрынырақ жасалған тәжірибелердің көрсетуінше [3], тотықтар мен көміртегіден тұратын жүйелерді қыздырғанда одан бірізгіде  $\text{CO}_2$  және  $\text{CO}$ -ның қатар бөлініп шыққанын анықтап, оның негізі диссоциация-адсорбциялық механизммен жүретіндігін дәлелдеген.

Металлургия өндірісінің темір рудалық (кен) базасын дамытуда қажетті шикізаттарды қайта өңдеуге дайындау және қайта өңдеудің тиімді әдістерін іздестірудің маңызы зор. Мәселені осы тұрғыдан қарастыру табиғи шикізат қорларын химиялық және гранулометриялық құрамы бойынша жарамды және жарамсыз екі топқа бөлу ретіне, сонымен қатар, Қазақстанда шығарылатын металдарды тиімді қолдануға келтіреді.

Бұл жайға негізгі себеп технологиялық сұраныстар, шарттар шикізат сапасына тікелей байланыстылығы. Осылай өндіріс кезінде жарамсыз шикізат және өндіріс қалдықтары қалыптасып жиналады.

Қазақстанда өндірістің дамуына сай жарамсыз материалдар, соның ішінде машинажасау өндірісіндегі қалдықтар мен металл жоңқалары көбейіп барады. Бұларды дәстүрлі технология бойынша қайта балқыту тиімсіз. Оларды жаңа технологиямен тікелей конструкциялық қорытпасын алуға пайдалану, жаңа технологияның сөзсіз қажет болатындығының дәлелі.

Жалпы конструкциялық бұйымдардың 40 % шойын қорытпасынан құйылып жасалады. Шойыннан жонылған жоңқаларды және өндірістік қалдықтарды тиімді пайдалану жаңа технологияны жасақтауды қажет етеді.

Құрамында көміртегі мен кремний жоғары мөлшерде болатын өндірістің жарамсыз шикізаттары мен металл қалдықтарын пайдалану мүмкіндігінің теориялық ережелері тәжірибе жүзінде дәлелденген.

Шойын үгінділерін легіртуші металдардың  $\text{Mo}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mn}$  және  $\text{Fe}$  тотықты концентраттарын қоса отырып, тәжірибелік балқыту арқылы еріген реагенттердің металл тотықтарымен тиімді әрекеттесетінін және кең аумақта конструкциялық болаттар алу мүмкіндігін көрсетеді [4].

Зертханадағы тамман пешінде ұсақталған шихталық материалдарды балқытып, тәжірибелік жұмыста-



ры жүргізілгенде: шихтаны құраушылар ретінде СЧ-15 маркалы сұр шойынның жоңқасы, майда ұсақталған темір қағы, марганец концентраты мен ағаштық көмір қолданылды.

Ұсынылып отырған технологияға қажет сұр шойын мен темір қағы «АрселорМиттал Теміртау» АҚ металлургия өндірісінің қалдықтарынан алынды. Пайдаланылған материалдар құрамының химиялық талдауы 1-кестеде келтірілген.

Ал марганецтің концентраты ретінде пайдаға жарамсыз шикізат (өндіріс қалдығы) деп есептелетін және өзінің химиялық құрамына бола іс-жүзінде кең қолданылмайтын үшінші сортты Жәйрем концентраты (ЖК-3) пайдаланылады. Марганец концентратын редуциялауға ағаш көмірінің есепке сай мөлшерін [1] пайдаланады.

Кристалдану процесі аяқталған соң, металдың бетінен шлақты (қоқысты) кетіріп (бөліп), құйма беті ластанудан арнайы тазартылады. Одан әрі алынған металды химиялық және фазалы оптикалық талдауға жібердік.

Металды редуциялай балқытудың нәтижесінде алынған химиялық талдау қорытындысы 2-кестеде келтірілген.

Бастапқы сұр шойынның микроқұрылымы 1-суретте келтірілген. Микроқұрылымдағы бастапқы сұр шойынның негізі перлиттен және (2-3%) ферриттен құралған, сонымен қатар, шойын құрылымындағы еркін графит пластинкалы пішінге ие. Бұдан басқа, сұр шойынның құрылымында фосфидтік эвтектика түзіледі (бар). Редуциялап балқытылған өнім (металл) өзінің химиялық құрамы бойынша фосфор мөлшері жоғары эвтектоидтан кейінгі болатқа сәйкес (2-кестеде) және ТШ 24-1-12-182-75 (техникалық

шарт) бойынша құймалар үшін қолданылатын 80 ГСЛ маркалы болаттың химиялық құрамына өте ұқсас боп шыққан. Алынған болаттың құрылымы түйіршік шекарасы бойынша екінші реттік цементиттен және фосфидтік эвтектикасы бөлінген перлиттік негізіне ие болды.

Редуциялап балқытылған металдың микроқұрылымының талдауы (2-сурет) сұр шойынның бастапқы металдық жоңқасындағыға қарағанда, фосфидтік эвтектикасының жалпы мөлшері біршама аз екендігін көрсетті.

Осылайша, металлургия өндірісінің өнімдерінен және дәстүрлік металлургия технологиясына жарамсыз (сапасыз) материалдарды редуциялап балқыту жолымен болатты алудың принциптік мүмкін екендігі көрсетілген.

Мұндай технологияның ерекшелігі мен артықшылығы редуциялай балқыту кезінде темір кеншикізаттың ішіндегі қосымша пайдалы металдар Mn, Si, V, Cr алынатын болат ішіне сіңдіріп, оның тұтынушылық сапасын арттыруда. Жана технологияның принципі редуциялай балқытудың жоғары температурада жүретін реакцияларын іс-жүзінде реттей білуде, осының арқасында редуциялаушы элементтерді дәл мөлшерде жұмсап, пайдалы редуцияланған металдарды болат құрамында сақтап қалуға негізделген [5].

Қорытынды. Бүгінгі таңда жарамсыз шикізаттарды пәрменді қайта өңдеу және өндіріс қалдықтарын іске асыру мүмкіншіліктері және домна өндірісінің өнімдерін қолдану, құйылған дайындамалардың сапасын жақсарту және дайын металл өнімінің сенімділігі мен ұзақ мерзімді жұмыс істеуі өндірістің экономикасына тікелей байланысты осы себептен өзекті мәселелер қатарында болып келеді.

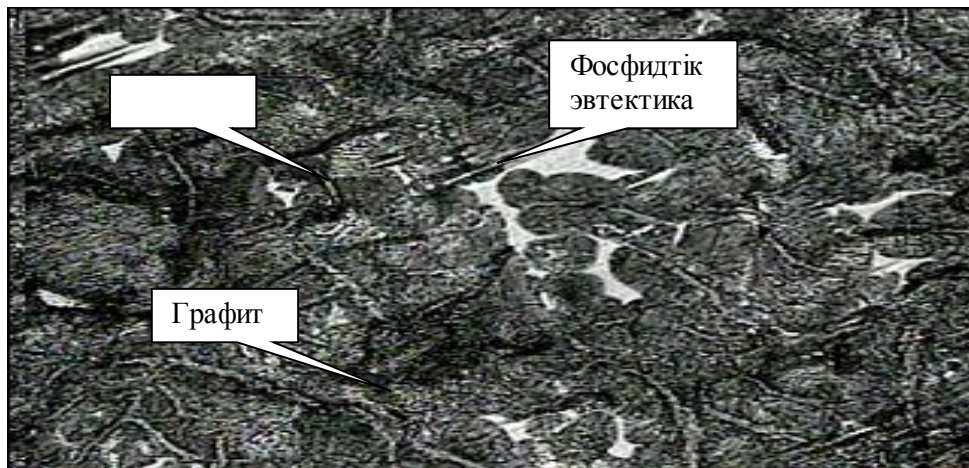
1-кесте – Пайдаланылған шихта материалдарының химиялық құрамы

Материалдың аталуы	Элементтердің мөлшері, %								
	Fe	Mn	Si	S	P	Cr	Ti	V	C
СЧ-15	қалғаны	0.45	1.86	0.062	0.215	0.10	0.057	0.113	3.92
ЖК-3	12.18	27.46	7.87	0.049	0.030	-	-	-	-
Темір қағы	75.65 <sup>1</sup>	-	0.60	-	0.034	-	-	-	-
Ағаштық көмірі	-	-	-	-	-	-	-	-	96.7

2-кесте – Редуциялай балқытылған металдың химиялық құрамы

Материалдың аталуы	Элементтердің мөлшері, %									
	Fe	Mn	Si	S	P	Cr	Ti	Ni	V	C
Металл	Қалғаны	1,36	1,51	0,045	0,197	0,09	0,010	-	0,100	1,35
80 ГСЛ	Қалғаны	1,0-1,5	0,80-1,20	0,045	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	-	0,80-1,10
ТУ 24-1-12-182-75										

<sup>1</sup> Жалпы темірдің мөлшеріне металл темірінің 2%-ы кіреді



1-сурет – Бастапқы сұр шойынның микроқұрылымы



2-сурет – Редукциялап балқытылған металдың микроқұрылымы

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тлеугабулов С.М. Теоретические основы получения металлов, сплавов и перспективных материалов. Алматы: Изд-во РИК по учебной и методической литературе, 2001. 332 с.
2. Тлеугабулов С.М. Кинетика твердофазного восстановления железа углеродом // Сталь. 1988. №12. С. 8-12.
3. Тлеугабулов С.М. Диссоциационно-адсорбционный механизм и кинетика восстановления железа углеродом // Сталь. 1991. №1.
4. Тілеуғабылов С., Сүйесінова Г.И. Еріген көміртегін сіңбелі (легірлеуші) металдарды тотығынан редукциялауға пайдалану мәселесінің жайы // Труды Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии». Теміртау, 2003.
5. Тілеуғабылов С., Сүйесінова Г.И. Еріген редукциялаушы-көміртегін пайдалану арқылы редукциялап балқыту әдісімен болатты алу // Қ.И. Сәтпаев атындағы ҚазҰТУ-нің жаршысы. Алматы, 2005.

**Раздел 3****Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности**

УДК 622.271

*Ф.К. НИЗАМЕТДИНОВ,  
С.Б. ОЖИГИНА,  
А.К. ОМАРОВА,  
Д.С. ОЖИГИН***Применение технологии лазерного сканирования горного массива на карьерах АО «ССГПО»**

**В** горном производстве активно применяется технология лазерного сканирования, что позволило осуществить автоматизацию маркшейдерских измерений и обеспечить безопасность их проведения. Данная технология позволяет выполнять построение цифровой трёхмерной модели объекта со сложными конструктивными элементами, техногенные поверхности карьеров и отвалов, недоступные подземные выработки. Наблюдения с использованием лазерного сканирования дают полные сведения о происходящих деформациях объектов (зданий и сооружений, земной коры и кровли подземных выработок, информацию о смещении оползней и обрушении) [1].

Принцип работы лазерного сканера аналогичен принципу работы безотражательного электронного тахеометра и заключается в измерении времени прохождения лазерного луча от излучателя до отражающей поверхности и обратно до приёмника. Путём деления этого времени на скорость распространения лазерного луча определяется расстояние до объекта.

Технология наземного лазерного сканирования заключается в измерении расстояний до большого количества точек, расположенных на снимаемом объекте. Измерения происходят со скоростью в несколько тысяч точек в секунду. Углы в данном случае не измеряются, а задаются поворотом зеркала, одновременно регистрируясь запоминающим устройством. Плотность сканирования зависит от дальности и может достигать десятых долей миллиметра.

Для производства работ не нужен непосредственный доступ к объекту, не нужны отражатели или другие приспособления, необходима лишь прямая видимость сканируемой поверхности. Чем сложнее сооружение или поверхность, тем больше нужно опорных точек, с которых будет производиться сканирование. Данные сканирования, полученные с различных точек установки прибора, в процессе камеральной обработки сводятся в единое трёхмерное «облако точек», которое в дальнейшем служит основой для построения объёмных моделей (рисунок 1).

Время, затрачиваемое на полевые работы, зависит от расположения объекта, расстояния до него,

требований к плотности измерений и детализации. Лазерное сканирование имеет преимущество перед традиционными технологиями по безопасности измерений, а также при получении данных об элементах, тахеометрическая съёмка которых вообще невозможна.

По результатам сканирования составляется трёхмерная модель, успешно конвертируемая в CAD и ГИС-приложения. Используя такую модель, можно составить топографический план, создать любое сечение, модель отдельно взятых элементов и получить любые геометрические параметры (рисунок 2).

Трёхмерная цифровая модель карьера позволяет решать комплекс маркшейдерских и технологических задач. Во-первых, возможно вычисление объёмов вскрыши и добычи полезного ископаемого, постоянное редактирование модели карьера после каждого взрыва очередного блока и выемки породы и руды. Объём взорванного блока может быть получен с высокой точностью через несколько часов после взрыва путём наложения друг на друга двух цифровых моделей (до и после взрыва). Методом проведения сечений через заданный интервал получаем погоризонтные и общий планы карьера [2].

Во-вторых, вычисление объёмов породы (руды, шлака и т. п.) на различных отвалах, складах и хранилищах. Зачастую такие объекты имеют сложную форму, что далеко не всегда учитывается и приводит к

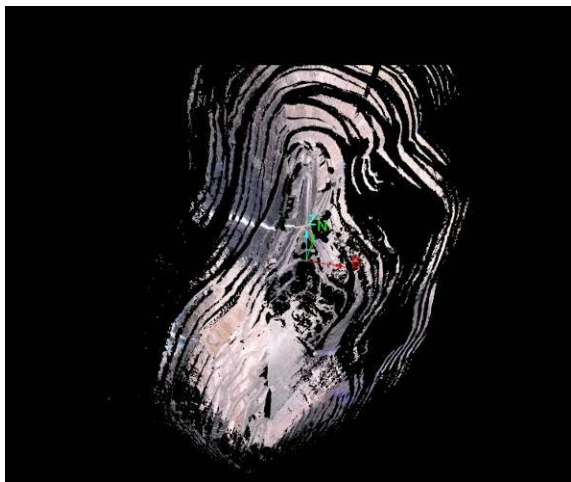
погрешностям определения объёмов. При полном соблюдении методики съёмки при сканировании, погрешность вычисления объёма будет находиться в пределах 1 %.

В-третьих, съёмка недоступных объектов. Там, где невозможен доступ человека из соображений безопасности, применение технологии лазерного сканирования позволяет получить цифровую модель объекта.

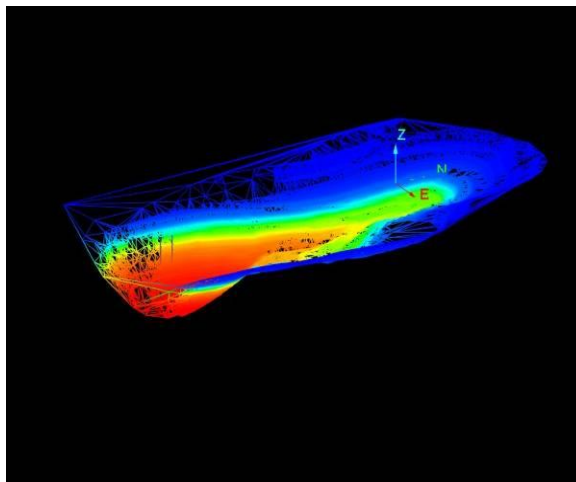
В-четвёртых, наблюдения за деформациями. Это могут быть здания и сооружения, земная поверхность на подрабатываемых территориях, оползни, отвалы, обрушения и другие области возможных смещений. И все измерения осуществляются не по контрольным точкам, а в режиме сплошных наблюдений за поверхностью. Величина и направление деформаций вычисляются путём наложения моделей объекта для каждого цикла измерений.

В-пятых, исследование структуры горного массива. Цифровая модель карьерных откосов позволяет выделить на ней структурные отдельности и определить элементы их залегания. Это очень важно для железорудных карьеров, так как горный компас здесь использовать нельзя (рисунок 3).

При помощи технологии лазерного сканирования решается широкий круг задач горного дела: составление пространственных моделей горных выработок в системе координат шахты; определение их геометрии-



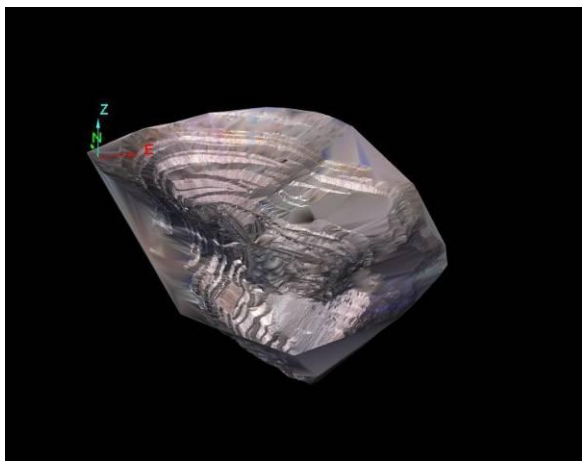
а) облако точек



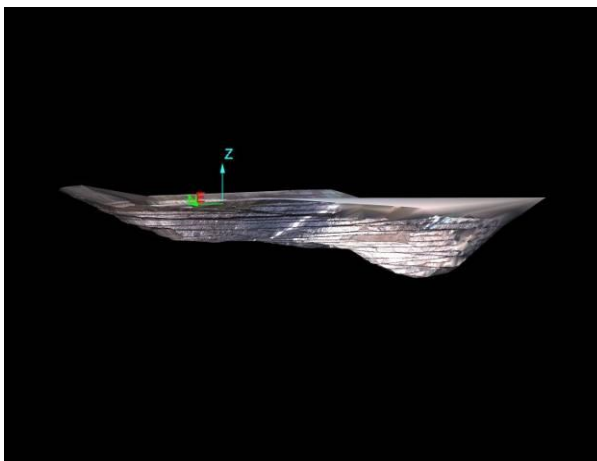
б) триангуляционная модель

Рисунок 1 – Результат лазерного сканирования скальной части карьера «Соколовский»





а) вид сверху

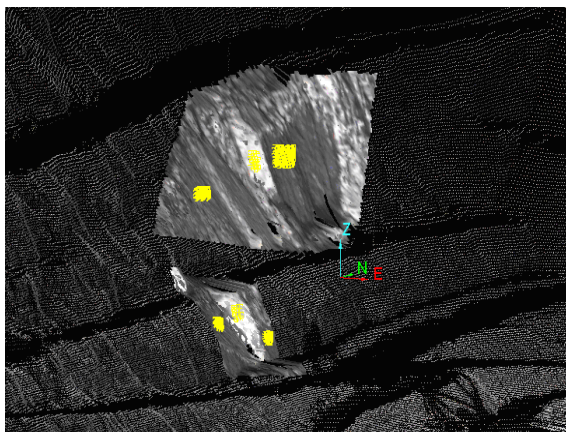


б) вид сбоку

Рисунок 2 – Трёхмерная цифровая модель скальной части карьера «Соколовский»

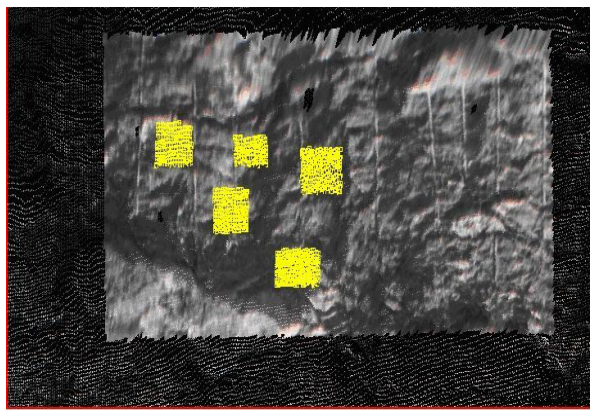
ческих параметров и объёмов; учёт на основе этих данных потерь, разубоживания, состояния и движения запасов полезного ископаемого; подготовка в электронном виде трёхмерных моделей для последующего их использования. Необходимо отметить, что все измерения, производимые при помощи лазерных сканеров, позволяют получить модели в той системе координат, в которой ведётся горно-графическая документация и проводятся все маркшейдерские работы.

Внедрение на карьерах АО «ССГПО» лазерного сканера, позволяет оперативно контролировать состояние горного массива и положение горно-транспортного оборудования, планировать горные работы и иметь цифровые объёмные модели карьера в течение всего периода отработки месторождения и является важным элементом системы мониторинга прибортовых массивов [3].



Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 51° 17' 35" and strike 4° 35' 48"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 73° 29' 52" and strike 0° 14' 46"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 38° 25' 21" and strike 358° 15' 49"

а) определение элементов залегания трещин



Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 66° 59' 07" and strike 20° 42' 16"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 65° 54' 47" and strike 1° 40' 18"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 53° 26' 43" and strike 7° 37' 52"
Query dip and strike	A plane fitted to the selection has dip 63° 25' 29" and strike 7° 25' 52"

б) определение элементов залегания заоткошенного уступа

Рисунок 3 – Определение элементов структуры горного массива и горных выработок по 3D-модели западного борта карьера «Соколовский»

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Низаметдинов Ф.К., Урдубаев Р.А., Ожигина С.Б. Модель базы данных маркшейдерского мониторинга состояния прибортовых массивов // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2010. № 3. С. 70-71.
2. Турдахунов М.М., Урдубаев Р.А. Современные технологии лазерного сканирования горного массива на карьерах АО «ССГПО» // Тр. Междуна. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (Сагиновские чтения № 2). Караганда: КарГТУ, 2010. Ч. I. С. 58-61.
3. Урдубаев Р.А. Разработка маркшейдерского мониторинга бортов глубоких карьеров АО «ССГПО». Караганда: Санат-полиграфия, 2010. 42 с.

1. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна / К.К. Элиманов, С.К. Баймухаметов, В.В. Демин и др. Караганда: АрселорМиттал Темиртау, 2008. 88 с.
2. Интернет-сайт www.ixbt.com.
3. Интернет-сайт www.overclocker.ru

УДК 622.271

Г.А. ПАК,  
В.Н. ДОЛГОНОСОВ,  
Е.А. ПАНАСЕНКО,  
Е.В. ДОЛГОНОСОВА

## Исследование процесса сдвижения горных пород и его взаимосвязь с интенсивностью газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна

Исследования, выполненные на шахтах «Саранская» и «Сокурская» Карагандинского угольного бассейна, позволили установить общие закономерности процесса сдвижения массива горных пород при его подработке, при этом выявлена взаимосвязь с интенсивностью газовыделения. Установлено, что как сдвижение подработанного массива, так и газодинамические процессы определяются величиной шагов обрушения основной кровли. Последние, в свою очередь, зависят от крепости и мощности пород основной кровли, глубины разработки и геометрических параметров выемочного пространства: длины лавы, мощности и угла наклона угольного пласта.

Процессы обрушения основной кровли, сдвижения горных пород и сопутствующие им объемы газовыделения имеют периодический характер с общим, единым периодом, который определяется шагами обрушения основной кровли. По мере подхода лавы к точке обрушения возрастает нагрузка кровли на призабойную часть пласта и происходит «отжим» газа, происходят периодические всплески метановыделения, которые часто вызывают отключения аппаратуры газового контроля. После обрушения нагрузка на пласт уменьшается, что проявляется в резком снижении газовыделения. Данный процесс повторяется с периодом, соответствующим шагам обрушения. По среднему содержанию метана на исходящей участка (лавы) можно косвенно судить о приближении к точке обрушения. В этих условиях принципиально важным является достаточно точное определение интенсивности метановыделения на различных участках выемочного столба для принятия адекватных решений. Недостаточная точность прогноза газовой обстановки на разрабатываемом участке приводит к ошибкам на стадии проектирования и потере темпов добычи.

Вопросами расчета и прогнозирования шагов обрушения основной кровли занимались В.Д. Слесарев, А.А. Борисов и многие другие исследователи, которыми разработан целый ряд формул расчета первичного и последующих шагов обрушения [1, 2].

Нами разработана методика и алгоритм, которые позволяют определить значения первичного и последующих шагов обрушения на всю длину выемочного столба либо на какой-либо участок обработки лавы [3].

Первичный шаг обрушения в общем случае при наличии непосредственной кровли и наклонном залегании пласта определяется по формуле

$$L_{r.д} = (h_{r.е.} + h_{r.е.}) \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma_{ега.нб}}{\gamma \cdot H \cdot \cos \alpha \cdot k}}, \quad (1)$$

где  $H$  – глубина разрабатываемого пласта, м;  
 $h_{н.к.}$  – мощность непосредственной кровли, м;  
 $h_{о.к.}$  – мощность основной кровли, м;  
 $\alpha$  – угол падения пласта, град;  
 $\gamma$  – объемный вес пород, Н/м<sup>3</sup>.  
 $k$  – коэффициент наработки (в случае наработки и восстановления геостатического давления  $k = 0,9$ ; в ненарушенном массиве  $k = 1$ );  
 $\sigma_{изг.ср}$  – средневзвешенный предел прочности пород при изгибе, Па.

Средневзвешенный предел прочности пород при изгибе определяется по формуле проф. Ж.М. Канлыбаевой [4]:

$$\sigma_{ега.нб} = 20 + 0,17 \cdot \sigma_{изг.ср}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{изг.ср}$  – средневзвешенный предел прочности пород основной и непосредственной кровли на сжатие, кг/см<sup>2</sup>.

Следует обратить внимание, что формула (2) имеет размерность вне системы СГС (кг/см<sup>2</sup>) для удобства практического применения, так как прочностные характеристики горных пород в большинстве литературных источников приведены именно в этой размерности. Для дальнейших расчетов необходимо перейти в систему СИ.

Если  $\sigma_{изг.ср}$  задан в МПа, то формула (2) примет вид

$$\sigma_{ега.нб} = 2 + 0,17 \cdot \sigma_{изг.ср}, \quad (3)$$

В самом простом случае горизонтального залегания пласта и при отсутствии непосредственной кровли формула (1) примет вид

$$L_{r.д} = h_{r.е.} \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma_{ега.нб}}{\gamma \cdot H}}. \quad (4)$$

В таблице 1 приведены фактические и прогнозные значения шагов обрушения по лавам шахт «Саранская» и «Сокурская» Карагандинского угольного бассейна. Следует отметить высокую сходимость вычисленных и фактических данных, расхождения не превышают 5 %.

Разработанная методика может успешно применяться в следующих условиях: очистные забои с

труднообрушаемой кровлей при значениях угла наклона пласта до 35° в условиях нетронутого массива

Таблица 1 – Сравнение фактических и прогнозных значений шагов обрушения основной кровли

№	Дата обрушения	Фактическое расстояние от целика монтажной камеры, м	Прогноз, м
Шахта «Саранская», лава 62 К10-В			
1	18.09.2000 г.	43,5	42,6
2	05.10.2000 г.	95,0	94,4
3	23.10.2000 г.	131,0	128,7
4	13.11.2000 г.	216,0	214,1
5	28.11.2000 г.	269,0	265,0
6	21.02.2001 г.	326,0	332,4
7	08.03.2001 г.	386,0	382,7
8	23.03.2001 г.	432,0	432,6
Шахта «Сокурская», лава 53 К7-Ю3			
1	03.01.1994 г.	386,0	384,4
2	26.01.1994 г.	422,0	420,3
3	09.02.1994 г.	458,0	456,1
4	04.03.1994 г.	494,0	491,7
5	21.03.1994 г.	529,5	527,2
6	12.04.1994 г.	565,5	562,6

(одиночная лава); очистные работы при отработке вышележащего подработанного пласта, где процесс сдвижения дошел до поверхности и полностью завершен, восстановлено исходное геостатическое давление; очистные забои, примыкающие к ранее отработанным лавам (спаренные, строенные).

Методика и программа позволяют выполнить расчеты по сдвижению подработанного массива, определить, произойдет ли подработка объектов на земной поверхности либо процесс остановится в массиве с указанием конкретной точки остановки сдвижения и её глубины.

Как было сказано выше, процесс сдвижения горных пород и обрушения основной кровли неразрывно связан со всплесками газовыделения. Помимо расчетов шагов обрушения, программа позволяет выполнить расчет ожидаемого объема газовыделения. На основе прогноза газовыделения 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 и технологические решения по обеспечению проветривания, дегазационных мероприятий и допустимой нагрузки на очистной забой.

Полученные результаты по газовыделению также хорошо соответствуют фактическим данным. Так, например, в лаве 53 К7-Ю3 шахты «Сокурская» общий объем выделившегося метана составил 48,2 млн. м<sup>3</sup>, а по прогнозу – 49,6 млн. м<sup>3</sup>.

На рисунках 1 и 2 представлены графики, сопоставляющие интенсивность газовыделения и нагрузку на очистной забой по лаве 62К-10В шахты «Саранская» [3].

Разработанная методика прогноза газовыделения позволяет рассчитывать значение абсолютного

газовыделения при заданных (плановых) нагрузках на очистной забой и получить прогноз метанообильности и газодинамической опасности разрабатываемых лав.

Закономерность, связывающая всплески метановыделения с приближением лавы к точке обрушения основной кровли, впервые была выявлена при отработке одиночной лавы 53К-7-Ю3 на шахте «Сокурская» в 1993-1995 годах. При отработке данной лавы с выдержанными горно-геологическими условиями четко прослеживались периодические шаги вторичных обрушений, которые по своей силе и интенсивности от начала и до конца отработки различались незначительно.

Горно-технологические параметры лавы 53К-7-Ю3: длина выемочного столба 1630 м, длина лавы 155-160 м, угол падения 25-35°, вынимаемая мощность 2,9 м.

Величину шагов обрушений можно было определить косвенным путем по всплескам содержания метана из выработанного пространства (особенно при неэффективной работе дегазационной системы на добычном участке) на исходящей струе лавы.

На шахте «Сокурская» была принята прогрессивная схема опережающей отработки менее опасного по газодинамическим явлениям пласта К-7, при которой происходила подработка весьма газоносных (до 23 м<sup>3</sup>/т) и опасных пластов К-10 («Феликс») и К-12 («Верхняя Марианна»). Эффективных способов дегазации (до момента достижения газовыделения в лаве порядка 80-90 м<sup>3</sup>/мин) не было, и в этих условиях всплески содержания метана на исходящей струе лавы прослеживались весьма четко. В таблице 2 приведены даты всплесков метановыделения (даты загазирования участка) и фактическое содержание метана на исходящей лавы, превышающее предельно допустимое значение, регламентированное «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах» [5].

Ноябрь 2000 г.

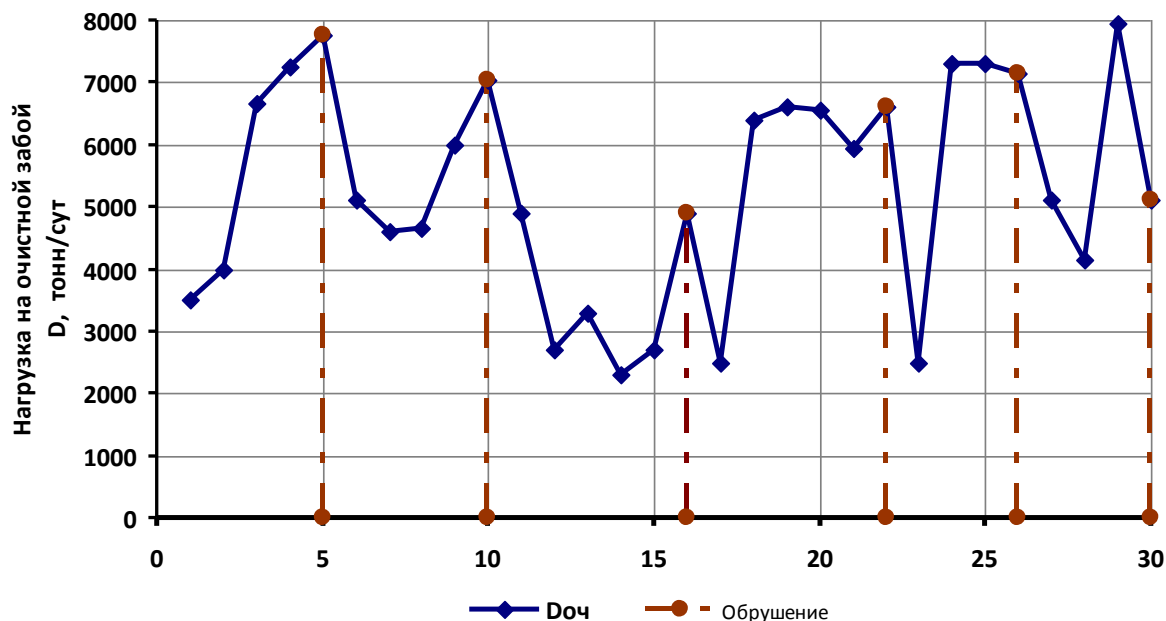


Рисунок 1 – График нагрузки на очистной забой 62К-10В за ноябрь 2008 г.

Как следует из таблиц 1 и 2, даты обрушений совпадают с датами загазирования участка, что убедительно подтверждает существующую взаимосвязь между шагами обрушения и газовыделением.

Проверка достоверности прогнозов шагов обрушения и объемов газовыделения выполнена по

лаве 64К-10В на шахте «Саранская». Анализ графиков метановыделения за период с августа по октябрь 2008 г. (рисунки 3 и 4) и совмещение с графиком фактических шагов обрушений (вертикальные линии на графиках) также убедительно подтверждают принятую гипотезу.

Ноябрь 2000 г.

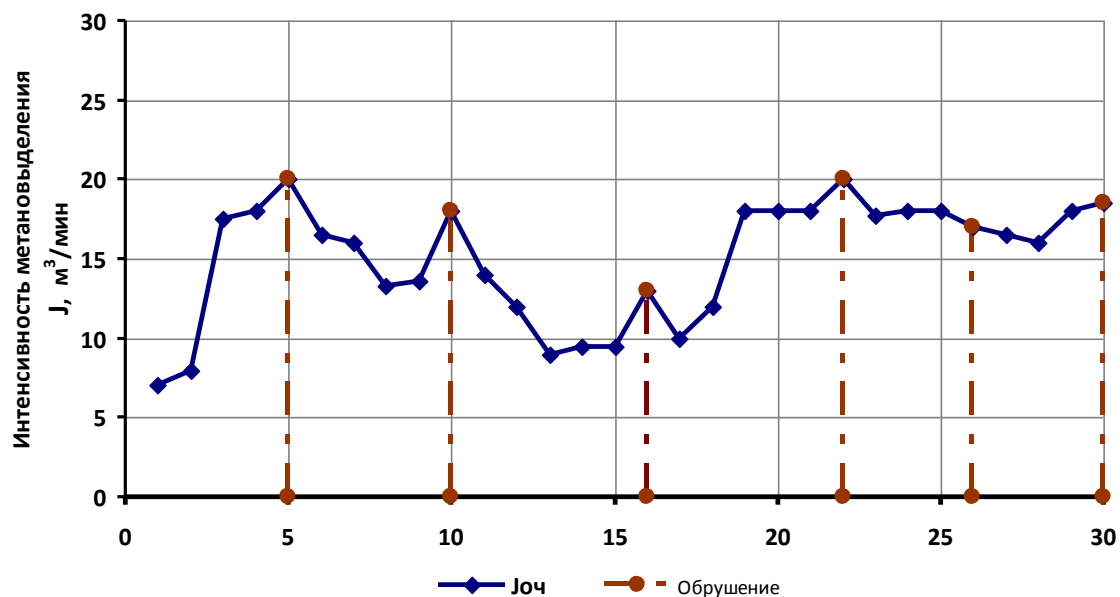


Рисунок 2 – График метановыделения по лаве 62К-10В за ноябрь 2008 г.

Таблица 2 – Даты загазирования участка лавы 53К-7-ЮЗ

№	Дата обрушения	Фактическое содержание метана на исходящей струе лавы, %	Шаг вторичного обрушения, м
лава 53К-7-ЮЗ, шахта «Сокурская»			
1	03.01.1994 г.	1,4	34
2	16.01.1994 г.	1,2	36
3	09.02.1994 г.	1,7	35



4	04.03.1994 г.	1,5	34
5	21.03.1994 г.	2,4	36
6	12.04.1994 г.	2,0	35

Август 2008 г.

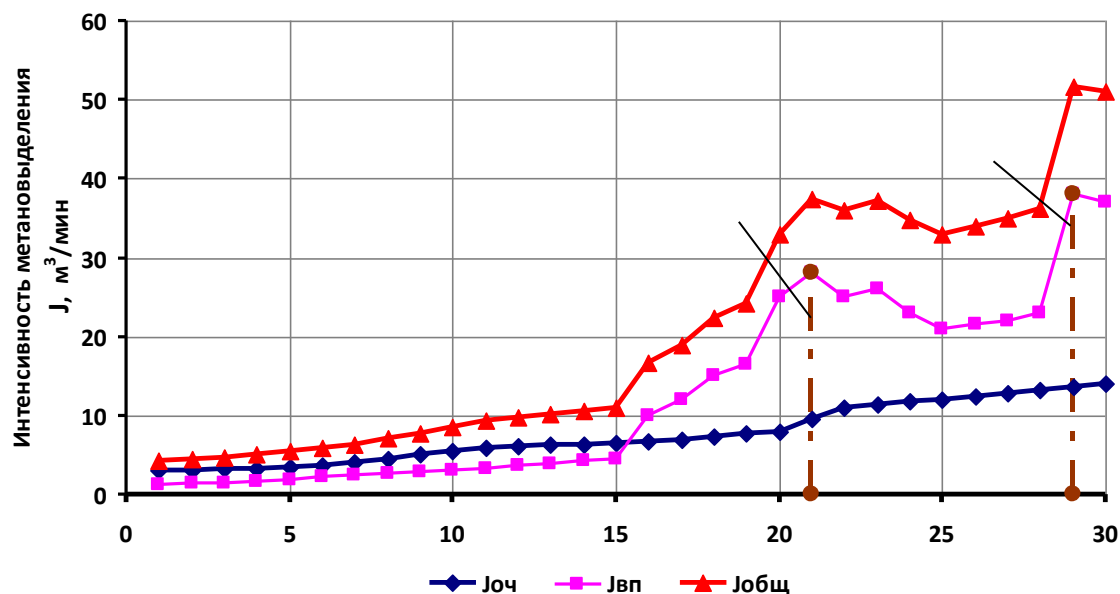


Рисунок 3 – График метановыделения по лаве 64К-10В за август 2008 г.

Повышенное метановыделение связано с приближением к точке обрушения и отжимом газа из призабойной части пласта и окружающего породного массива, находящихся в зоне повышенного горного давления (рисунок 4).

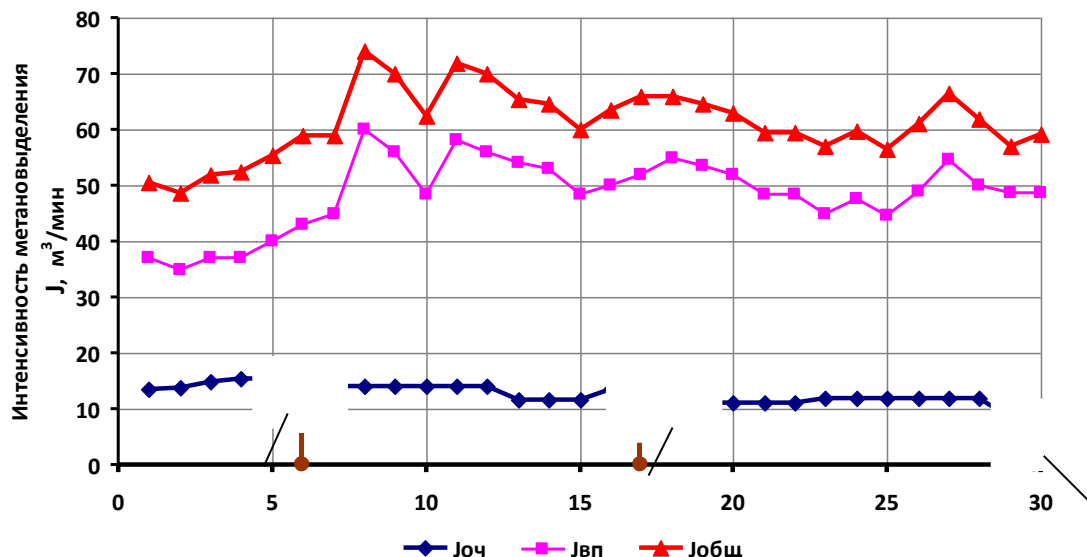
После обрушения выделение метана должно резко снижаться. Если после обрушения объем метановыделения не снижается, то это свидетельствует о неэффективной работе системы дегазации, т.е. объем поступающего в лаву метана больше, чем производительность всех средств дегазации, как это было в сентябре 2008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

Объемы метановыделения по лаве 64К-10В, представленные в таблице 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 пластам К12 (лава 45К-12-1-3) и К14, заполняя их (а это не менее 30 % от общего объема). Именно отсюда метан, как более легкий газ, попадает через незаилонанные оградительные переключки пласта К14 в исходящие струи всех четырех действующих вентиляционных стволов шахты.

В связи с этим правильно будет вести подсчет газообильности сначала по всей шахте, а затем вычитать из конечного результата среднюю газообильность всех действующих подготовительных забоев, где эта величина не превышает 2-5 м³/мин. Расчет

а)



б) Октябрь 2008 г.

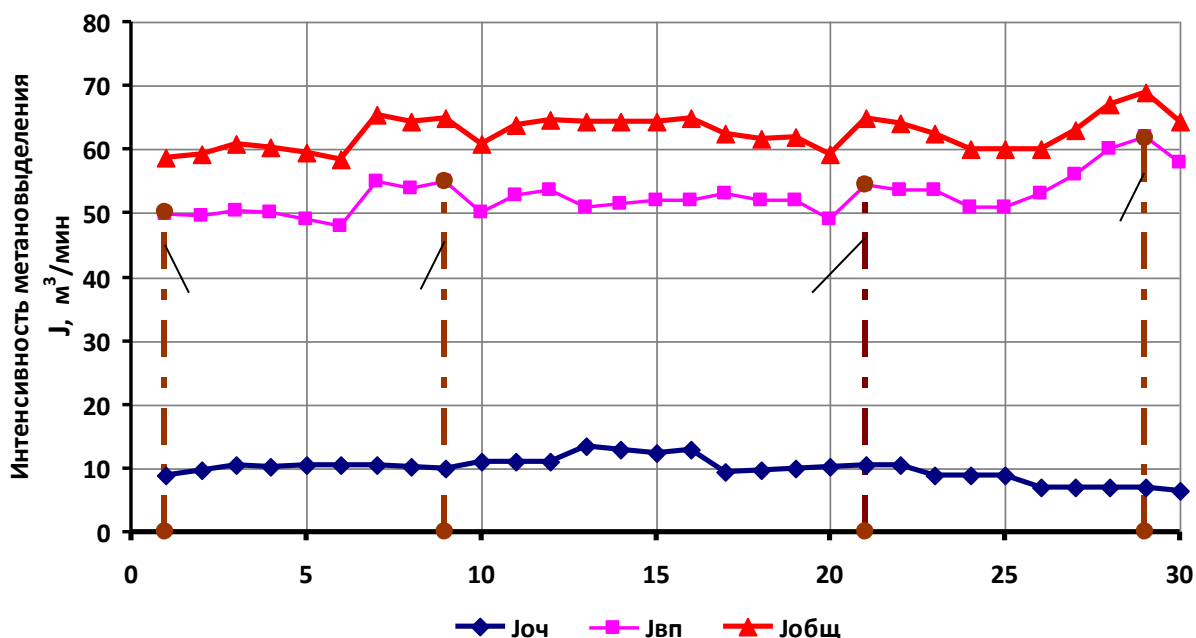


Рисунок 4 – График метановыделения по лаве 64К-10В за сентябрь-октябрь 2008 г.

участковой газообильности по предложенной методике будет более точно соответствовать действительности.

Разработанная методика позволяет решать следующие задачи:

1) определение значений первичных шагов обрушения при заданных горно-геологических условиях и технологических параметрах;

2) определение значений последующих шагов обрушения на всю длину выемочного поля или на какой-либо участок обрабатываемой лавы;

3) вычисление суммарного объема выделившегося метана на добычном участке по мере движения очистного забоя;

4) выполнение расчетов динамики газовой выделению после каждого шага обрушения;

5) исследование зависимостей геомеханических процессов (шагов обрушения, параметров сдвига в массиве) от длины лавы;

6) определение областей эффективного газоудаления;

7) определение границ зоны сдвига горных пород в массиве.

Профессор А.А. Борисов указывал: «Прогнозирование осадок основной кровли является одной из самых насущных задач горной науки и практики, так как это является ключом к понятию всего процесса сдвига: от начала очистной выемки и до оседания земной поверхности» [1].

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.

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. м <sup>3</sup>	Фактический объем метана, тыс. м <sup>3</sup>
Шахта «Саранская», лава 64К-10В				
1	21.08.2008г.	60,0	1273,9	370,3
2	28-29.08.2008г.	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

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1988.
2. Слесарев В.Д. Управление горным давлением при разработке угольных пластов Донецкого бассейна. М.: Углетехиздат, 1958.
3. Пак Г.А., Долгоносов В.Н. Расчет шагов обрушения основной кровли и газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна // Новости науки Казахстана. Алматы. НЦНТИ. 2009. № 2. С. 43–49.
4. Канлыбаева Ж.М., Бакитов К.Б., Джанбуршина К.Ш. Физико-механические свойства горных пород и их влияние на процесс сдвижения массива. М.: Наука, 1972.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1973. 512 с.

УДК 622.271

*Д.В. МОЗЕР,  
С.Г. ОЖИГИН,  
Е.В. ДОЛГОНОВА,  
Д.С. ОЖИГИН*

**Исследование деформаций прибортового массива Соколовского карьера с применением глобальных навигационных спутниковых систем**

Спутниковые геодезические технологии находят широкое применение для решения прикладных задач в различных сферах производственной деятельности. В области горного дела GPS-методы применяются при создании и развитии опорных и съемочных сетей на промплощадках горнодобывающих предприятий. С использованием имеющегося опыта применения глобальных спутниковых систем на карьерах Коршуновский (Россия), Кальмакырский (Узбекистан), Варваринский (Казахстан) авторами разработана методика наблюдений за деформациями бортов карьеров, которая внедрена на карьерах «Соколовский» и «Сарбайский» АО ССГПО [1, 2].

Данная методика с использованием электронного тахеометра и GPS-систем апробирована на карьере «Соколовский». Для производства наблюдений за деформациями бортов карьера созданы четыре наблюдательные станции I, II, III, IV, где закладываются репера на верхней площадке и бермах уступах бортов карьера перпендикулярно

простирацию верхней бровке борта. Наблюдательная станция I (рисунки 1 и 2) заложена в районе трещины на западном борту карьера до горизонта -125 м, проектом предусмотрено создание площадной станции, состоящей из шести профилей.

В период с октября 2009 г. по сентябрь 2010 г. на карьере осуществлялся инструментальный маркшейдерско-геодезический контроль состояния устойчивости бортов. Выполнены три серии наблюдений с использованием роботизированного электронного тахеометра Leica TCA 1201 и двухчастотного приемника GPS Leica 1200.

Наблюдения по классической методике измерений (без применения GPS) для условий глубоких карьеров связаны с некоторыми сложностями.

Во-первых, в соответствии с требованиями «Инструкции по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости» [3] опорные реперы профильных линий наблюдательных



а) общий вид борта

б) локальные деформации уступов

Рисунок 1 – Западный борт Соколовского карьера

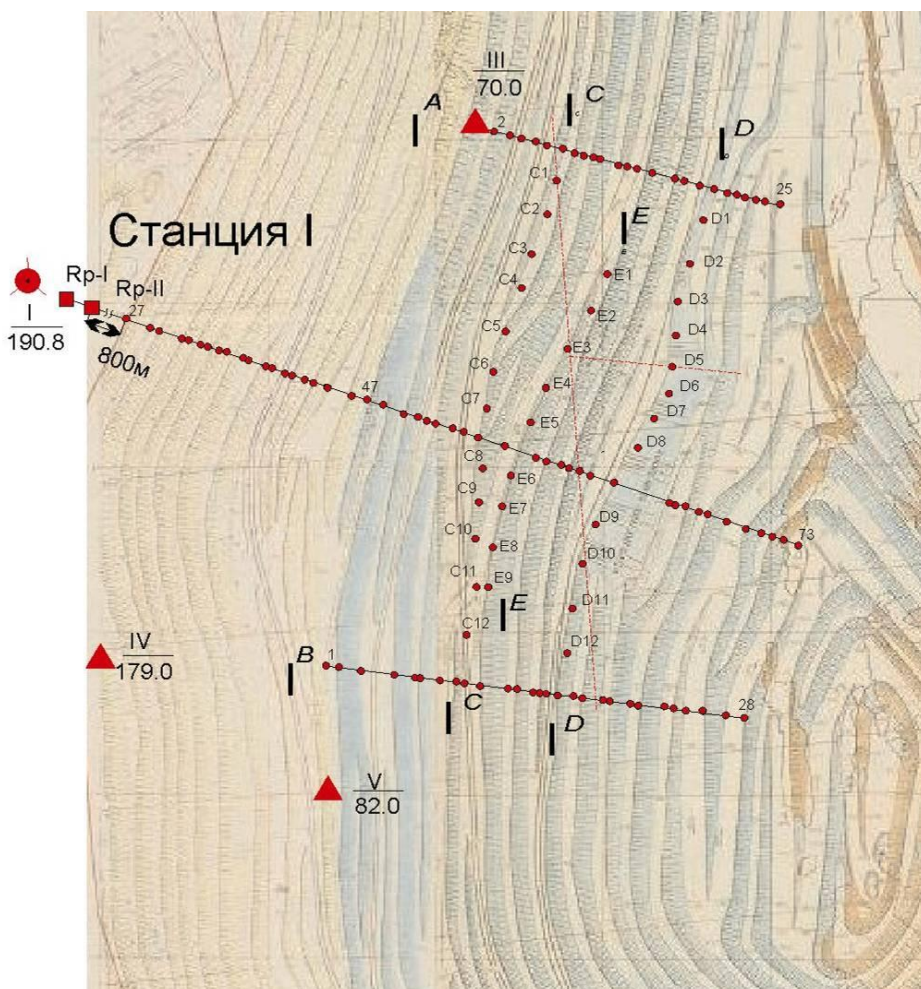


Рисунок 2 – Наблюдательная станция I на западном борту карьера «Соколовский»

станций должны находиться на расстоянии от верхней бровки не менее чем  $1,5 H$  (где  $H$  – глубина карьера). При глубинах свыше 500 м опорные реперы должны располагаться на удалении около 1 км, что неизбежно приведет к накоплению погрешностей на подходе к контуру карьера.

Во-вторых, в связи с большой глубиной карьера, возникает ограничение прямой видимости между рабочими реперами. Это приводит к необходимости

создания дополнительных переходных и связующих точек, что увеличивает объем работ и накопление ошибки передачи высотных и плановых координат.

В-третьих, для условий глубоких карьеров при размерах, достигающих в плане трёх и более километров и глубинах порядка 500 м, обеспечить точность измерений в пределах 10 мм не везде представляется возможным.



В связи с указанными обстоятельствами возникла необходимость дальнейшего совершенствования существующей методики наблюдений с внедрением GPS-систем для полного или частичного устранения названных недостатков. Применение глобальных спутниковых систем исключает накопление ошибок и позволяет сократить количество связующих реперов с одновременным снижением трудоемкости определения их пространственного положения.

Наблюдения с использованием GPS-измерений проводились с учетом уменьшения влияния искажения спутникового сигнала в ионосфере, неоднозначности его прохождения и теневого эффекта. Теоретические исследования данных погрешностей подробно рассмотрены в работах [4]. Для уменьшения отраженных от откосов и от поверхности земли радиоволн, использовался металлический диск диаметром 0,5 м и толщиной 2 мм (рисунок 3).

Такая конструкция антенны позволяет существенно увеличить точность результатов, в соответствии с требованиями при наблюдениях за сдвижением откосов уступов бортов карьеров. Применение металлического диска при измерении в режиме быстрой статики позволяет увеличить точность измерения на 11 % [4].

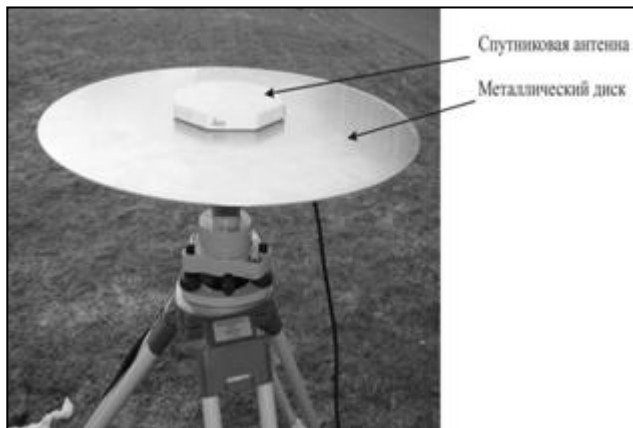


Рисунок 3 – Антенна с металлическим диском

Антенны GPS имеют одноточечную схему подачи питания, что делает антенну асимметричной и приводит к разбросу колебаний фазового центра. Проведенное исследование антенны GPS – приемника Leica AT 501 показало, что результаты измерений при разных углах разворота антенны ( $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $360^{\circ}$ ) в режиме «быстрая статика» отличались вследствие нестабильности положения фазового центра (рисунок 4).

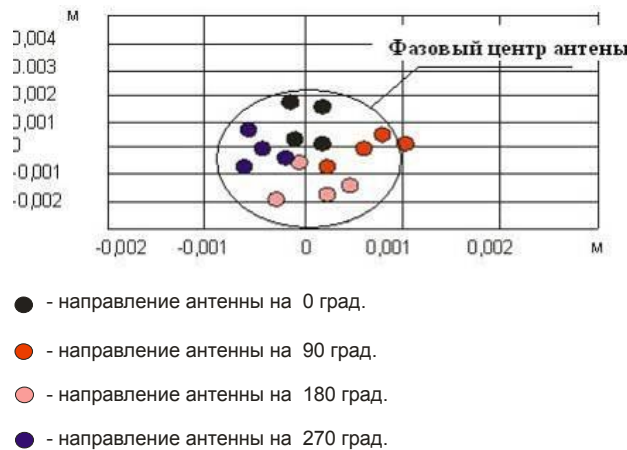


Рисунок 4 – Стабильность фазового центра антенн Leica AT 501

В этой связи при наблюдениях на Соколовском карьере ориентирование всегда проводилось в одном направлении: на север. Определения координат точек наблюдательной станции I на глубоких горизонтах произведено путем вставки дополнительной переходной точки с помощью GPS-измерений. Вставка переходной точки IE-6" на западном борту карьера на горизонте – 25 м осуществлялась тахеометром Leica TCA 1201 и двухчастотным приемником GPS Leica 1200.

GPS-измерения проводились в режиме «быстрая статика» с точностью порядка 1 – 3 мм [5]. Результаты измерений в условной системе координат сведены в таблицу 1.

На основе анализа результатов наблюдений за состоянием прибортовых массивов Соколовского карьера по состоянию на 24.09.2010 г. сделаны следующие выводы:

- применение классической методики наблюдений из-за ограничения видимости между рабочими реперами в связи с большой глубиной карьера приводит к необходимости создания дополнительных переходных точек, что увеличивает объем работ и накопление погрешностей при передаче высотных и плановых координат;
- усовершенствованная методика наблюдений с применением глобальных спутниковых систем (GPS) позволяет сократить количество связующих реперов и существенно снизить трудоемкость работ;
- вставки переходных точек производятся в режиме «быстрая статика», при этом необходимо учитывать способы уменьшения искажения спутникового сигнала в ионосфере, фазового центра антенны и теневого эффекта;
- на горизонтах – 25 м и – 107 м различия в координатах контрольных реперов на разные даты наблюдений не превысили точности измерений, смещения реперов не обнаружены.

Разработка и внедрение системы мониторинга состояния устойчивости прибортовых массивов Сарбайского и Соколовского карьеров позволяет повысить эффективность разработки железорудных месторождений открытым способом, обеспечить безопасные условия труда и бесперебойный режим

работы горн-добывающих предприятий АО «ССГПО».

Таблица 1 – Результаты наблюдений за положением реперов по станции I

№ репера	Y	X	Z
Результаты измерения электронным тахеометром Leica TCA 1201			
Rp-I	1235,494	5145,544	177,364
IE-6"	2496,423	4811,434	-25,762
Результаты измерения GPS приемником Leica 1200			
Rp-I	1235,491	5145,546	177,359
IE-6"	2496,419	4811,437	-25,767

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Проект наблюдательных станций за состоянием устойчивости бортов и отвала Соколовского карьера: отчет о НИР / КарГТУ. Караганда, 2008. 92 с.
2. Проект наблюдательных станций за состоянием устойчивости бортов и отвалов Сарбайского карьера: отчет о НИР / КарГТУ. Караганда, 2008. 118 с.
3. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. ВНИМИ Л., 1971.
4. Мозер Д.В. Совершенствование методики маркшейдерских наблюдений за состоянием карьерных откосов с применением глобальных спутниковых систем: автореф. ... канд. техн. наук: 11.03.10. Караганда: КарГТУ, 2010.
5. Урдубаев Р.А., Ожигина С.Б., Мозер Д.В., Турсбеков С.В. Исследование деформаций бортов глубоких карьеров глобальными спутниковыми системами // Труды 11 Междунар. науч.-техн. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности», (Защита человека в ЧС, охрана труда, экология, логистика, экономика, материаловедение демпфирующих сплавов). Алматы, 2009. С. 127-132.

УДК 622.411.332 (574.31)

**Ж.Г. ЛЕВИЦКИЙ,  
А.В. СОКОЛОВ**

**Приложение теоремы Лагранжа к анализу сложных вентиляционных систем**

Управление проветриванием шахт в условиях горного производства является непрерывным процессом и, как правило, связано с развитием подготовительных и очистных работ, введением в эксплуатацию новых горизонтов, объединением вентиляционных систем, загромождением и старением выработок, изменением газового баланса, установкой или демонтажом регулирующих устройств, возникновением аварийных ситуаций и т. д. Решение перечисленных задач связано с анализом сетевых уравнений вида [1]

$$\begin{cases} \sum_{i \in S} q_i = 0; \\ \sum_{i \in L} R_i q_i^2 + h_L = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $S = 1, 2, 3, \dots, N$  – нумерация узлов вентиляционной сети;  
 $L = 1, 2, 3, \dots, K$  – нумерация независимых контуров вентиляционной сети;  
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – нумерация ветвей вентиляционной сети;  
 $q_i$  – расход воздуха в  $i$ -й ветви;  
 $R_i$  – аэродинамическое сопротивление  $i$ -й ветви;  
 $h_L$  – напорная характеристика вентилятора в  $L$ -м контуре.

Их решение позволяет найти естественное распределение воздуха во всех элементах вентиляционной сети независимо от её сложности.

Как видно из (1), найти явную зависимость типа  $Q_i = F(R_1, R_2, \dots, R_n)$ , позволяющую упростить методику расчёта сложных вентиляционных сетей в процессе управления распределением расходов

воздуха, невозможно ввиду нелинейности системы. Если обратиться к вентиляционной системе как к графу, то следует отметить, что в силу жёсткой взаимосвязанности его ветвей изменение аэродинамической характеристики  $j$ -й выработки вызовет изменение потокораспределения в любом её элементе. Для парных связей эта зависимость имеет вид  $q_i = f(R_j)$ . Так как данная функция является непрерывной и имеет непрерывную производную, что вытекает из анализа системы (1), то для двух различных значений  $R_j$  при монотонном возрастании или убывании функции расхода воздуха в силу теоремы Лагранжа [2] будет иметь место равенство

$$\frac{q_i R_{j,\epsilon} - q_i R_{j,\delta}}{R_{j,\epsilon} - R_{j,\delta}} = f' R_\xi, \quad (2)$$

где  $q_i(R_{j,n})$  и  $q_i(R_{j,k})$  – начальное и конечное значение расходов воздуха в  $i$ -й выработке, соответствующее начальному и конечному значениям сопротивления  $j$ -й ветви;  
 $f'(R_\xi)$  – производная от функции расхода, соответствующая некоторому значению сопротивления  $R_\xi$  в промежутке между  $R_{j,n}$  и  $R_{j,k}$ .

Если на некоторый момент времени задано начальное воздухораспределение  $q_i(R_{j,n})$ , соответствующее исходному значению сопротивлений выработок, то при изменении  $j$ -го сопротивления на некоторую величину новое значение расхода воздуха может быть найдено из условия (2), т.е.

$$q_i R_{j,\epsilon} = q_i R_{j,\delta} + f' R_\xi R_{j,\epsilon} - R_{j,\delta}. \quad (3)$$

Таким образом, выражение (3) является уравнением взаимосвязности вентиляционных потоков в форме Лагранжа и с его помощью при известных значениях  $f(R_{\xi})$ , где  $R_{j,n} < R_{\xi} < R_{j,k}$ , можно оценить влияние  $j$ -го элемента на  $i$ -й управляемый поток воздуха.

В то же время в существующей технической литературе нет приемлемых зависимостей для определения  $f(R_{\xi})$ . Последние вычисляются в каждом конкретном случае, исходя из общих свойств описываемого объекта исследования и условий задачи.

Учитывая, что все изменения, протекающие в вентиляционной сети, взаимосвязаны, можно предположить, что отношение производных, соответствующих базовому состоянию сети, к производным на промежутке при изменении  $R_j$  будет величиной постоянной или близкой к этому значению для всех ветвей исходной системы независимо от её сложности.

Поскольку геометрическая интерпретация производной в точке равна тангенсу наклона касательной в данной точке, а производная на

промежутке соответствует тангенсу угла наклона стягивающей хорды (рисунок 1), то высказанные предположения могут быть записаны следующим образом:

$$\frac{tg \beta_1}{tg \alpha_1} = \frac{tg \beta_2}{tg \alpha_2} = \frac{tg \beta_3}{tg \alpha_3} = \dots = \frac{tg \beta_n}{tg \alpha_n};$$

$$tg \alpha_i = \frac{dq_i}{dR_j} \Big|_{R_j = R_{j,i}}; \quad (4)$$

$$tg \beta_i = \frac{dq_i}{dR_j} \Big|_{R_j = R_{\xi}, R_{j,i} < R_{\xi} < R_{j,e}}.$$

Рассмотрим вентиляционную сеть, состоящую из 23 ветвей и 15 узлов (рисунок 2). В качестве переменного параметра примем аэродинамическое сопротивление ветви 4-8. Базовые значения расходов воздуха для всех ветвей расчётной схемы при  $R_{4,8} = 1,0$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup> приведены в таблице 1. Депрессии вентиляторов принимались равными  $h_1 = 280$  даПа и  $h_2 = 320$  даПа.

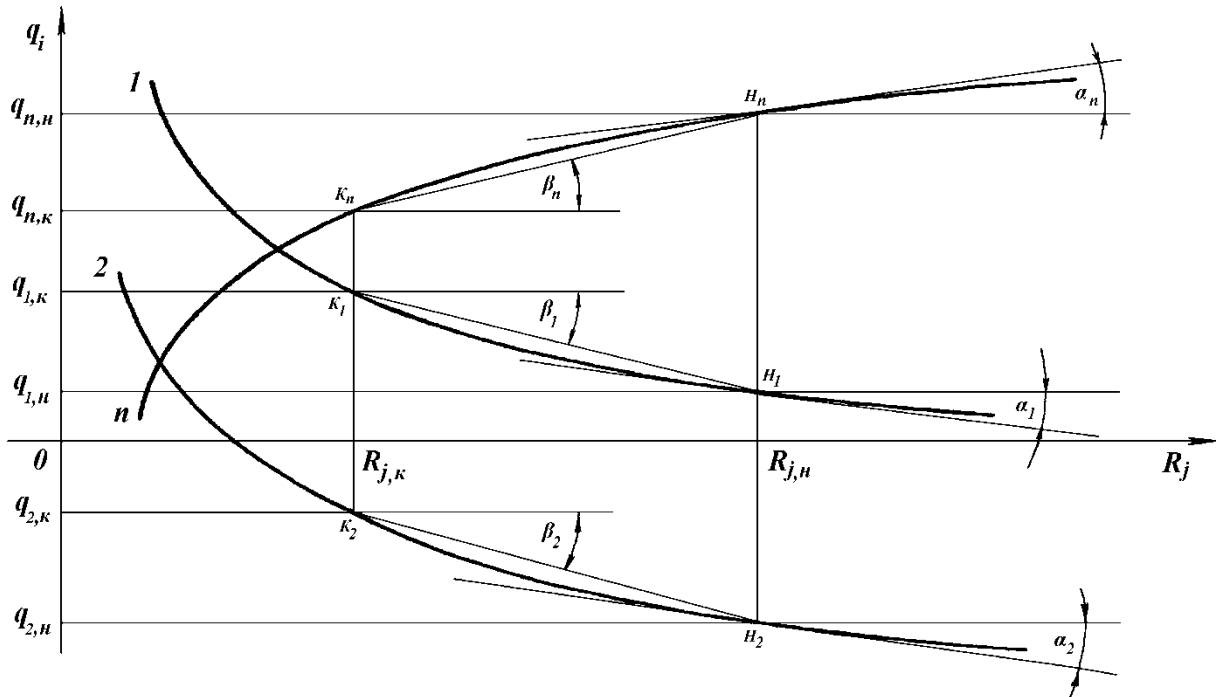


Рисунок 1 – Отображение влияния  $j$ -го регулятора на изменения расходов воздуха в управляемых ветвях

Таблица 1 – Базовые значения к расчётной схеме рисунка 2

Код ветви	$R$ , даПа·с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	$q$ , м <sup>3</sup> /с	$\frac{dq}{dR_{48}}$	Код ветви	$R$ , даПа·с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	$q$ , м <sup>3</sup> /с	$\frac{dq}{dR_{48}}$
1,2	0,005	104,76	-0,8950	7,10	0,052	28,35	1,5943
2,3	0,045	31,18	0,3996	8,10	0,090	9,79	1,6371
2,6	0,015	45,36	0,4648	8,15	0,026	17,90	-1,9939
2,4	0,025	28,22	-1,7594	10,13	0,0078	18,56	-0,0428
3,12	0,016	19,99	0,1101	9,11	0,016	33,32	1,0071
3,5	0,008	11,19	0,2895	12,14	0,0325	34,98	0,1345
6,7	0,065	8,24	-0,2773	11,14	0,084	18,09	-0,2446
4,7	0,038	20,11	1,8715	11,13	0,075	15,23	1,2518
4,8	1,000	8,11	-3,6310	13,15	0,0125	33,79	1,2090

5,9	0,075	3,80	-0,2650	15,17	0,64	51,69	-0,7849
6,9	0,010	37,12	0,7421	14,16	0,48	53,07	-0,1101
5,12	0,024	14,99	0,0245				

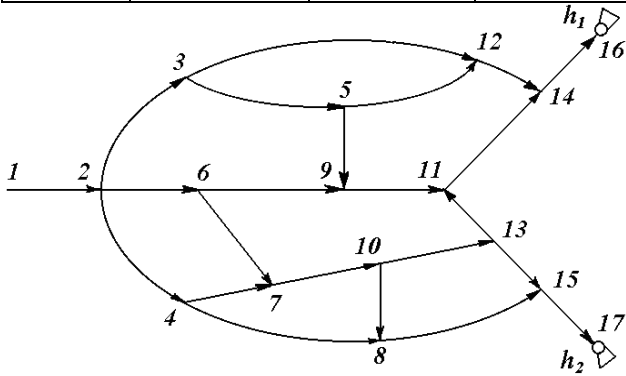


Рисунок 2 – Расчётная вентиляционная сеть с двумя вентиляторами

В качестве независимых расходов примем расходы воздуха в следующих ветвях заданной расчётной схемы:  $q_{1,2}$ ;  $q_{2,4}$ ;  $q_{2,6}$ ;  $q_{3,5}$ ;  $q_{4,8}$ ;  $q_{5,9}$ ;  $q_{6,7}$ ;  $q_{8,10}$ ;  $q_{13,15}$ . В этом случае система уравнений, описывающих расчётную вентиляционную сеть для принятых независимых расходов, имеет вид:

$$\begin{cases} R_{1,2}q_{1,2}^2 + R_{2,3}(q_{1,2} - q_{2,4} - q_{2,6} - q_{3,5})^2 + R_{3,12}(q_{1,2} - q_{2,4} - q_{2,6} - q_{3,5})^2 + R_{12,14}(q_{1,2} - q_{2,4} - q_{2,6} - q_{5,9})^2 + R_{14,16}(q_{1,2} - q_{4,8} - q_{10,8} - q_{13,15})^2 = h_1; \\ R_{2,6}q_{2,6}^2 + R_{6,9}(q_{6,9} - q_{6,7})^2 - R_{5,9}q_{5,9}^2 - R_{3,5}q_{3,5}^2 - R_{2,3}(q_{1,2} - q_{2,4} - q_{2,6})^2 = 0; \\ R_{3,5}q_{3,5}^2 + R_{5,12}(q_{3,5} - q_{5,9})^2 - R_{3,12}(q_{1,2} - q_{2,4} - q_{2,6} - q_{3,5})^2 = 0; \\ R_{5,9}q_{5,9}^2 + R_{9,11}(q_{2,6} - q_{6,7} + q_{5,9})^2 + R_{11,14}(q_{2,6} + q_{5,9} + q_{2,4} - q_{4,8} - q_{10,8} - q_{13,15})^2 - R_{12,14}(q_{1,2} - q_{2,4} - q_{2,6} - q_{5,9})^2 + R_{5,12}(q_{3,5} - q_{5,9})^2 = 0; \\ R_{2,4}q_{2,4}^2 + R_{4,7}(q_{2,4} - q_{4,8})^2 - R_{6,7}q_{6,7}^2 - R_{2,6}q_{2,6}^2 = 0; \\ R_{6,7}q_{6,7}^2 + R_{7,10}(q_{2,4} - q_{4,8} + q_{6,7})^2 + R_{10,13}(q_{2,4} - q_{4,8} + q_{6,7} - q_{10,8})^2 + R_{11,13}(q_{2,4} - q_{4,8} + q_{6,7} - q_{10,8} - q_{13,15})^2 + R_{9,11}(q_{2,6} - q_{6,7} + q_{5,9})^2 - R_{6,9}(q_{2,6} - q_{6,7})^2 = 0; \\ R_{4,8}q_{4,8}^2 - R_{10,8}q_{10,8}^2 - R_{7,10}(q_{2,4} - q_{4,8} - q_{6,7})^2 - R_{4,7}(q_{2,4} - q_{4,8})^2 = 0; \\ R_{10,8}q_{10,8}^2 + R_{8,15}(q_{4,8} + q_{10,8})^2 - R_{13,15}q_{13,15}^2 - R_{10,13}(q_{2,4} - q_{4,8} + q_{6,7} - q_{10,8})^2 = 0; \\ R_{1,2}q_{1,2}^2 + R_{2,4}q_{2,4}^2 + R_{4,8}q_{4,8}^2 + R_{8,15}(q_{4,8} + q_{10,8})^2 + R_{15,17}(q_{13,15} + q_{4,8} + q_{10,8})^2 = h_2. \end{cases}$$

Методика выполнения экспериментов по определению производных  $dq_i/dR_{4,8}$  состояла в следующем. После дифференцирования данной системы по изменяющемуся параметру  $R_{4,8}$ , подстановки из таблицы 1 базовых значений расходов воздуха  $q_i$  и аэродинамических сопротивлений  $R_i$  для всех ветвей рассматриваемой схемы и приведения

подобных получим систему линейных уравнений вида (5), решая которую находим искомые производные  $dq_i/dR_{4,8}$ . Результаты расчётов приведены в таблице 1.

Для определения параметра  $f'(R_{4,8}) = \text{tg}\beta_i$  значение аэродинамического сопротивления влияющей ветви последовательно изменялось в диапазоне от  $R_{4,8 \text{ min}} = 0,001 \text{ даПа}\cdot\text{с}^2/\text{м}^6$  до  $R_{4,8 \text{ max}} = 100 \text{ даПа}\cdot\text{с}^2/\text{м}^6$  и на каждом шаге этого изменения по стандартной методике вычислялось новое распределение расходов воздуха. В свою очередь, для каждого фиксированного значения  $R_{4,8}$  на основе найденного потокораспределения и известного базового расхода по формуле (2) вычислялись производные  $f'(R_{4,8}) = \text{tg}\beta_i$ , а также их отношение к  $\text{tg}\alpha_i = f'(R_{i,n})$  т.е.  $f'(R_{4,8})/f'(R_{i,n})$ .

В таблице 2 представлены результаты выполненных расчётов по определению отношения  $f'(R_{4,8})/f'(R_{i,n})$  для выбранной группы расходов воздуха заданной вентиляционной схемы.



$$\begin{aligned}
 & 27,454 \frac{dq_{1,2}}{dR_{4,8}} - 28,014 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} - 2,137 \frac{dq_{2,6}}{dR_{4,8}} - \\
 & - 0,32 \frac{dq_{3,5}}{dR_{4,8}} - 25,474 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} - 1,137 \frac{dq_{5,9}}{dR_{4,8}} - \\
 & - 25,474 \frac{dq_{10,8}}{dR_{4,8}} - 0,422 \frac{dq_{13,15}}{dR_{4,8}} = 0; \\
 & - 1,403 \frac{dq_{1,2}}{dR_{4,8}} + 1,403 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 2,084 \frac{dq_{2,6}}{dR_{4,8}} - \\
 & - 0,09 \frac{dq_{3,5}}{dR_{4,8}} - 0,285 \frac{dq_{5,9}}{dR_{4,8}} - 0,371 \frac{dq_{6,7}}{dR_{4,8}} = 0; \\
 & - 0,32 \frac{dq_{1,2}}{dR_{4,8}} + 0,32 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 0,32 \frac{dq_{2,6}}{dR_{4,8}} + \\
 & + 0,77 \frac{dq_{3,5}}{dR_{4,8}} - 0,36 \frac{dq_{5,9}}{dR_{4,8}} = 0; \\
 & - 1,137 \frac{dq_{1,2}}{dR_{4,8}} + 2,656 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 3,19 \frac{dq_{2,6}}{dR_{4,8}} + 0,36 \frac{dq_{3,5}}{dR_{4,8}} - \\
 & - 1,52 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} - 12,11 \frac{dq_{5,9}}{dR_{4,8}} - 1,52 \frac{dq_{10,8}}{dR_{4,8}} - 1,52 \frac{dq_{13,15}}{dR_{4,8}} = 0; \text{ (5)} \\
 & 1,47 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} - 0,68 \frac{dq_{2,6}}{dR_{4,8}} - 0,76 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} - 0,536 \frac{dq_{6,7}}{dR_{4,8}} = 0; \\
 & 0,477 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 0,162 \frac{dq_{2,6}}{dR_{4,8}} - 0,477 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} + \\
 & + 0,533 \frac{dq_{5,9}}{dR_{4,8}} + 0,85 \frac{dq_{6,7}}{dR_{4,8}} + 1,142 \frac{dq_{10,8}}{dR_{4,8}} = 0; \\
 & - 2,238 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 10,348 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} + 1,474 \frac{dq_{6,7}}{dR_{4,8}} = -32,886; \\
 & - 0,145 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 0,61 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} - 0,145 \frac{dq_{6,7}}{dR_{4,8}} + \\
 & + 1,491 \frac{dq_{10,8}}{dR_{4,8}} + 0,422 \frac{dq_{13,15}}{dR_{4,8}} = 0; \\
 & 0,524 \frac{dq_{1,2}}{dR_{4,8}} + 0,706 \frac{dq_{2,4}}{dR_{4,8}} + 41,657 \frac{dq_{4,8}}{dR_{4,8}} + \\
 & + 33,547 \frac{dq_{10,8}}{dR_{4,8}} + 33,082 \frac{dq_{13,15}}{dR_{4,8}} = -32,886,
 \end{aligned}$$

Таблица 2 – Сводные данные результатов расчёта параметров  $f(R_{\Sigma})/f(R_{j,n})$  для выбранных расходов воздуха расчётной схемы рисунка 2

Код ветви	$f(R_{\Sigma})/f(R_{j,n})$ при изменении $R_{t,s}$ , даПа·с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>									
	0,001	0,005	0,01	0,02	0,05	0,08	0,1	0,2	0,5	0,8
1,2	6,716	6,336	5,949	5,361	4,288	3,663	3,363	2,472	1,498	1,117
2,4	9,989	8,923	7,650	6,354	4,814	3,380	3,121	2,353	1,482	1,126
2,6	7,492	6,998	6,511	5,790	4,308	3,832	3,501	2,539	1,518	1,125
3,5	11,069	9,065	7,174	5,570	4,362	3,667	3,401	2,771	1,548	1,124
4,8	8,239	7,559	6,929	6,042	4,545	3,778	3,423	2,501	1,531	1,129
5,12	7,879	7,144	6,528	5,638	4,342	3,723	3,486	2,655	1,557	1,161
6,9	8,611	7,609	6,998	6,279	4,691	3,881	3,525	2,587	1,527	1,125
8,15	7,651	6,550	6,337	5,872	4,923	3,912	3,605	2,776	1,611	1,172
11,14	7,039	6,616	6,186	5,531	4,297	3,615	3,306	2,210	1,386	1,100
Код ветви	$f(R_{\Sigma})/f(R_{j,n})$ при изменении $R_{t,s}$ , даПа·с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>									
	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0	80,0	100
1,2	1,0	0,606	0,450	0,304	0,172	0,090	0,063	0,042	0,0268	0,0218

2,4	1,0	0,605	0,452	0,303	0,172	0,089	0,063	0,041	0,0266	0,0216
2,6	1,0	0,614	0,456	0,308	0,174	0,089	0,062	0,042	0,0271	0,0219
3,5	1,0	0,594	0,444	0,300	0,168	0,086	0,060	0,040	0,0258	0,0210
4,8	1,0	0,593	0,437	0,292	0,164	0,083	0,058	0,039	0,0252	0,0204
5,12	1,0	0,638	0,463	0,303	0,174	0,093	0,064	0,041	0,0230	0,0216
6,9	1,0	0,581	0,427	0,283	0,159	0,086	0,060	0,037	0,0241	0,0195
8,15	1,0	0,612	0,456	0,309	0,175	0,085	0,059	0,0423	0,0274	0,0220
11,14	1,0	0,589	0,435	0,292	0,164	0,082	0,057	0,040	0,0253	0,0205

Как показывают эксперименты, стабильность отношения  $f'(R_{\xi})/f'(R_{j,n})$  возрастает с ростом аэродинамического сопротивления  $R_{4,г}$  влияющей ветви.

Если проанализировать итоговые данные, легко убедиться в справедливости сделанных выше предположений. Действительно, начиная с  $R_{4,г} \geq 0,001$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup> для каждого последующего фиксированного сопротивления, отношения  $f'(R_{\xi})/f'(R_{j,n})$  с незначительными вариациями колеблются около среднего значения. Максимальная величина отклонения от среднего значения не превышает 15 % и имеет место для принятых верхней и нижней границы изменения  $R_{4,г}$ . По мере увеличения  $R_{4,г}$  уменьшается разброс точек, что свидетельствует о правильности выбора исходных предпосылок для построения функциональной зависимости между отношением производных, с одной стороны, и изменяющимся аэродинамическим сопротивлением влияющей ветви, с другой.

Для наглядности и охвата всего диапазона данных таблицы 2, значения отношения  $f'(R_{\xi})/f'(R_{j,n})$  от изменения сопротивления регулятора  $R_{4,г}$  представлены на рисунке 3 в виде графика, где ось абсцисс является натуральным логарифмом сопротивления регулятора  $R_{4,г}$ .

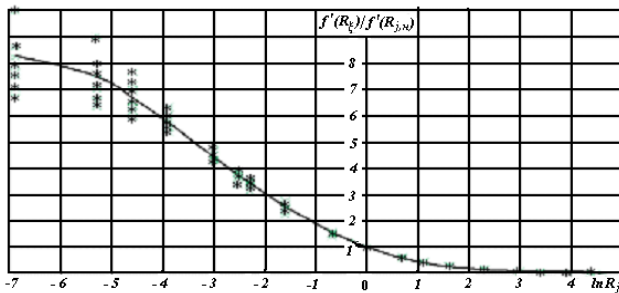


Рисунок 3 – Логарифмическая зависимость отношения  $f'(R_{\xi})/f'(R_{j,n})$  от изменения сопротивления регулятора  $R_{4,г}$

Установлено, что отношение производной  $f'(R_{\xi})$  к производной в базовой точке  $f'(R_{j,n})$ , соответствующей состоянию сети при  $R_{j,n} = 1,0$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>,  $i = \overline{1, n}$ , изменяется в ходе изменения  $R_j$  по одному и тому же закону для всех ветвей вентиляционной системы.

Для интерполяции экспериментальных данных был применён метод наименьших квадратов [3]. В качестве аппроксимирующей функции был выбран полином четвертой степени, так как он позволяет достаточно точно описать зависимость отношения  $f'(R_{\xi})/f'(R_{j,n})$  от изменения сопротивления регулятора  $R_{4,г}$ , о чем свидетельствует стандартное отклонение  $S_1 = 0,401$ .

В силу того, что недостатком аппроксимации полиномом является расхождение с экспериментальными данными на концах диапазона (в данном случае при  $R_{4,г} > 50$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>), а также в силу зависимости отношения  $f'(R_{\xi})/f'(R_{j,n})$  от изменения сопротивления регулятора  $R_{4,г}$ , близкой к линейной на диапазоне  $10 \leq R_{4,г} < 100$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>, то уместно на этом диапазоне аппроксимировать её прямой линией. В итоге имеем на интервале изменения регулятора  $0,001 < R_j < 10$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>, зависимость описывается уравнением

$$f' R_{\xi} / f' R_{j,i} = (1 - 0,714 \ln R_j + 0,163 (\ln R_j)^2 - (6,56 \times 10^{-4}) \cdot (\ln R_j)^3 - (3,47 \times 10^{-3}) (\ln R_j)^4) \quad (6)$$

В свою очередь на интервале  $10 \leq R_j < 100$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup> уравнение примет вид:

$$f' R_{\xi} / f' R_{j,i} = 0,18 - 0,032 \ln R_j \quad (7)$$

Так как  $f'(R_{\xi}) = \text{tg} \beta_i$ , то выражение (3) с учётом (4) и (6) преобразуется к виду:

$$q_i = q_{i,0} + [-0,714 \ln R_j + 0,163 \cdot (\ln R_j)^2 - (6,56 \times 10^{-4}) \cdot (\ln R_j)^3 - (3,47 \times 10^{-3}) \cdot (\ln R_j)^4] \cdot \frac{dq_i}{dR_j} \cdot (R_j - 1) \quad (8)$$

Данное выражение справедливо для  $0,001 < R_j < 10$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>. Тогда как на интервале  $10 \leq R_j < 100$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup> имеем:

$$q_i = q_{i,0} + (0,18 - 0,032 \ln R_j) \cdot \frac{dq_i}{dR_j} \cdot (R_j - 1) \quad (9)$$

где  $q_{i,0}$  – начальный базовый расход воздуха в  $i$ -й выработке, соответствующей значению  $R_j = 1,0$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>.

Полученные зависимости (8) и (9) позволяют определять величину нового расхода воздуха в любой  $i$ -й ветви заданной расчётной схемы при изменении аэродинамического сопротивления регулятора  $R_{4,г}$  в заданном диапазоне без необходимости решения многомерной нелинейной системы уравнений. Так, для ветви 2-4 зависимости для определения расхода воздуха при изменении сопротивления  $R_{4,г}$  будут иметь вид:

– при изменении  $R_{4,г}$  на интервале от 0,001 до 10 даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>

$$q_{2,4} = 28,22 + [1 - 0,714 \ln R_{4,г} + 0,163 (\ln R_{4,г})^2 - (6,56 \times 10^{-4}) \cdot (\ln R_{4,г})^3 - (3,47 \times 10^{-3}) \cdot (\ln R_{4,г})^4] \cdot (-1,7594) \cdot (R_{4,г} - 1); \quad (10)$$

– при изменении  $R_{4,г}$  на интервале от 10 до 100 даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>

$$q_{2,4} = 28,22 + (0,18 - 0,032 \ln R_{4,г}) \cdot (-1,7594) \cdot (R_{4,г} - 1). \quad (11)$$

При построении зависимостей вида (10) и (11) для любой  $i$ -й ветви заданной расчётной схемы в исходные формулы (8) и (9) начальные базовые значения расходов воздуха  $q_i$  и производные  $\frac{dq_i}{dR_{4,8}}$ , берутся из таблицы 1, которые определялись по изложенной выше методике. Аналогично могут быть получены расчётные формулы для остальных ветвей заданной вентиляционной схемы.

При изменении места расположения регулятора  $R_j$  для получения зависимостей вида (10) и (11) на основе формул (8) и (9) необходимо найти новое базовое значение расходов воздуха  $q_{i,0}$ , соответствующие значению сопротивления регулятора  $R_j = 1,0$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup> для всех ветвей расчётной схемы.

вычисления базовых производных  $\frac{dq_i}{dR_j}$  можно осуществлять с достаточной для практики точностью по формуле

$$\frac{dq_i}{dR_j} \cong \frac{q_{i,i} - q_{i,e}}{R_{j,i} - R_{i,e}}, \quad (12)$$

где  $q_{i,0}$  – базовый расход воздуха в  $i$ -й выработке при  $R_{j,0} = 1,0$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>, м<sup>3</sup>/с;  
 $q_{i,k}$  – расход воздуха в  $i$ -й выработке при  $R_{j,k} = 0,95$  даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>, м<sup>3</sup>/с.

Следует обратить внимание на то, что производные  $dq_i/dR_j$ ,  $j = \overline{1, p}$  являются условиями качественной оценки изменений, протекающих в вентиляционной сети под воздействием  $j$ -го регулятора. По их знаку легко выделить ветви, в которых расход воздуха будет убывать или возрастать. Если  $\frac{dq_i}{dR_j} > 0$ , то в такой ветви с увеличением  $R_j$  будет увеличиваться и расход воздуха, что характеризует условно параллельную связь управляющей  $j$ -й ветви с управляемым потоком воздуха в  $i$ -й ветви. При  $\frac{dq_i}{dR_j} < 0$  результат будет

противоположным, что характеризует условно последовательную связь регулятора с управляемым потоком воздуха. Поскольку ди

Выполненные расчёты показали, что получаемые аппроксимирующие уравнения с достаточной для практики точностью характеризуют связанность потоков воздуха в сложной вентиляционной сети в широком диапазоне изменения аэродинамического сопротивления регулятора. При этом отпадает необходимость на каждом шаге изменения аэродинамического сопротивления регулятора решать многомерные нелинейные системы уравнений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левицкий Ж.Г. Аэромеханика вентиляционных потоков. Караганда: КарГТУ, 2003. 228 с.
2. Гребенча М.К., Новоселов С.И. Курс математического анализа. М.: Высшая школа, 1960. 543 с.
3. Тарасевич Ю. Ю. Численные методы на Mathcad'e. Астрахань: АГПУ, 2003. 70 с.

УДК 622.831

**В.Ф. ДЕМИН,  
Т.К. ИСАБЕК,  
В.В. ЖУРОВ,  
В.В. ДЕМИН,  
А.А. СКОРЯКИН**

#### **Исследование влияния угла наклона анкера на напряженное состояние массива горных пород с прямоугольной выработкой**

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

Важной задачей является определение напряженно-деформированного состояния массива с учетом влияющих факторов на устойчивость контуров горной выработки. В качестве расчётной схемы выбрана прямоугольная плоскость, находящаяся в плоско-деформированном состоянии и разбивающаяся сеткой треугольных элементов с соответствующими граничными условиями. Исследование особенностей деформирования породного массива вокруг подготовительных выработок с анкерным креплением при различных углах падения пласта и глубине анкерования, обоснование параметров анкерной крепи и определение рациональной области ее

использования является актуальной задачей горного производства.

Исследовались проявления горного давления с установлением степени влияния технологических факторов с использованием метода конечных элементов. Моделировалась технологическая схема очистных работ с возвратноточным проветриванием для условий пласта к10 шахты им. Костенко УД АО «АрселорМиттал Темиртау» при длине лавы 200 м до её прохода с использованием анкерной крепи.

Рассмотрена выработка, закрепленная анкерами (рисунок 1). Исследуем изменения напряжений массива горных пород в зависимости от угла наклона анкеров в кровле. Расчётные параметры: длина анкера 2,2 м; его диаметр 0,022 м; сечение выработки 17,5 м<sup>2</sup>; глубина разработки  $\gamma H = 8,7138$  МПа.

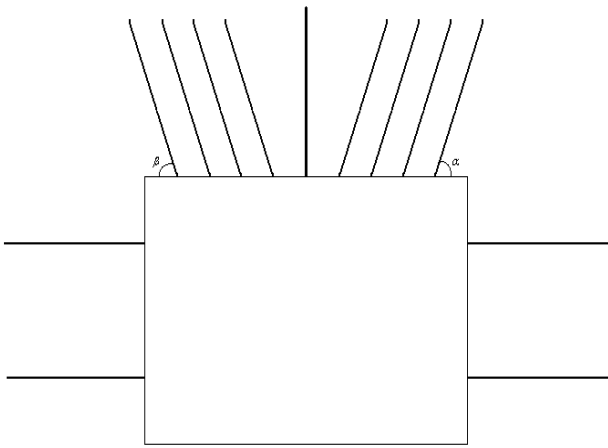
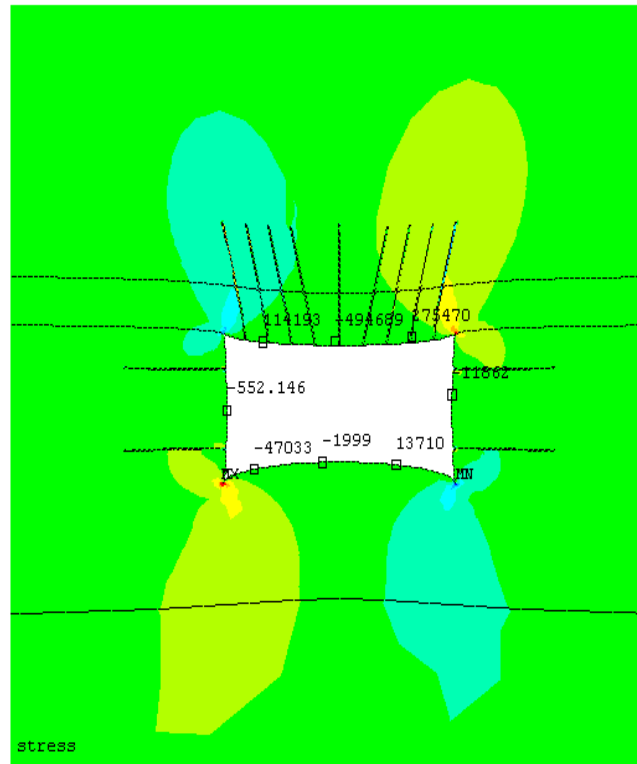


Рисунок 1 – Сечение прямоугольной выработки, закрепленной анкерами

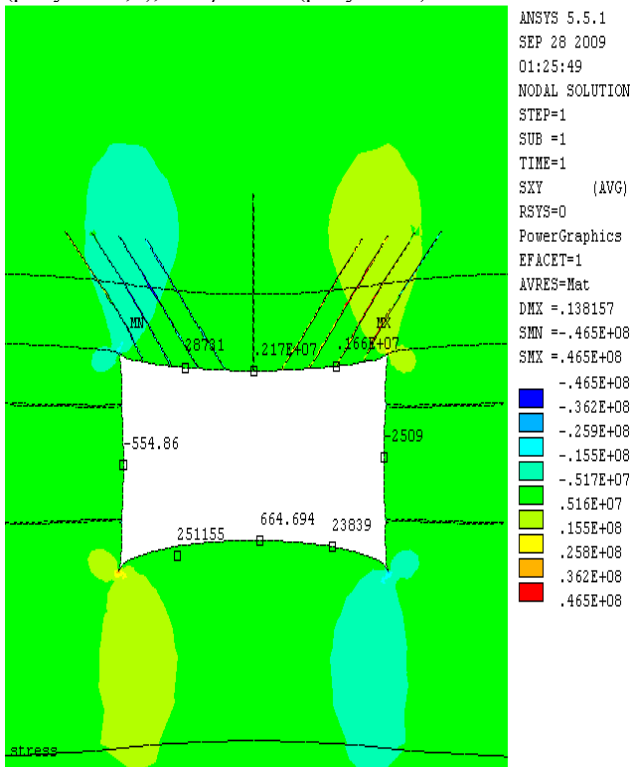
В таблице 1 представлены расчетные значения максимальных напряжений и по параметрам модуля максимальных перемещений.

Из таблицы 1 следует, что при изменении угла наклона анкеров изменяются нормальные напряжения по оси «у» и касательные напряжения. Минимальные напряжения возникают, когда  $\alpha = \beta = 90^\circ$ . Ниже приведены распределения напряжений на примере касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в массиве горных пород, соответствующих  $\alpha = \beta = 45^\circ$  (рисунок 2,а),  $\alpha = \beta = 75^\circ$  (рисунок 2,б),  $\alpha = \beta = 90^\circ$  (рисунок 3).



б

Рисунок 2 – Распределение напряжений  $\tau_{xy}$



а

Таблица 1 – Значения максимальных нормальных и касательных напряжений

$\alpha, \beta$ (градусах)	$\sigma_x$ (МПа)	$\sigma_y$ (МПа)	$\tau_{xy}$ (МПа)	$u_x$ (м)	$u_y$ (м)
30	93.6	19.7	54.1	0.0028	0.1382
45	93.4	28.2	46.5	0.0028	0.1382
60	93.4	26.1	30.6	0.0028	0.1382

75	93.4	9.05	29.1	0.0028	0.1382
90	93.4	5.73	29.1	0.0028	0.1382

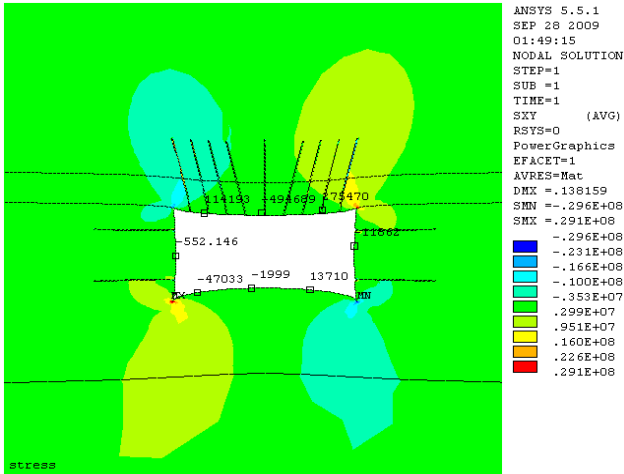


Рисунок 3 – Распределение напряжений  $\tau_{xy}$  при  $\alpha = \beta = 90^\circ$

Из проведенного исследования наиболее оптимальным углом расположения анкеров в кровле явля-

ются углы  $\alpha = \beta = 90^\circ$ .

Установлены зависимости максимальных нормальных напряжений по оси «у» в зависимости от угла наклона анкера:

$$\sigma_{\max}^y(\alpha) = 2.719 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^4 - 5.924 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^3 + 0.44 \cdot \alpha^2 - 13.053 \cdot \alpha + 153.45. \quad (2)$$

В таблице 2 приведены сравнительные результаты, полученные по эмпирической зависимости и численными данными.

Как видно из таблицы 2, погрешность при угле наклона 45 и 60° составляет менее 10 %, а при угле наклона 30, 75, 90° составляет менее 3 %.

Выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния угля вмещающих породных массивов в зависимости от горно-геологических факторов позволяют в конкретных условиях эксплуатации устанавливать рациональные параметры крепления боковых пород для повышения устойчивости подготовительных горных выработок.

Таблица 2 – Сравнение результатов, полученных по эмпирической зависимости и численными данными

Угол наклона анкера (град.)	Максимальное касательное напряжение (МПа)		Погрешность (%)
	эмпирическая зависимость	численный метод	
30	55.589	54.1	-2.752
45	42.506	46.5	8.59
60	33.651	30.6	-9.972
75	29.026	29.1	0.255
90	28.629	29.1	1.62

ӘОЖ 622.271:(622.682+622.684)

С.С. ҚҰЛНИЯЗ,  
И.Д. АРЫСТАН,  
С.Ю. АСАН,  
А.А. СКОРЯКИН

### Қияқұламалы конвейерлерден құрастырылған үзілмелі-толассыз технологиялық кешеннің бейімделу жағдайлары

Үзілмелі-толассыз технологиялық кешендердің тиімділігін анықтайтын негізгі факторлар:

- тасымалдау жүктің көлемі;
- конвейерлі көтергілерді орнату бұрышы;
- тасымал жүктің түрі;
- кешеннің құрамындағы жабдықтардың техникалық және тұтынымдық көрсеткіштері;
- күрделі тау-кен жұмыстардың көлемі.

Ғылыми-техникалық мақалаларды және патенттерді талдау арқылы анықталғаны: кен массаны қияқұламалы конвейерлі таспалармен тасымалдаудағы қолданатын конвейерлердің құрылымдық түбегейлі айырмашылығы 18°-тан жоғары бұрышта тасымалданатын жүкті төменге қарай жылжып кетпеуден сақтау. Бүгінгі таңда, әлемдік тау-кен саланың тәжірибесінде келесі қияқұламалы конвейерлер қолданады:

- жүкті көтеру бұрышы 25-27° кедір-бұдыр таспалы;
- көтеру бұрышы 90°-қа дейін, таспасы ұзындығы бойынша белгілі аралықта көлденең бөлінген;
- көтеру бұрышы 30-50° құбыр тәрізді;

– орнатылу бұрышы 50-90° тасымалданатын жүкті таспамен үстінен қысып ұстайтын.

АҚШ Тау-кен бюросының зерттеулері бойынша, айтылған конвейерлі таспалардың арасында тау-кен өндіру кәсіпорындарында қолдануға тиімді екі нобайлық «сэндвич» тәрізді тасымал жүкті үстінен ұстап тұратын конвейерлі таспа анықталған.

Ресейдің белгілі ғылыми-зерттеу институттары: Екатеринбург қаласындағы Тау-кен істер институты, Мәскеудің Мемлекеттік Тау-кен университеті және т.б. ізденіс жұмыстарының нәтижелерінде аталған қияқұламалы конвейерлі таспа қолайлы деп саналады. Бұл ұстаным, Ресей Ғылыми Академиясының Орал бөлімшесінің Тау-кен істер институтының ғалымдары және Қашар аршығының мамандарымен бірлесіп орындалған ғылыми-ізденіс жұмыстарында қияқұламалы конвейерлі таспаны қолданудың экономикалық тиімділігі анықталынған.

Есептеулерде қияқұламалы конвейерлі таспалардың келесі түрлері үлгі ретінде алынған:

– екінобайлық конвейерлі таспамен жабдықталынған арнайы үстінгі таспаны ұстайтын роликтер;  
– беті кедір-бұдырланған екінобайлы конвейерлі таспа;

– көлденең қоршалған тақтайша конвейерлер.

Кестедегі мәліметтер бойынша, ұзындығы бойынша белгілі аралықта көлденең қоршалған конвейердің техника-экономикалық көрсеткіштері басқаларға қарағанда едәуір төмендігі анықталуда.

Техника-экономикалық көрсеткіштері бойынша беті кедір-бұдырланған екінобайлы конвейер ең тиімді. Бұл конвейерлі таспаның артықшылықтары:

– конвейерлі таспаның бойында тасымалданатын жүктің сенімді орналасуы;

– әлбетте қысып тұрған элементтердің жүктеме мөлшерін бәсеңдету қабілеттілігіне байланысты конвейерлі таспаның ұзындығы бойынша динамикалық жүктемелердің төмендеуі;

– конвейерлі таспаның өнімділігі басқалармен салыстырғанда жоғары.

Зерттеу жұмыстардың жалғасында екінобайлық қия құламалы конвейерлі таспа қаралды. Зерттеу барысында конвейерлі таспаның жылжу жылдамдығы 3,15 м/с тен қабылданды және конвейердің орнату бұрышы 60°, жүкті көтеру биіктігі 100 м-ден 600 м-ге дейін, аршықтың жылдық өнімділігі 5 млн-нан 30 млн т аралығында зерттелді.

Қияқұламалы конвейерлі таспалардың тиімді қолдану жағдайлары олардың үлесті күрделі және тұтынымдық шығындары, өнімділігі, үлесті металл және электрлі энергия қажеттілігі ескеріліп анықталды.

Есептеулер бойынша, конвейерлі көтергінің орнату бұрышы жоғарылауына байланысты негізгі техника-экономикалық көрсеткіштерінің өзгермегені не бәсеңдеп азайғаны байқалды. Бұндай жағдайда күрделі тау-кен жұмыстардың шығындары қарқынды азайғаны анықталды. Әлбетте конвейерлі көтергінің орнату бұрышы 18°-тан 60°-қа дейін өсуіне қарай күрделі тау-кен жұмыстардың шығындары 16-49% аралығында азаюда. Осыған байланысты жалпы ұсатқыш-конвейерлі кешеннің қосынды күрделі және тұтынымдық шығындарының төмендеуі анықталды.

Үзілмелі-толассыз технологияда конвейер қондырғысының басты конвейері қия бұрыш бойынша не диагональ бойынша, бойлық профилі 15°-18°тен ар-

шықтың жұмыстық емес жағдайында үңгіленген орда орналасады.

Көбінесе, үзілмелі-толассыз технологияны қолданатын белгілі кен-байыту комбинаттарда басты конвейерлер диагональ бойынша аршықтың жұмыстық емес жағдайында орналасады.

Мысалы Украинадағы Ингулецкий КБК үзілмелі-толассыз технология арқылы 18 млн т/жыл өндірім көлемі орындалады, Южный КБК үзілмелі-толассыз технология арқылы 20 млн т/жыл өндірім көлемі орындалады; Ресейдегі Стойленский КБК үзілмелі-толассыз технология арқылы 27 млн т/жыл кен өндірім көлемі орындалады, біздің еліміздегі құрылысы орындалып жатқан Ақтоғай КБК өндіру жұмыстары толық үзілмелі-толассыз технология арқылы бір жылда 50 млн т. көлемде орындалады. Ақтоғай ашық кеніші кен өндірілім бойынша әлемдегі ең ірі аршықтар қатарына кіреді.

Құрылыс және тау-кен дайындау жұмыстар көлемін және қаражат шығынының шамасын азайту үшін басты конвейер орналасатын орды, қия бұрыш бойынша, яғни енісі 40°-қа тен үңгіленуін ұсынамыз. Ордың бойлық профилі жоғарылануына байланысты тау-кен жұмыстар көлемі елеулі шамаға азаяды, осы ұсынысты дәлелдеу үшін келесі есептер жасаймыз және есептің нәтижесінде құрастырылған график арқылы ордың тиімді түрін анықтауға болады.

Ордың тиімді түрін анықтау үшін қолданатын келесі бастапқы мәліметтер:

– ұсату-қайта тиеу қондырғының карьерде орналасатын шоғырлану деңгейжиектің жер бетінен тереңдігі – 200 м;

– қия құлама ордың еніс бұрышы – 40°;

– аршықтың жұмыстық емес жағдайының еңкею бұрышы – 45°;

– ор табанастының ені – 7 м;

– ор жағдайы қиябетінің бұрышы – 60°.

Қияқұлама ордың көлемін анықтау үшін В.В. Ржевскийдің теңдігін пайдаланамыз [3]:

$$\kappa = H^2(\text{ctg } I - \text{ctg } \gamma_{\text{жс}}) \left[ \frac{b}{2} + \frac{H}{3} (\text{ctg } I - \text{ctg } \gamma_{\text{жс}}) \frac{\text{ctg } \alpha}{\text{ctg } I} \right] \quad (1)$$

мұнда  $H$  – ордың ұзындығы, м-312м.

$I$  – ордың еніс бұрышы;

$\gamma_{\text{жс}}$  – аршықтың жұмыстық емес жағдайының еңкею бұрышы;

$b$  – ор табанастының ені;

$\alpha$  – ор жағдайы қиябетінің бұрышы.

Кесте – Қашар аршығының тау-кен жағдайларына сәйкес орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстардың техника-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Конвейерлі көтергінің түрі			
	Әдеттегі таспалы	Екінобайлы қысу роликтермен жабдықталынған	Екінобайлы қысу гофралармен жабдықталынған	Екінобайлық тақтайша көлденең қоршалған
Конвейердің орнату бұрышы	16	35	35	35
Конвейерлі құрылманың ұзындығы, м	435	210	210	2×210
Таспаның ені, м:				
жүктасымал нобайдың	1,6	2,0	1,6	2×1,4
қысу нобайдың	-	2,0	1,6	-
Конвейерлі таспаның түрі:				
жүктасымал нобайдың	РТЛ-6000	РТЛ-2500	РТЛ-4000	көлденең қоршалған
қысу нобайдың	-	РТЛ-1500	РТЛ-3150	тақтайша

Жетектің қуаты, кВт	3000	2890	2880	2×1520
Конвейердің массасы	435	450	393	2×354
Күрделі шығындар %	100	104	83	160
Тұтынымдық шығындар, %	100	107	93	166

$$V_k = 97344(1,19-1)[3,5+104(1,19-1)0,48] = 240065 \text{ м}^3. (2)$$

Диагональ бойынша орналасатын ордың көлемі келесі теңдік арқылы орындалады:

$$V_o = \frac{I \cdot a}{4} [a(2H_{и.о.} \sqrt{\text{ctg}^2 I - \text{ctg}^2 \gamma_{жс}} + \frac{b}{\sin z}) + b^2 \text{ctg} z] (3)$$

мұнда  $H_{и.о.}$  – шоғырлану деңгейжиектің жер бетінен тереңдігі – 200 м.;

$a$  – ордың биіктігі бойынша ені – 30 м.

$I$  – ордың еніс бұрышы;

$\gamma_{жс}$  – аршықтың жұмыстық емес жағдайының еңкею бұрышы;

$b$  – ор табанастының ені;

$z$  – ордың трассасымен аршық жағдайының арасындағы жанасу бұрышы – 30°.

$$V_d = 50[30(400\sqrt{3,732 - 1 + 3,5}) + 84,86] = 995335 \text{ м}^3.$$

Есептеулер арқылы пайда болған шамаларды салыстырсақ қия құлама ордың көлемі төрт есе кем, диагональ бойынша орналасатын ордың көлемінен, сондықтан уақыт және шығын жағынан карағанда да бұл орды үнгілеу оңтайлы болады.

Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде үлесті көрсеткіштердің өзгеруі, жылдық жүкті тасымалдау көлеміне және аршықтың тереңдігіне байланысты өзгеру қарқыны және бағыттары анықталды. Құрамында таспалы конвейерлер бар ҮТТ кешеннің өнімділігі 5 млн т-дан 30 млн т-ға дейін өсуіне қарай, кен массаны тасымалдау биіктігі 100 м-ден 600 м-ге дейін өсуіне байланысты негізгі жабдықтардың үлесті күрделі шығындары 4,9-2,1 есеге дейін өзгереді, ал үлесті тұтынымдық шығындар 2,1-1,6 есеге.

Кен массаны көтеру биіктігі 100 м биіктікке өссе, үлесті көрсеткіштер келесі аралықтарда өзгереді: таспалы конвейерлермен жабдықталған конвейерлі желілердің күрделі шығындары 35-16%-ға, ал тұтынымдық шығындары 16-10%-ға өзгереді. Егер конвейерлі желілер қияқұламалы конвейерлермен жабдықталса, күрделі шығындар 25-12%-ға және тұтынымдық шығындар 12-8%-ға сәйкес өзгереді. Шығындардың шамалары ҮТТ кешеннің өнімділігі өсуіне қарай төмендейді.

Қияқұламалы конвейерлермен жабдықталған конвейерлі желілердің күрделі шығындары 1,3-2,5 есе және тұтынымдық шығындары 1,2-1,5 есе төмендейді.

Шығындардың төмендеу қарқыны, кен массаны көтеру биіктігі жоғарылауына қарай жоғарылайды. Тау-кен техникалық жағдайлары ұксас кенорнындағында қолданатын құрамында таспалы және қия құламалы конвейерлермен жабдықталған ҮТТ кешеннің салмақтары бір-бірінен 3-12%-ға ғана айырмашылығы бар. Сенімділігі тұрғыдан қарағанда, таспалы конвейерлердің көрсеткіші жоғары. Қияқұламалы конвейерлермен жабдықталған кешендердің өнімділігі жоғарылауына сәйкес алу-тиеу бөліктің құрамындағы жабдықтар саны өсуде.

ҮТТ кешеннің жұмыскерінің жылдық есептік еңбек өнімділігі 28-87 мың т. Жұмыскердің еңбек өнімділігі экскаваторлы-автокөлік бөліктегі жабдықтардың түріне және жалпы ҮТТ кешеннің өнімділігіне байланысты. ҮТТ экскаваторлы-автомобильді бөлігінде экскаватордың түрі қолданыстағы ЭКГ-5 және автоөзітүсіргіштің жүк көтергіштігі 42 т болған жағдайда кешеннің жылдық өнімділігі 5 млн т-дан 20 млн т-ға жоғарыласа, жұмыскердің еңбек өнімділігі 28-32%-ға өседі. Егер алу-тиеу жұмыстарды ЭКГ-8И экскаватор атқарып, ал жинақтау көлік ретінде жүк көтергіштігі 110 т автоөзітүсіргіш қолданылса, онда үзілмелі-толассыз технологияның құрамалы көлігімен жылдық жүк тасымалдау көлемі 20 млн т-дан 30 млн т-ға дейін өседі.

Тасымалданатын жүк конвейерлі көлікпен 100 м биіктікке дейін жеткізілсе, экскаваторлы-автомобильді бөліктің құрамындағы жұмысшылар саны, жалпы үзілмелі-технологиялық жүйенің саны 76-90% құрайды.

Кен массаны 600 м биіктікке дейін конвейерлі көтергімен жүкті тасымалдаған жағдайда экскаваторлы-автомобильді бөліктің құрамындағы жабдықтарға қызмет жасайтын жұмыскерлер саны жалпы жұмыскерлердің санынан 60-82%-ға дейін төмендейді.

Жинақтау автокөліктің жұмыскерлер саны жалпы ҮТТ жүйенің жұмыскерлер санының 45-65% құрайды. Ұсатқыш-конвейерлі кешеннің жұмыскерлер саны жүк тасымалдау көлемі өсуіне қарағанда аз мөлшерде өзгереді және кен массаны көтеру биіктігіне қарай 6-7%-ға дейін өседі.

Әдеттегі конвейерлі таспалармен жабдықталынған ҮТТ кешендерінің жұмысшыларының еңбек өнімділіктерінен жоғары екені дәлелденді. Жүк көтеру тереңдік 100м-ден 600м-ге дейін жоғарылаған сайын тасымал жүктің өсу көлеміне қарамастан жұмысшының еңбек өнімділігінің жалпы төмендеуі 10-25%-ға дейін сақталады.

Зерттеу арқылы анықталғаны ҮТТ кешендер өнімділігі жылына 10 млн т-ға дейін, жүк көтеру биіктігі 200м-ден жоғары аршықтарда болған жағдайда қияқұламалы конвейерлерді тиімді қолдануға болады. Бұндай жағдайларда қия құламалы конвейерлі ҮТТ-лық кешендердің аз мөлшердегі 5-25% пайдалану шығындарға үлесті күрделі шығындар елеулі шамаға 13-30%-ға дейін төмендейді, егер әдеттегі таспалы конвейерлермен жабдықталынған ҮТТ кешендермен салыстырсақ жұмысшының еңбек өнімділігі 8-20% жоғары.

Қияқұламалы конвейерлерді кен массаны көтеру биіктігі 300 м-ден жоғары не аршықтың өнімділігі 30 млн т/жыл тең не жоғары болғанда, қолдануға тиімді. Бұндай жағдайда үлесті тұтынымдық шығындар тең болып, қияқұламалы конвейерлермен жабдықталынған ҮТТ кешендердің үлесті күрделі шығындары, қалыптасқан таспалы конвейерлермен жабдықталын-

ған ҮТТ кешендерге жұмсалатын шығындарыннан 6-20%-ға төмен.

Қияқұламалы конвейерлерді қолдану нәтижесінде қосымша күрделі тау-кен жұмыстар көлемі 1,4-1,6 есе азаяды, осыған байланысты ауыл шаруашылықтан алынған жер телімінің көлемі төмендейді және елеулі мөлшерде аршық алабындағы және оның маңындағы ауаның тазалығы жоғарылайды.

Ұсатқыш-конвейерлі кешеннің жабдықтарын таңдау кезінде қажетті жылжымалы модульдерге назар аудару керек, яғни үш модульден жасакталатын ұсатқыш қайта – тиеу қондырғыларға, ал конвейер ретінде өте тиімді пайдалануға қияқұламалы кедір-бұдырлы таспалық конвейерлерді. Осы конвейерлерді орнату нәтижесінде күрделі тау-кен құрылыс жұмыстар көлемі 5млн м<sup>3</sup>-ге төмендеп, құрылыс мезгілі 1,5 жылға дейін азаяды.

Жалпы жабдықтар аршықтың қазу аймақтарын және аршықтың жұмыс аймағын ескеріп таңдалады. Аршықтың орташа деңгейлерінде жұмыс аймағында

өзіжүргі қайта тиеу қондырғыларды, ал төменгі және соңғы деңгейлерінде кертпешаралық тиеуіштерді, жылжымалы конвейерлер мен көпірлерді қолдануға тиімді. Осы айтылған жабдықтар аршықтың тереңдеуіне қарай және қазудың тау-кен техникалық жағдайларына бейімделуі тиісті.

Үзілмелі-толассыз технологияның артықшылықтарын іс жүзінде іске асыру мақсатымен терең карьердің жұмыс аймағын қарқынды өзгертіп не ҮТТ бейімделу деңгейін жоғарылатуға өте тиімді. Бүгінгі таңда қияқұламалы конвейерлерді қолдануға тиімді. Бұл конвейерлер ҮТТ терең аршықтарда бейімделуіне келесі факторларды жақсарту арқылы мүмкіндік туғызады:

- тасымалдау жұмыстарының қашықтығын азайту арқылы;
- конвейерлі таспалардың ұзындығы қысқарады;
- тау-кен күрделі жұмыстар көлемі төмендейді және құрылысқа қажетті уақыт мөлшері азаяды.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 378 с.
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., 1972. 165 с.

ӘОЖ 622.28

*К.М. БЕЙСЕМБАЕВ,  
С.С. ЖЕТЕСОВ,  
Г.Б. АБДУГАЛИЕВА*

### Қазу қондырғысы

Көмірді жер асты газсыздандыру үдірісіндегі ағымның қарқыны және алынған газдағы оның сапалы құрамына, көбінесе температураға тәуелді және тотығу реакциясы кезінде жер астының қысымы газогенераторда, үрлеудің қарқынында, үрлеудің құрамында, сонымен қоса жанас жыныстардың және көмірдің қасиеттерінде болады. Жер асты газдандырудың қарқынды үдірісіндегі қажетті жағдайларының біреуі болып жоғарғы температураны бір қалыпта ұстау, мұндағы диффузия жылдамдығын ұлғайту және химиялық өзара әсерінен пайда болған заттар болып саналады. Соңғы уақытқа дейін, жер асты газогенераторында қысымды ұлғайту, мұндағы газдандыру үдірісінің ағымына әсер етпейді. Бірақта қазіргі уақытта пайда болған едәуір қысым, жер асты генераторында елеулі нәтиже береді.

Көмірді жер асты газдандыру әдісінде күмәнсіз құндылықтарға қарамай (алынған өнім қолдануда ыңғайлы, өндірістің күрделі шығыны зор емес, адам қатысуынсыз көмірді өндіру), жетіспеушіліктер шындығында бір талай, өндірісте оны пайдалану кезінде қажетті мөлшерде қосымша зерттеулер қажет.

Көмірді жерасты газсыздандырудың негізгі жетіспеушілігі болып: синтетикалық газдың төменгі калориясы, пайдалы кеннің көп мөлшердегі шығыны және алынған газдың салыстырмалы жоғарғы бағасы болып табылады. Үдірістің көрсеткіштерін жақсарту үшін белгілі шаралар жиынтығы ұсынылып, келтіріледі.

Тиімді тотықтырғышты сутекті үрлеумен қолданады және су буымен, оттегімен, синтетикалық газбен оны соңғы өнімнің калориясын ұлғайту мақсатында қолданады.

УВТ-0,3 қазу қондырғысы адам қатысуынсыз көмірді қазып алу кезінде көмір тақтасын бекітумен, яғни кенжар іргелік кеңістікте, сонымен қоса қиын опырылатын төбені орташа қалыңдығымен қазу алабында және жұқа қабаттарда көмір қорының қазба жұмысы қабаттарында және кейбір мөлшердегі аудандарда төбені ақырын түсіруін талап етеді (кейбір ғимараттарды қорғау мақсатында).

Көмір өндірудің УВТ-0,3 қазу қондырғысына тоқталсақ, көмір тақтасын бағаналы схема арқылы қазып алу кезінде тікелей және кері тәртіппен өндіру бағанасын жылжи отырып, тазалау фронтының құламасы бойынша және қабаттың жазылымы бойынша жүргізілген. Бағана қазбада және желдеткіш қазбада дайындалады да, арасына тілме пеш бұрғылап тесу машиналары шнектермен опырады. Тілме пешке УВТ-0,3 қазу қондырғысы енгізіледі де, соңында (көлік және желдеткіш штректерде) электржетекпен, беріліс жүйесімен және энергопоезд домалақ шассисмен жүргізіледі [1].

Лавада адам қатысуынсыз көмірді қазып алады, тозған кескіштің орнына және штрек жабдығында профилактикалық жөндеу жүргізіледі. Кенжар жабдығының сенімділігі мынадай түрде есептелген, бұл қазып алуда апатсыз жұмыстың болуына кепілдік бере-



ді. Осыдан кейін егерде кенжардың жабдықтарында апат болған жағдайда және ұзақ тұрған жағдайда жетек қосылса, қазу қондырғысы тасымалдау штрегіне беріледі де, мұнда жөнделу жұмыстары жүргізіледі. Қондырғыны қайтадан іске қосу үшін жаңа тілме пеш кесіледі. Зерттеулер нәтижесінде едәуір алабтарда төбені ақырын түсіруін талап етеді, тіпті қабаттың орташа қалыңдығында (3,0-3,2 м дейін) қазымның жұқа қабаттарында (0,2-0,3 м) тиімді қолданады және төбені ақырын түсіру кезінде тау-кен сілеміне байланысты.

Көмір өндірудің технологиясындағы УВТ-0,3 қазу қондырғысын қолданғандағы жетістіктер мен жетіспеушіліктерді келесілерден келтіруге болады:

1. Адам қатысуынсыз көмірді қазып алудың қағидасын жүзеге асыру, кәсіпорынның техника-экономикалық көрсеткіштерін төмендетпеуі, мұндағы технологияның сенімділігін туғызады.

2. Аз қалыңдықтағы қабаттарда дайындалған қорларды өңдеу, шақтаның мерзім қызметін ұзарту болып табылады.

3. Ұзын тазартпа кенжарының технологиясында агрегаттық қазып алу кезінде қолданатын көмір арасы және скрепер – жоңғыш пайдаланады.

4. УВТ-0,3 қондырғысының мөлшері аз қалыңдықтағы қабатты кең диапазонда жұмыс істейді.

5. Кесудің прогрессивті режимінде, мұндағы көмірдің жақсы сорты және кесудің жетегінде орнатылған тимді пайдалану болып табылады.

6. Технологияның негізгі жетіспеушіліктері және УВТ-0,3 қондырғысының конструкциясы болып: үңгіні ұстап тұру және кенжар іргелік алапты тиімді желдету, сонымен қоса УВТ-0,3 қондырғысын жөнделу және профилактикалық қарау немесе тоқтап қалу кезінде кенжар үшін қосымша жабдықтардың қазу учаскесінде болу керек.

УВТ-0,3 қондырғысының түрі көмірді қазу машинасымен өндіріп, оны кең салада қолдану, социалды жағынан айтпағанда адам қатысуынсыз қазып алудың сұрағы болып табылады. Болашақта технологияның көрсеткіштерінің маңыздылығы және қондырғының құрылысы – болашақ өңдеудің мақсаты, айтылған жетіспеушіліктер болдырмауына бағытталады.

Көмірдің «Тентек-2КБ» қазу қондырғысы кенжардағы адамның қатысуынсыз қазып алу, жұқа қабаттың қалыңдығы 0,8-1,2 метр аралығында қазып алудың құлау бұрышы 0-35° және тау-кен геологиялық жағдайларының жатысы (әлсіз тікелей төбеде) кезінде жүргізіледі.

«Тентек-2КБ» қондырғысы көмірді өндіру кезінде кенжардағы адам қатысуынсыз қайтымды жүріспен қазып алу кезінде қазу қондырғысының камерасында ұлғаяды, осыған байланысты жартылай және толығымен көмірді қазып алу кезінде камера аралық кентірекпен жүргізуге болады. Қазып алу кезінде камераны бекітумен негізделеді. Қондырғының қайтымды жүрісі кезінде камераны ұлғайтылуына іске асырушы органмен камераны қазып алудан кейін болады. Камераны кеңейткеннен кейін және штректің қарама-қарсы жағына басқа камераны қазып алуына және штректегі қондырғының істен шығуына әкеліп соғады. Штректің маңында бағаналы кентіректер қазу алабының бөлігін-

де штректі қорғау үшін қалдырылады, ал қажет жағдайда камераны жұмыспен толтырады. «Тентек-2КБ» қазу қондырғысы іске асырушы органнан, айналмалы тіреудің жалғасынан, кенжарлық конвейерден, жетектен, штектегі энергопоездан, штекке бағытталатын платформадан, штректі конвейермен, штректік бұру платформасынан, ілесетін тіреуден, басқару пультінен тұрады. Іске асырушы орган тұтқагерден, әрбіреуі үстіңгі барабаннан тұрады, орталық жарты сфералық фрезден және астыңғының кесуін шектейтін коронкадан тұрады. Тұтқагер және қозғалмалы жүктейтін қалқанды екінші деңгейдің корпусында жинақталған. Тұтқагер дистанциялық басқаратын домкраттар 90° дейін бұрыла алады, қайтымды жүрісте қазу қондырғысының камерасы кеңейтіледі. Іске асырушы орган датчиктер арқылы және қабаттың жазықтығымен гипсометрия бойынша қозғалыс бағытындағы домкраттармен басқару, сонымен қоса бүйір жақ бетіне қисаюмен басқару болып табылады. Тіреудің түсірілмейтін жалғасы доңғалағынан, маңдайшасынан және корпусының рамасына, тіреудің жалғамасы секциясы бойынша 0,6 метр топсалы біріккен секциялардан тұрады. Тіреудің корпусында секциялық вал, іске асырушы органның жетегі, редукторы, редукторлық момент беріледі. Тіреу секциясының төменгі бөлігі кенжар конвейерінің жалғамасы түрінде орындалады; көмір және қырғыш шынжырдан өтеді. Екінші шынжырлы конвейер көлденең тұйық схемасы бойынша жұмыс істейді.

Конвейердің жетегі, іске асырушы орган, іске қосушы аппаратура, гидравликалық беріліс бөлігі және қосымша жабдықтардың қатарындағы қозғалмалы платформаның соңғы бөлігінде және қазу қондырғысында орналасқан. Бағытталатын штректегі платформа қазу қондырғысын сілемнен бөлу арқылы және жалғаманың қозғалысымен камераға бағытталады. Беріліс механизмі жетектен және шынжырдан тұйық схема бойынша орындалады. Беріліс механизмі камераның платформасында бағытталатын штректі жалғасымен және қазу қондырғысын жылжытумен қамтамасыз етеді. Басқару пульті арнайы штрек жағындағы кеңістікте және қазу қондырғысымен көмір өндірудегі барлық технологиялық операцияларын бақылайды.

«Тентек-2КБ» қазу қондырғысы тәжірибелі (экспериментті) түрі сынамалардан КНИУИ зауытында жасалады және Шахтинск шахтасында Д<sub>7</sub> қабаты бойынша сынамалардан өтеді. Эксперименттік учаскеде 6 камера 42 м дейін жұмыс істелген. Сынамалардың маңыздылығы және «Тентек-2 КБ» қазу қондырғысының тиімді түрі жұқа қабатты қазу үшін, қиын тау-кен геологиялық жағдайларының жатысында, қазудың технологиялық схемасында және қондырғының негізгі конструктивті шешімінде берілген.

Қазу органының жетегі, адам қатысуынсыз камерадағы көмірді өндірудің технологиялық операцияларын орындауын қамтамасыз ететін конвейер науасымен жүргізіледі. Жетек (90 кВт) беріліс жылдамдығын ұлғаюы 0,8-1,0 м/мин аралығына дейін жетеді және жылдамдығы 1,6-2,0 т/мин, энергия шығыны 0,8-0,9 кВт сағ/т береді. Кенжар конвейерінің конструкциясы 3 т/мин дейін тасымалдау жылдамдығымен тартылу органының

жетегіне жетеді, 0,55-0,9 кВт – сағ/т көмірді тасымалдау энергия шығыны кезінде 1,5 м/мин дейін кенжар қондырғының беріліс режимі қамтамасыз етеді.

Болашақта 120-150 кВт көмірді кесудің жылдамдығын арттыруын талап етеді: көмір қабатындағы тау-кен сілемінде іске асырушы органның уату технологиясын жақсарту, камераны желдету жүйесі және бөлшекті басқару жүйесі және т.б.

«Тентек-2КБ» қазу қондырғысында камера аралық кентіректерін камера-бағаналық схемасы бойынша көмірді қазып алу үшін қолданады.

Адам қатысуынсыз көмірді қазып алу қағидасын жүзеге асыру мақсатында штректегі уату комбайны мен конвейер, мұндағы тіреу тікелей төбені ұстап тұру үшін, тұтқагер арқылы дистанциялық басқару және көмір қабатын іске асырушы органмен опыру болып табылады.

Жабдықтың металл көрсеткіштерін азайтуын салыстыра отырып, төбені басқарудың негізгі құралы ретінде камера аралық кентіректі пайдаланудың есебінен болады.

Көмірді өндіру кезінде бірінші жағдайда учаскені дайындау шахта алабындағы (тасыма және желдеткіш) кенжарларда жүргізіледі. Блок бремсберг арқылы (таза ауаның ағының берілуі үшін) және көмірді тасымалдау үшін екіге бөлінеді. Сосын қазу штректерінде желдеткіш штрегі қарама-қарсы қабат бойынша жүргізіледі, БШК агрегатының камерасында алынатын ұзындығына тең. Бағананы қазудың тәртібі – қайтымды. Қазу бремсбергі қабаттың табаның кеседі, оларды ұстап тұруды жеңілдетеді немесе қабаттың астыңғы бөлігінде қазылған ауданын қорғайды, бірінші көмірдің кентірегін, сосын кентіректі қазып алудан кейін жасанды ленталық таяныштармен қазылады. Қазу бремсбергі жалпы шахталық депрессияның есебінен желдетіледі, ал камерасы БМП болып табылады. Камераны қазу біріншіден БШК агрегаты қайтымды жүрісі кезінде жүргізіледі. Бағананы қазып алудан кейін кентіректі қазып алумен жүргізіледі. Төбені басқару үшін, әсіресе қиын опырылатын болса, мұндағы қабатты қазып алудың мүмкіншілігімен және біршама қалыңдықпен көмірдің шығынынсыз қазып алады. Агрегаттың жүрісі кезінде камерадағы астыңғы қабаттар 2,5-3,5 м аралығында болады. БШКА агрегатының конструкциясында агрегат екі қазу органынан айналмалы жоңғыш негізінде орындалады, тіреудің басты тобында және тіреуде, конвейерде, беріліс механизмінде, камераны желдету үшін жабдықта, энергопоезда, пульспен басқару жүйесінде, қосымша жабдықтарда және т.б. болып табылады.

Қазу органы екі жоңғыштан және қабат қалыңдығының өзгертуіне байланысты болады. Үш секциялы топсалы редуктор кесу жетегін қолданумен жүргізіледі. Кенжардағы қазу органының берілісі үздіксіз циклмен жүзеге асырылады. Камералық тіреудің секциясы айналмалы шассиден, тіректен және мандайшаны қозғалтудағы синхронизатор механизмінен тұрады. Конвейер шынжыры тіреуде және агрегаттың беріліс механизмінде орнатылған.

Тіреу секциясы 3 топқа бөлінеді: технологиялық, қазу штрегінің алабы бойынша берілетін және таяныш

қысымы. Энергопоезд штректе орнатылған, түйісу тіреудің үшінші тобының қорғауы бойынша басқару пульты болып табылады.

Зерттеу нәтижесінде БШКА агрегаты бойынша зертханалық және шахталық сынама-ларда элементтердің конструкциясында және экспериментті түрде нұсқасының түрі өңделген.

БШКА агрегатын қолдануда көмір өндіру технологиясының жетістіктері және жетіспеушіліктері:

1. Тазартпа кенжарында БШКА агрегатын ұзын лаваның аралығында аз мөлшерде металл көрсеткіштері болады, сонымен қоса камерада тіреумен және белгілі талаптарда төбені басқару үшін уақытша камераралық кентіректі пайдалану болып табылады.

2. Автоматтандырылған және басқару жүйесіне талаптар және тіреуді пайдалана отырып, тіреуді жылжытуы бойынша камерада белгілі бір мөлшерде жеңілдетеді.

3. Қазу алабында жоғарғы жүктемеге байланысты жүзеге асады, ал қамтамасыз ететін персоналдың болуы жоғарғы өнімділігін қамтамасыз етеді.

4. Негізгі агрегаттағы жетіспеушіліктер болып: инертті газдық ортада жұмыстың сұрақтарының шешілмеуінен, мұнда жоғарғы газдануына байланысты көмір қабаттың қазу кезінде өнімділігі азаяды.

БШК агрегатын қолдануда көмір өндірудің келесі бағыттары мыналардан қарастырылады: дайындау және өнеркәсіп агрегатын сынамада және технологияда көрсетілген жетіспеушіліктерін болдырмау мақсатында, өнімділікті жоғарылатуда, технологияның сенімділігін жоғарылату мақсатында жүзеге асады. Көмірді гидравликалық тәсілмен өндіру кезінде қолданады.

Бірінші тәжірибеде су механизациясын қолданумен көмірді өндіру үшін жер асты жағдайларында Кизел бассейнінде өткізген. Олардың басты тапсырмасы болып көмірді уатудың гидравликалық мүмкіншілігі болып табылады. Тәжірибелі жұмыстың нәтижесінде ағымның қысымы 3,1 МПа кезінде су мен уату көмірдің орташа тиімді болған. Бұл жұмыстар Донецк бассейнінде көмірді өндірудің шахтасында жүргізілген. Көмір өндірудің шахтасында Бабаковский көмір қабаты 1,0-1,4 м қалыңдығында болады, құлау бұрышы 73° аралығында болады. Суды механизациялау құралының көмегімен даярлау және тазалау жұмыстары шахтада пайда болған. Қабатты өңдеу кезінде жарты этаждық штрек жүйесі қолданылған. Сумен уатуда астынан үстінен жүрістермен жүргізіледі. Өндіру кенжары бойынша 60 тоннаға жеткен, ал ең көп 80 тоннаға дейін жеткен.

Көмір өндіретін шахтасының жұмысында жер асты жағдайларына байланысты көмірді өндірудің гидравликалық тәсілін қолданудың мүмкіншілігі, сонымен қоса бұл тәсілдің техникалық және экономикалық жетістіктері де көрсетілген. Соғыстан кейінгі жылдары жер асты жағдайында көмірді сумен өндіру Донбасс және Күзбасс шахтасында өнеркәсіпті қолдануда тапқан.

Күзбасста су механизациясы «Тырганские уклоны» және «Польсаевская – Северная» шахталарында жүргізілген. «Тырганские уклоны» шахтасында гидравликалық тәсілмен өңделген: Прокопьевті 6-20 м қалыңдығы, құлау бұрышы 65-70°, қалыңдығы 6-24 м аралығында,

құлау бұрышы – 65° және Горелый – 6-7 м, құлау бұрышы – 50-60°. Қабатты қазу кезінде этаждың биіктігі – 36-40 м аралығында болған. Этаждың шамасында қазып алу жарты этаждық штректердің жүйесінде өңделген. Жарты этаждың биіктігі 4-15 м шамасына өзгерген. Көмірді қазып алу ұзындығы – 3-6 м.

Қалқан тәсілімен қазылған (300-500 т/тәулік) учаске бойынша жұмыс өнімділігі 1,16-1,3 рет жоғарғы, қалқан учаскелерге қарағанда бағасы 1,5 есе аз.

Бірінші тәжірибеден кейін көмірді сумен уату Күзбасс шахтасында ұсынылған, мұнда ағынның напоры тиімді шамасын анықтау болып табылған. Украинаның ғылыми зерттеу институтында су атқыш агрегат ГВД-3 0,9 м көмір қабатын қазып алу үшін, мұндағы құлау бұрышы 8-50° аралығында болады. Технологиялық схемада учаске жұмысы екі агрегат ГВД 3 жүктемесімен учаскедегі көмір қабатын қазу кезінде 1,2 қалыңдығында болуы керек.

Жер астын гидравликалық әдіспен өндегенде негізгі жетістіктер:

– негізгі операциялардың саны екіге дейін азаяды: уату және көмірді тасымалдау, су атқыштар мен құбырларды тасымалдау, материалдарды жеткізу, және т.б. болып табылады ;

– ауаның шандануын жою.

Зерттеулердің нәтижесінде, сонымен қоса шахтаның тәжірибесінен көмірді уату үшін механогидравликалық машинаны қолдану тиімді болып табылады. Жоғарғы напорлы судың ағысы көмір сілемін төмендетеді, кескіштің жұмыс жағдайын, суыта отырып жеңілдетеді, жоғарылатады, көмірді шаңның пайда болуын төмендетеді.

Сумен уатудың өндіру тәсіліне мынадай жетіспеушіліктер жатады: кейбір жағдайларда жер қойнауында көмірдің шығыны 50 %-ға дейін жетеді, судың және жарықтың көп мөлшердегі шығыны; кенжарды желдету, минералдарды және адамдарды жұмыс орнына жеткізу, жаңартылған жабдықтың жоқтығы болып табылады. Айта кететін жағдай жоғарғы техника-экономикалық көрсеткіштердің нәтижесінде сумен өндіргенде адам қатысуынсыз көмірді қазып алудың мәселесі шешіледі, көмір өндірудің бұл бағыты күмәнімзді келтірмейді. Сондықтан да көмір өндірудің негізгі

дамытуда гидравликалық тәсілі болып: технологиялық схемаларды жаңарту және көмір шығынының азаю мақсатында тау-кен жұмысының механикалық құралы, даярлау жұмыстарының мөлшері және кеңейту аймағында қолдану; шақта бетіндегі технологиялық комплексті жетілдіру болып табылады.

Бұрғылау әдісі адам қатысуынсыз қазып алуда бекітпесіз кенжар іргелік кеңістікте мыналарға бөлінеді: жекеше бұрғылау, күрт қабаттарда қолданады және бұрғылау шнегі – жазық қабаттарда қолданады.

Бұрғылау кезінде көмірді кедергісіз қазып алуда скважина арасындағы кентіреkte өнеркәсіп сынамаларынан өтеді. Бұрғы шнекті машина бірінші рет шахтада жазық көмірдің қабатын қазған кезде 0,57- 0,65 м қалыңдығында болды. Скважинаны бұрғылағанда жалпы ұзындығы 7740 м аралығында және 2660 тонна көмір өңделген. Жұқа қабаттарды өндегенде адам қатысуынсыз қазып алудың әдісін БУГ түрінің қондырғысын қолданумен Қарағанды бассейінде, «Долинская», «Шахан», «Шахтинск» шахталарында Д5, Д7, Д8 көмір тақталарында жүргізілген. Осы уақытқа дейін қазып алуда 2000 камера бұрғылаған және 70000-нан астам тонна көмір өңделген.

БУГ қондырғысын қолдану технологиясын жетілдіру мақсатында қазу учаскесінде жүргізілген.

Әрбір бұрғышнекті машинаны қолданумен төтелдің көмір қабатының екі жағынан қазу штрегі бойынша бұрғылайды. Көршілес төтелдің арасында төтел аралық көмір кентіректері қалдырылады. Ұзындығы төбені басқару әдісіне байланысты. Тазалау жұмысының жүргізу орнында бұрғы шнекті машина БУГ жабдыкталады, қысқа СП –48 конвейер тасымалданады. Бұрғы шнекті машина штректе орналасады, себебі бұрғылау қаретқасында көмір сілемінің жағында болуы керек.

Уатылған көмірді тасымалдау науамен жүргізіледі. Қазу кенжарында жалпы (екі бұрғылау шнекті машина үшін) СР-70А конвейер түрі орналасады. Скважинаны бұрғылаған кезде қарама-қарсы жағында жүкке тигіштің көмегімен жеткізіледі.

Сонымен қоса шнек секциясында арнайы қондырғыларды орнату қажет. Осының барлығы тазартпа жұмысында жұмыс мөлшерін ұлғайтады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жетесов С.С., Бейсембаев К.М., Абдугалиева Г.Б. Пути совершенствования технологии опускных угольных блоков // Труды Международной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казakhstan-2030». Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. С. 40-42.
2. Жетесов С.С., Джумагазиев Н.Б., Абдугалиева Г.Б. Основные направления совершенствования технологии очистных работ // Сборник трудов Московского государственного горного университета. №7 М.: Изд-во МГГУ, 2009. С. 123-125.

## Раздел 4

## Транспорт. Строительство

УДК 539.3:534.1

Ж.Б. БАКИРОВ,  
П.М. АЙТМУКАНОВА,  
К.Ш. ШАЛБАЕВОб одном точном решении задачи устойчивости  
кольцевых пластин

Круглые и кольцевые пластины являются элементами многих технологических и энергетических машин: летательных аппаратов, аппаратов химической и пищевой промышленности, встречаются в судостроении и строительстве. Многие из них в процессе эксплуатации испытывают сложное термосиловое воздействие в срединной плоскости. Для таких пластин расчеты на устойчивость в проектировании и их рациональной эксплуатации являются определяющими.

Устойчивость кольцевых пластин впервые рассмотрена Динном, который привел решение для защемленной по обоим контурам пластины в однородном поле напряжений. Позже эта задача при различных граничных условиях рассмотрена Ямаки, а также Мейсснером.

Точные решения можно получить для различных частных случаев сочетания контурных нагрузок. Наиболее изучены осесимметричные формы потери устойчивости, которые возникают при свободных внутренних контурах или при действии сжимающих сил только по внутреннему контуру. При этом точные решения задачи могут быть получены в функциях Бесселя произвольной дробной степени. Точное решение для неосесимметричных форм потери устойчивости некоторые авторы получали, рассматривая поле напряжений, позволяющее свести уравнение устойчивости к уравнению Бесселя [1].

В данной работе рассматривается точное решение задачи устойчивости кольцевых пластин при пропорциональном нагружении контуров равномерно распределенными радиальными силами вида

$$P_1 = P; \quad P_2 = \beta^2 P,$$

где  $P_1, P_2$  – силы на внутреннем и наружном контурах;

$\beta = R_1/R_2$  – отношение внутреннего радиуса пластины к наружному.

В этом случае из решения плоской задачи теории упругости усилия в плоскости пластины будут равны

$$\begin{bmatrix} N_r \\ N_\theta \end{bmatrix} = \mp P \beta^2 / x^2,$$

где  $x = r/R_2$  – безразмерная радиальная координата.

Этот вид нагружения примечателен тем, что в отличие от предыдущего случая радиальные и окружные докритические напряжения имеют разные знаки во всей области пластины. Такая же картина наблюдается и при приложении растягивающих сил. В этом случае напряжения меняют знак, но их знак остается противоположным. Как известно, выпучивание пластин возможно, если одно из главных напряжений в некоторой области пластины отрицательно. Следовательно в этом случае потеря устойчивости возможна как при «сжимающей», так и при «растягивающей» нагрузке.

**Методика решения задачи**

При осесимметричном напряженном состоянии путем представления прогиба в виде

$$\omega_{(r,\theta)} = \sum \omega_{n(r)} \cos n\theta$$

основное уравнение устойчивости кольцевых пластин можно свести к обыкновенным дифференциальным уравнениям [1]. При рассматриваемом нагружении эти уравнения в безразмерных координатах примут вид:

$$\nabla^2(\nabla^2 \omega_n) + \gamma x^{-2} \left( \frac{\partial^2 \omega_n}{\partial x^2} - \frac{\partial \omega_n}{x \partial x} + n^2 \omega_n / x^2 \right) = 0, \quad (1)$$

где оператор  $\nabla^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d}{x dx} - \frac{n^2}{x^2}$ ;  $n = 0, 1, 2, \dots$ ;

$$\gamma = \lambda^2 \beta^2; \quad \lambda^2 = PR_2^2 / D;$$

$D$  – цилиндрическая жесткость пластины.

Решение этого уравнения должно удовлетворять граничным условиям. В зависимости от опирания контуров пластины возможны следующие граничные условия:

а) защемление (З):  $\omega_n = 0, \quad \omega_n' = 0$ ;

б) шарнирное опирание (Ш):

$$\omega_n = 0, \quad \bar{M}_r = M_r R_2^2 / D = \omega_n'' + \nu \omega_n' / x - n^2 \nu \omega_n / x^2 = 0;$$

в) свободный контур (С):

$$\bar{M}_r = 0, \quad V_c = \bar{V}_r + \lambda^2 \omega_n' = 0,$$

где

$$\bar{V}_r = \omega_n''' + \omega_n'' / x - [1 + n^2(2 + \nu)] \omega_n' / x^2 + n^2(3 + \nu) \omega_n / x^3.$$

В этих выражениях  $M_r$  – изгибающий момент;  $V_r, V_c$  – обобщенная и суммарная поперечная сила;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Для решения уравнения (1) применим следующие замены переменной и функции:

$$z = \ln x, \quad \omega_{n(x)} = e^z \omega_{n(z)} = e^z \omega_z.$$

Тогда рассматриваемое уравнение преобразуется в дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами

$$\frac{d^4 \omega_z}{dz^4} - 2(1 + n^2) \frac{d^2 \omega_z}{dz^2} + (1 - n^2)^2 \omega_z + \gamma \left[ \frac{d^2 \omega_z}{dz^2} + (n^2 - 1) \omega_z \right] = 0. \quad (2)$$

Корни характеристического уравнения, соответствующего этому дифференциальному уравнению, находятся из выражения

$$k_i^2 = 1 + n^2 - \gamma / 2 \pm \sqrt{4n^2 - 2\gamma n^2 + \gamma^2 / 4}.$$

Теперь решение уравнения (1) записывается в виде:  $\omega_{n(x)} = \sum_{i=1}^4 c_i \exp[(1 + k_i)z]$ .

Подставляя прогиб в граничные условия, получаем систему из четырех (по два на каждом контуре) однородных алгебраических уравнений относительно  $C_i$ . Приравняв определитель системы к нулю, получаем характеристическое уравнение для определения собственных значений задачи. Наименьшее значение  $\lambda(\alpha)$ , удовлетворяющее этому уравнению, является критическим параметром нагрузки.

**Решение при действии сжимающих сил**

В различных работах по устойчивости кольцевых пластин показано, что, когда радиальные напряжения

отрицательны, а тангенциальные – положительны, пластина выпучивается осесимметрично ( $n = 0$ ).

Тогда  $k_{1,2} = \pm 1, \quad k_{3,4} = \pm i \sqrt{\gamma - 1} = \pm i \alpha \quad (\gamma > 1)$ .

В этом случае выражение для прогиба примет вид

$$\omega_0 = \omega_{(x)} = C_1 + C_2 x^2 + C_3 x \sin(\alpha \ln x) + C_4 x \cos(\alpha \ln x).$$

$$(\alpha = \sqrt{\gamma - 1}).$$

Определим функции, входящие в граничные условия:

$$\omega' = 2\tilde{N}_2 x + C_3 [\sin(\alpha \ln x) + \alpha \cos(\alpha \ln x)] + C_4 [\cos(\alpha \ln x) - \alpha \sin(\alpha \ln x)];$$

$$\bar{M}_r = 2(1 + \nu)C_2 + C_3 [\alpha(1 + \nu) \cos(\alpha \ln x) - (\alpha^2 - \nu) \sin(\alpha \ln x)] / x - C_4 [\alpha(1 + \nu) \sin(\alpha \ln x) + (\alpha^2 - \nu) \cos(\alpha \ln x)] / x$$

$$V_c = 2x\lambda^2 \xi_i C_2 + (\lambda^2 \xi_i - \frac{\alpha^2 + 1}{x^2}) \{ C_3 [\sin(\alpha \ln x) + \alpha \cos(\alpha \ln x)] + C_4 [\cos(\alpha \ln x) - \alpha \sin(\alpha \ln x)] \},$$

где  $\xi_i$  – коэффициенты нагружения контуров.

В нашем случае при  $x = \beta \xi_1 = 1$ , а при  $x = 1 \quad \xi_2 = \beta^2$ . Поэтому на обоих контурах выражение перед фигурной скобкой равно нулю, следовательно:

$$V_c = 2x\lambda^2 \xi_i C_2.$$

Используя эти выражения, получаем характеристические уравнения для определения собственных значений задачи.

Приведем характеристические уравнения для различных опираний контуров пластины.

1. Оба контура защемлены (З-З):

$$4\alpha\beta + (1 - \beta^2)[(\alpha^2 - 1) \sin(\alpha \ln \beta) + 2\alpha \cos(\alpha \ln \beta)] = 0.$$

Отсюда определяется наименьшее значение  $\alpha$ ; тогда

$$\lambda_{\min}^2 = (1 + \alpha_{\min}^2) / \beta^2.$$

2. Внутренний контур защемлен, наружный свободен (З-С):

$$\alpha \cos(\alpha \ln \beta) - \nu \sin(\alpha \ln \beta) = 0.$$

3. Внутренний свободен, наружный защемлен (С-З):

$$\alpha \cos(\alpha \ln \beta) + \nu \sin(\alpha \ln \beta) = 0.$$

4. Оба контура шарнирно оперты (Ш-Ш):

$$4\alpha\beta + (1 - \beta^2) \left[ \alpha^2 - 1 + \left( \frac{\alpha^2 + 1}{1 + \nu} \right)^2 \right] \sin(\alpha \ln \beta) - 2\alpha(1 + \beta^2) \cos(\alpha \ln \beta) = 0.$$

5. Ш-З:

$$4\alpha\beta(1 + \nu) + \{ [2 + \nu(1 - \beta^2)] \alpha^2 - \nu(1 - \beta^2) + 2\beta^2 \} \sin(\alpha \ln \beta) + \alpha [(\alpha^2 - \nu)(1 - \beta^2) - (1 + \nu)(1 + 3\beta^2)] \cos(\alpha \ln \beta) = 0$$

6. З-Ш:

$$4\alpha\beta(1 + \nu) + [\alpha^2 \nu(1 + \beta^2) - 2 - \nu(1 - \beta^2)] \sin(\alpha \ln \beta) - \alpha [\alpha^2(1 - \beta^2) + 3 + 2\nu + \beta^2(1 + 2\nu)] \cos(\alpha \ln \beta) = 0$$

Значения критического параметра нагрузки, рассчитанные с применением программного

комплeкса Matlab, для первых четырех способов закрепления контуров приведены в таблице 1.  
Таблица 1 – Значения критического параметра нагрузки ( $\lambda^2$ ) для кольцевой пластины, сжатой контурными силами

Схема опирания контуров	Отношение радиусов пластины $\beta$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75
1.3-3	700	447	364	296	232	325	390	660	874
2.3-с	170	88	57,3	34,5	28,5	27,9	31	46	60
3.с-3	116,5	58	38,5	24	20	20,9	24	39	52
4.ш-ш	200	120	94	74	70	81	105	159	310

**Решение при действии растягивающих сил**

Если приложенные нагрузки являются растягивающими, то радиальные напряжения положительны, а тангенциальные напряжения отрицательны. Известно, что выпучивание пластин возможно, если одно из главных напряжений является сжимающим. В нашем случае возможна неосесимметричная потеря устойчивости при растягивающих силах. Корни характеристического уравнения, соответствующего уравнению (2), теперь определяются из выражения

$$k_i^2 = 1 + n^2 + \gamma/2 \pm \sqrt{4n^2 + 2n^2\gamma + \gamma^2/4} = B \pm A.$$

Отсюда находим  $k_{1,2} = \pm i\psi$ ,  $k_{3,4} = \pm i\phi$ ,

где  $\psi = \sqrt{B+A}$ ;  $\phi = \sqrt{-B+A}$ .

Тогда решения уравнений (1) примет вид:

$$\omega_0 = \tilde{N}_1 + \tilde{N}_2 x^2 + C_3 x^{1+a} + C_4 x^{1-a} \quad (a = \sqrt{1+\gamma});$$

$$\omega_1 = C_1 x + C_2 x \ln x + C_3 x^{1+b} + C_4 x^{1-b} \quad (b = \sqrt{4+\gamma});$$

$$\omega_n = C_1 x^{1+\psi} + C_2 x^{1-\psi} + C_3 x \sin(\phi \ln x) + C_4 x \cos(\phi \ln x).$$

Найдем выражения для функций, входящих в граничные условия:

$$\bar{M}_{r0} = 2(1+\nu)C_2 + C_3(a+1)(a+\nu)x^{a-1} + C_4(a-1)(a-\nu)x^{-a-1};$$

$$\bar{M}_{r1} = C_2(1+\nu)x^{-1} + C_3 b(b+1+\nu)x^{b-1} + C_4 b(b-1-\nu)x^{-b-1};$$

$$\begin{aligned} \bar{M}_m &= C_1[(\psi+1)(\psi+\nu) - \nu n^2]x^{\psi-1} + \\ &+ C_2[(\psi-1)(\psi-\nu) - \nu n^2]x^{-\psi-1} + \\ &+ C_3[\phi(1+\nu)\cos\phi_x - (\phi^2 - \nu + n^2)\sin\phi_x]/x - \\ &- C_4[\phi(1+\nu)\sin\phi_x + (\phi^2 - \nu + n^2)\cos\phi_x]/x; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c0} &= 2x\lambda^2\xi_i C_2; V_{c1} = -\lambda^2\xi_i C_1 - [\lambda^2\xi_i(1+\ln x) + (3+\nu)/ \\ &/x^2]C_2 + C_3 x^{b-2}[(b+1)(b^2 - \lambda^2\xi_i x^2 - 3 - \nu) + 3 + \nu] + \\ &+ C_4 x^{-b-2}[-(b-1)(b^2 - \lambda^2\xi_i x^2 - 3 - \nu) + 3 + \nu]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{cn} &= C_1\{-(\psi+1)[\lambda^2\xi_i x^2 - \psi^2 + 1 + n^2(2+\nu)] + n^2(3+\nu)\} \cdot \\ &\cdot x^{\psi-2} + C_2\{(\psi-1)[\lambda^2\xi_i x^2 - \psi^2 + 1 + n^2(2+\nu)] + n^2(3+\nu)\} \cdot \\ &\cdot x^{-\psi-2} + C_3\{(\lambda^2\xi_i - \frac{\phi^2+1-n^2}{x^2})\sin\phi_x + \phi[\lambda^2\xi_i - \\ &- \frac{\phi^2+1+n^2(2+\nu)}{x^2}]\cos\phi_x\} + C_4\{(\lambda^2\xi_i - \frac{\phi^2+1-n^2}{x^2}) \cdot \\ &\cdot \cos\phi_x - \phi[\lambda^2\xi_i - \frac{\phi^2+1+n^2(2+\nu)}{x^2}]\sin\phi_x\} \end{aligned}$$

где  $\phi_x = \phi \ln x$ .

Подставляя эти решения в граничные условия, вновь получаем систему из четырех однородных алгебраических уравнений, из которых получаем характеристические уравнения для определения критического параметра нагрузки. Так, для пластины, защемленной по обоим контурам, характеристические уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} n = 0: & (a-1)(\beta + \beta^{-a})[-a-3+(a+1)\beta^2 + 2\beta^{a+1}] + \\ & + (a+1)(\beta + \beta^a)[a-3-(a-1)\beta^2 + 2\beta^{1-a}] = 0; \end{aligned}$$

$$n = 1: 4 - 2(\beta^b + \beta^{-b}) + b(\beta^b - \beta^{-b}) \ln \beta = 0;$$

$$\begin{aligned} n > 1: & -2\psi\phi + (\phi^2 - \psi^2)\sin(\phi \ln \beta)sh(\psi \ln \beta) + \\ & + 2\psi\phi \cos(\phi \ln \beta)ch(\psi \ln \beta) = 0. \end{aligned}$$

Если оба контура пластины шарнирно оперты, то характеристическое уравнение имеет вид ( $n > 1$ ):

$$\begin{aligned} &[\phi^2 - \psi^2 + (\frac{\phi^2 + \psi^2}{1+\nu})^2]\sin(\phi \ln \beta)sh(\psi \ln \beta) \\ &- 2\psi\phi[1 - \cos(\phi \ln \beta)ch(\psi \ln \beta)] = 0. \end{aligned}$$

При наличии свободного контура характеристическое уравнение оказывается громоздким, поэтому его не приводим.

Значения критического параметра нагрузки и соответствующие им количество узловых диаметров, рассчитанные с применением ПК Matlab, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения критического параметра нагрузки ( $\lambda^2$ ) для кольцевой пластины, растянутой контурными силами  $P_1 = P$ ,  $P_2 = \beta^2 P$

Схема опирания контуров	Отношение радиусов пластины $\beta$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75
1.3-3	2146 3	1385 4	1069 4	840 5	795 7	395 9	1110 12	1350 18	2400 22
2.3-с	756,6 2	520 3	334,3 3	241 3	224 4	238 5	296 7	428 10	570 12
3.с-3	312,3 1	221 1	194,4 2	152 2	153,5 3	176,6 4	179 5	390 8	520 10
4.ш-ш	1692 3	1070 3	820 4	625 4	580 6	664 8	825 11	1375 16	1730 20

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лизарев А.Д. Об устойчивости кольцевых пластин при неоднородном поле напряжений // Прикл. мех. 1980. 16. № 6. С. 92-97.
2. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. М.: Машиностроение, 1978. 312 с.

УДК 624.131.7

Т.К. МУЗДЫБАЕВА,  
Е.К. МУЗДЫБАЕВ

### Анализ экспериментальных данных статической нагрузки основания из двух слоев грунта

Составление физических уравнений, которые бы адекватно отражали механические свойства различных видов грунтов, в настоящее время не представляется возможным. Вид физических уравнений зависит от принятой механической модели данного вида грунта, от его плотности-влажности, гранулометрического состава. Если для одного вида грунта подходит модель линейно-деформируемой упругой среды, то для другого – вязкой жидкости. Все это зависит от особенностей деформирования и разрушения образцов данного вида грунта, от исходных физических характеристик (плотность-влажность), от способа приложения напряжений (статическим или кинематическим способом). В настоящее время модель линейно-деформируемой среды, основанная на теории упругости, совместно с моделью разрушения грунта, основанной на теории прочности Кулона-Мора, широко применяется в инженерной практике для оценки НДС массива грунта.

Для прогнозирования НДС массивов грунтов в Токийском университете (Япония) были проведены экспериментальные исследования неглубокого основания из двух слоев под статическую нагрузку.

Исследования проводились в экспериментальной установке (рисунок 1а), в которой моделировались два слоя грунта. Верхний слой грунта был сделан из гравия (рисунок 2а), нижний слой грунта был сделан из песка Toyoga (рисунок 2б). Toyoga песок часто используется при экспериментальных работах в Японии. Размеры установки: высота – 250 мм, ширина – 350 мм, длина – 1200 мм, ширина штифта – 50 мм; размеры модели грунта, состоящей из двух слоев: высота – 230 мм, ширина и длина соответственно установке (рисунок 1б).

Проводился ряд исследовательских работ по определению свойств грунта, и результаты исследования приведены в таблице.

Для определения несущей способности грунта проводились эксперименты с различными вариантами толщины слоев, и по результатам экспериментов были построены графики (рис. 4 и 5):

Эксперимент 1. Основание из одного слоя: песок (толщина  $t=230$  мм).

Эксперимент 2. Основание из двух слоев: песок (толщина  $t=220$  мм), гравий (толщина  $t=10$  мм).

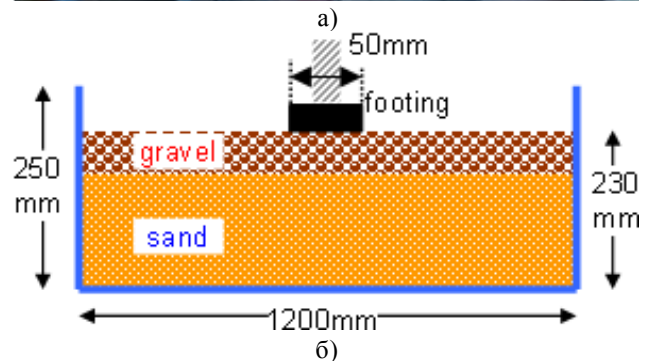
Эксперимент 3. Основание из двух слоев: песок (толщина  $t=210$  мм), гравий (толщина  $t=20$  мм).

Эксперимент 4. Основание из двух слоев: песок – 180 мм, гравий – 50 мм.

Испытания проводились нажатием стандартного штифта на грунт, при этом соблюдалась фиксированная скорость проникновения и измерялись величины приложенной статической нагрузки и

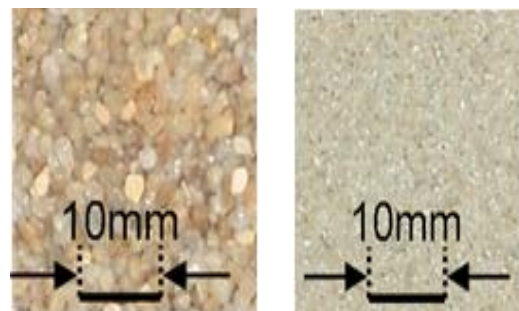
соответственно глубин проникновения штифта в грунт.

Экспериментальные исследования по уровню своего развития определили соответствующие теоретические разработки, необходимые для использования этих новых моделей грунтов для прогнозирования НДС массивов грунтов (особенно неоднородных, сложных и т.д.), поэтому сегодня экспериментальная механика грунтов, изучающая нелинейные свойства грунтов, востребована. Она необходима для определения параметров новых моделей грунтов.



а) вид установки для эксперимента;  
б) схема установки для эксперимента

Рисунок 1 – Установка для эксперимента



а) гравий; б) песок

Рисунок 2 – Грунты, использованные в экспериментальной работе

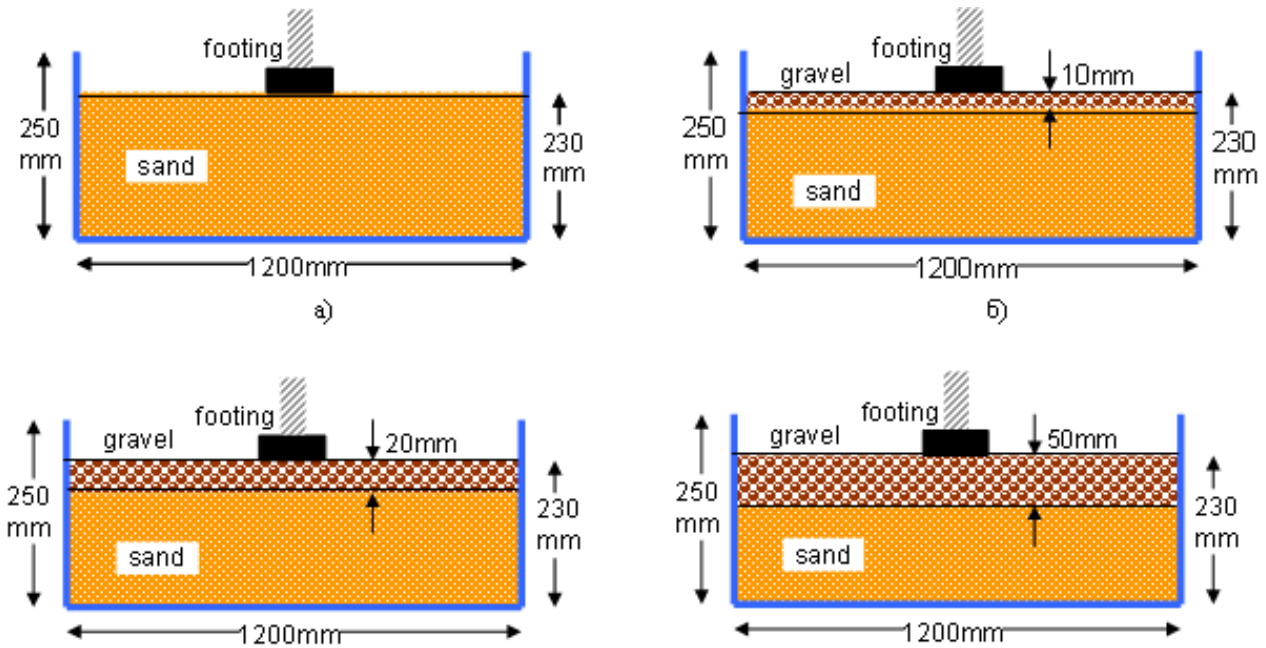
Свойства грунтов

Свойства	Гравий	Песок
Средний диаметр частицы, [мм]	2.5	0.2
Влажность, %	0	5
Относительная плотность, %	93	50
Максимальная плотность, гр/см <sup>3</sup>	1.68	1.65
Минимальная плотность, гр/см <sup>3</sup>	1.46	1.36

Разрабатывается численный анализ данного эксперимента. Результаты экспериментальной работы

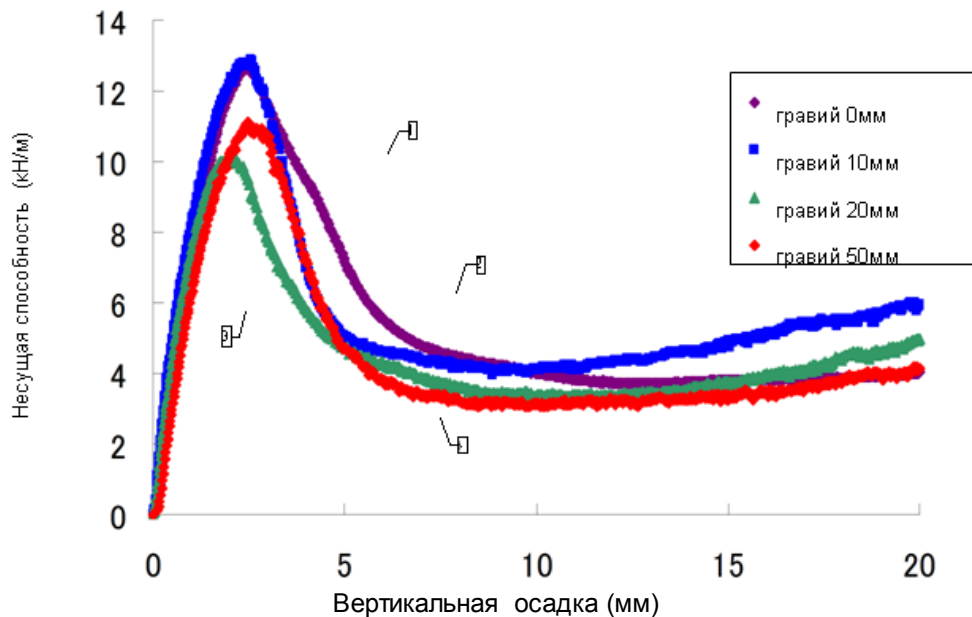
используются в расчетах НДС массивов грунтов методом конечных элементов, разработанным профессором Токийского университета Тадатсугу Танака.

Выражаем благодарность за помощь при проведении экспериментальной работы и при численном методе расчета НДС массива с использованием программ коллег Токийского университета проф. Тадатсугу Танака и Окаджимо Кенджи.



а) эксперимент 1; б) эксперимент 2; в) эксперимент 3; г) эксперимент 4

Рисунок 4 – Схематические рисунки экспериментов



1 – эксперимент 1; 2 – эксперимент 2; 3 – эксперимент 3; 4 – эксперимент 4

Рисунок 5 – График несущей способности грунта для различных экспериментов



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Head K.H. Manual of soil laboratory testing. Volume 1, 2, 3 – 2nd edition – New York – Toronto, 1994.
2. Braja M.Das. Principles of foundation engineering. – 4th edition. – USA. Brooks/Cole publishing company. 1999. 862 p.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: Наука, 2005. 488 с.
4. Tanaka, T. and Okajima K. 2005. Collapse analysis of soil-structure interaction problems by implicit-explicit dynamic relaxation method, Transactions of the JSIDRE, Vol.273, pp.1-6 (in Japanese).
5. 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 338.22

К.Б. ТАЖИБЕКОВА,  
Е.С. ВИНС**Сравнительный анализ газоочистных установок по показателям эффективности и экономичности**

Предприятие ТОО «ABsalut Ecology» принимает участие в государственном проекте по внедрению установок по очистке промышленных газовых выбросов, принцип работы которых отличается от существующих в мире аналогичных устройств.

Вместе с тем наличие большого количества различных газовых очистителей заставило более внимательно подойти к проведению сравнительного анализа не только методов очистки, но и конструктивных особенностей установок по очистке газов, эффективности их работы и экономичности.

Анализ существующих методов очистки газов

**I. Сухие методы очистки**

1. Гравитационное осаждение – действенно лишь для крупных частиц диаметром более 50-100 мкм и степень очистки составляет  $\leq 40-50$  %. Метод пригоден лишь для предварительной (грубой) очистки газов.

2. Инерционные и центробежные методы очистки газов применяются для грубой и средней очистки газов от аэрозолей. Степень очистки – 20-70 % (жалюзийные пылеуловители, батарейные циклоны, ротоклоны и др.).

3. Фильтрация – прием тонкой очистки газов. Преимущество – сравнительно низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и высокая эффективность тонкой очистки. Недостатки фильтрации – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое, забивание фильтрующего материала пылью.

**II. Мокрые методы очистки**

1. Башни с насадкой (насадочные скрубберы) – отличаются простотой конструкции и эксплуатации, устойчивостью в работе, малым гидравлическим сопротивлением ( $\Delta P=300-800$  Па) и сравнительно малым расходом энергии. В насадочном скруббере возможна очистка газов с начальной запыленностью до  $5-6$  г/м<sup>3</sup>. Эффективность очистки для пыли с диаметром частиц больше 5 мкм не превышает 70-80 %. Насадка быстро забивается пылью, особенно при высокой начальной запыленности.

2. Орошаемые циклоны (центробежные скрубберы) – применяются для частиц размером 2-5 мкм, степень очистки составляет 50 %.

3. Пенные аппараты – применяются для очистки газа от аэрозолей полидисперсного состава. Для частиц с диаметром больше 5 мкм эффективность их улавливания на одной полке аппарата составляет 90-

99 %; при диаметре более 5 мкм – эффективность равна 75-90 %.

4. Скрубберы Вентури – высокоинтенсивные газоочистительные аппараты, но работающие с большим расходом энергии. Этот универсальный малогабаритный аппарат улавливает туман на 99-100 %, частиц пыли с диаметром 0,1-0,35 мкм – на 50-85 % и частиц пыли с  $d=0,5-2$  мкм – на 97 %.

Главные недостатки – большой расход энергии и малая надежность в эксплуатации, а также сложное управление.

Основной недостаток всех методов мокрой очистки газов от аэрозолей – это образование больших объемов жидких отходов (шлама), т.е. мокрые способы газоочистки по существу только переносят загрязнение из газовых выбросов в сточные воды, т.е. из атмосферы в водоемы.

**III. Электростатическая очистка газов**

Электростатическая очистка газов служит хорошим средством, пригодным для любых аэрозолей, включая туманы кислот, и при любых размерах частиц. Недостаток – большая энергоемкость и сложность в эксплуатации.

**IV. Звуковая и ультразвуковая коагуляция**

Звуковая и ультразвуковая коагуляция, а также предварительная электризация пока мало применяются в промышленности и находятся в основном в стадии разработки. Эти методы применимы для агрегирования мелкодисперсных аэрозольных частиц (тумана серной кислоты, сажи) перед их улавливанием другими методами. Начальная концентрация частиц аэрозоля должна быть не менее  $2$  г/м<sup>3</sup> ( $d=1-10$  мкм).

**V. Коагуляция аэрозолей**

Коагуляцию аэрозолей методом предварительной электризации производят, например, пропуская газ через электризационную камеру с коронирующими электродами, а затем через мокрый газоочиститель, в котором газожидкостный слой служит осадительным электродом.

**VI. Очистка газов от парообразных и газообразных примесей**

Очистку газов от парообразных и газообразных примесей можно разделить на три основные группы:

- 1) абсорбция жидкостями;
- 2) адсорбция твердыми поглотителями;
- 3) каталитическая очистка.

В гораздо меньших масштабах применяются термические методы сжигания (или дожигания) горючих загрязнений и способы химического взаимодействия примесей с сухими поглотителями и окисление примесей озоном.

Любой процесс мокрой абсорбционной очистки выхлопных газов от газо- и парообразных примесей целесообразен только в случае его цикличности и безотходности.

Недостатки большинства адсорбционных установок – периодичность процесса и связанная с этим малая интенсивность реакторов, высокая стоимость периодической регенерации адсорбентов.

Недостаток многих процессов каталитической очистки – образование новых веществ, которые подлежат удалению из газа другими методами (абсорбция, адсорбция), что усложняет установку и снижает общий экономический эффект.

#### **VII. Электрохимический метод А.В. Борисенко**

Особенностью электрохимического метода в униполярно ионизированной области при воздействии сильного электрического поля, предложенного А.В. Борисенко, является то, что он производит очистку газов как от аэрозолей, так и от парообразных и газообразных примесей.

Предложенный метод является универсальным безотходным методом очистки промышленных газов.

Степень очистки воздуха от пылевых частиц и аэрозольных примесей превышает 99,95 %.

В установке степень улавливания аэрозолей и пыли увеличивается с уменьшением размеров пылевидных частиц, а в сухих электрофильтрах, наоборот, падает до нуля.

Из приведенной классификации (таблица 1) и анализа существующих методов очистки видно, что если одна группа газоочистителей производит очистку газов только от аэрозолей, вторая группа – только от газообразных примесей, то метод, предложенный А.В. Борисенко, позволяет очищать газы как от аэрозолей, так и от парообразных и газообразных примесей.

Преимущества электрофильтра ТОО «АВsalut Ecology» по сравнению с аналогами:

а) эффективность электрофильтров ТОО «АВsalut Ecology» возрастает при уменьшении размера частиц улавливаемых аэрозолей, причём, начиная с размера около 5 микрон и ниже, эффективность очистки приближается к 100 %;

в) в течение срока службы практически не меняются характеристики работы, в то время как характеристики сухих электрофильтров существенно ухудшаются по мере накопления в них пыли;

с) существующие электрофильтры требуют постоянного обслуживания и контроля операций по очистке электродов, в то время как предлагаемый электрофильтр не требует никакого специфического обслуживания;

д) потребляемая мощность электрофильтров ТОО «АВsalut Ecology» значительно меньше в расчёте на 1 м<sup>3</sup>/час;

е) электрофильтр ТОО «АВsalut Ecology» практически нечувствителен к характеру загрязняющих аэрозольных частиц, они могут быть

любого химического состава и иметь любые электрические характеристики, в то время как существующие электрофильтры с сухим и мокрым методами очистки специфичны по отношению к характеру улавливаемых аэрозолей.

*Стоимость газоочистителей для сухого и мокрого пылеулавливания.*

В таблицах 1, 2 приведена сравнительная стоимость оборудования для сухого и мокрого пылеулавливания. В этих данных мы видим, если капитальные затраты на установку А.В. Борисенко почти в 2 раза выше, чем на аналогичные орошаемые электрофильтры, то первоначальная стоимость данного оборудования равноценна предлагаемому. В то же время перепад давления, стоимость электроэнергии, потребление воды, ремонтные работы значительно ниже предлагаемых систем очистки. И самое главное, на наш взгляд, это степень очистки от пыли – 99,95 %, что позволяет иметь следующие значительные выгоды:

1. Уменьшение размеров платы за негативное воздействие на окружающую среду;

2. Уменьшение штрафных санкций со стороны контролирующих органов;

3. Получение выгод для общества в форме снижения расходов, связанных:

– с уменьшением смертности, заболеваемости и затрат на медицинское обслуживание людей;

– 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.);

– 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.), получением ценной продукции (фуллерен) и увеличением процентного содержания кислорода в очищенном газе.

*Практическое применение сравнительного анализа методов очистки газа и устройств газоочистки.*

Как практическое применение сравнительного анализа метода очистки газов и устройств газоочистки можно рассмотреть подготовку Предварительной ОВОС к ТЭО «Строительство нового теплоисточника (Мини-ТЭЦ) г. Приозерск, выполненной ТОО «Эком» в марте 2009 года.

Были рассмотрены три модели (сценария) воздействия на атмосферный воздух выбросов нормируемых загрязняющих веществ и парниковых газов, выходящих из котлов проектируемой Мини-ТЭЦ.

Модель 1. Аварийная ситуация – выбросы без очистки пыли и газа.

Модель 2. Очистка дымовых газов от пыли в циклонах СК-ЦН-34-3000 с эффективностью 92 %

Модель 3. Комбинированная система очистки воздуха от пыли в циклонах СК-ЦН-34-3000 и от загрязняющих газов, в том числе и парниковых, на установке А.В. Борисенко.

Наиболее эффективной оказалась модель 3. Результаты расчетов выбросов на 2020 г. – год достижения проектной мощности, представлены в таблице 3.

Применение пылегазоочистного оборудования по модели 3 показывает очень высокую эффективность очистки воздуха от пыли неорганической (99,95 %) и загрязняющих атмосферу газов SO<sub>2</sub>(95,0 %), NO<sub>x</sub>(97%), CO(97,0 %), которые, как правило, ранее выбрасывались без очистки.

В этой связи на общественных слушаниях по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) «Строительства нового теплоисточника (Мини-ТЭЦ) в г. Приозерске» было принято решение «Метод снижения выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ в установке очистки технологических газов А.В. Борисенко,

предусмотренный в разделе ОВОС, принять к производству, как уникальный способ оздоровления экологической ситуации в г. Приозерске».

Настоящий сравнительный анализ существующих установок по очистке технологических газов и методов очистки газов показывает неоспоримое преимущество установки А. В. Борисенко. Также установлено, что технологии, положенные в её основу, могут эффективно использоваться не только для очистки промышленных дымовых газов, но и для получения новых материалов и возобновляемых топливно-энергетических ресурсов.

Реализация государственного проекта «Внедрение газоочистных установок в Республике Казахстан» носит экономическую и социальную направленность.

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.

Экономический эффект заключается в резком снижении выбросов в атмосферу парниковых газов – диоксида и оксида углерода, а также пылевых (дымовых) загрязнений.

Таблица 3

Загрязняющее вещество	Модель 1 т/год	Модель 2 т/год	Модель 3 т/год	Эффективность очистки, % (модель 3)
Пыль SiO <sub>2</sub> <20 %	2059,2	164,74	0,99	99,95
SO <sub>2</sub>	712,80	712,80	35,64	95,0
CO	620,58	620,58	18,62	97,0
NO <sub>x</sub>	275,81	275,81	55,16	80,0
CO <sub>2</sub>	133952,9	133952,9	26790,6	80,0
N <sub>2</sub> O	12,28	12,28	2,46	80,0

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Никифоров А.Ю., Тростин А.Н. Стоимость подавления отходов. Иваново, 2007.
2. Проект ОВОС, к ТЭО «Строительство нового теплоисточника (Мини-ТЭЦ) г. Приозерск». Караганда: ТОО «ЭКОМ», 2008. 57 с.
3. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат, 1990. 343 с.

ӘЖ 621.01.531.3

**Ж.Б. БӘКІРОВ,  
А.Ә. ТӘНІРБЕРГЕНОВА,  
С.К. ЗЯЛАЕВ**

**Берілген сенімділіктегі конструкция элементтерін жобалау**

Кездейсоқ әсер етудегі конструкция элементтерін тығыздыққа, қатаңдыққа және беріктікке есептеудің басты есебі болып олардың сенімділігін анықтау және нормативтімен салыстыру болып табылады. Егер конструкция сенімділігі нормативтіден үлкен немесе оған тең болса, онда есептеу тоқтатылады. Ал егер бұлай болмаса, онда оның өлшемдерін өзгерту керек және конструкция сенімділігі қажеттіге жақын болғанша есептейміз. Бұлардың орынына жобаланған конструкцияға алдын ала қажетті сенімділікті тағайындау сияқты есептеу әдісін дайындаған дұрыс. Ол үшін конструкцияның геометриялық өлшемдері берілген сенімділік *H*.

мәніне оның сенімділігін теңестіру шартынан анықталуы керек.

Қауіпті кималардағы есептік кернеулерді жалпы мына түрде көрсетуге болады

$$S = q / k,$$

мұнда *q* – жүктеме мағынасына ие, жалпы параметр; *k* – конструкцияның геометриялық параметрлеріне тәуелді коэффициент.

Енді конструкцияға *P(q)* белгілі таралу тығыздығымен кездейсоқ жүктеме әсер етсін. Онда есептік кернеулердің таралу заңын ықтималдық тығыздықты қайта түрлендіру өрнегімен анықтайды

$$f(s) = KP(s \cdot k). \tag{1}$$

Кернеудің таралу заңы жүктеменің таралу заңымен сәйкес келеді, ал оның параметрлері ықтималдық теорияның белгілі заңдарымен қайта есептеледі.

Конструкцияның сенімділігін оның істен шықпай жұмыс жасау ықтималдығы деп түсінеміз. Егер  $R$  шектік кернеуі детерминдік шама болса, онда сенімділік мына арақатынаспен анықталады

$$H = P = \int_{-\infty}^R f(s) ds = F(R), \quad (2)$$

мұнда  $F(s)$  – есептік кернеудің таралу функциясы.

Егер шектік кернеу  $f_R(R)$  таралу заңымен кездейсоқ шама болса, онда сенімділік [1] формулаларымен анықталады

$$H = P = \int_{-\infty}^R f(S) \left[ \int_S^{\infty} f_R(R) dR \right] dS = \int_{-\infty}^{\infty} f_R(R) \left[ \int_{-\infty}^R f_S(S) dS \right] dR. \quad (3)$$

Кейде сенімділікті анықтау үшін  $\psi = R - S$  қирамау функциясын енгізген дұрыс. Онда сенімділік мына арақатынаспен анықталады

$$H = \int_0^{\infty} f(\psi) \psi d\psi = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f_R(\psi + S) f_S(S) dS d\psi, \quad (4)$$

мұнда  $f(\psi)$  –  $\psi$  кездейсоқ шамасының таралу функциясы.

Осы қатынастарды пайдалана отырып,  $K$  қимасының геометриялық сипаттамаларының сенімділікпен байланысқан теңдеуін аламыз

$$\dot{I} = \varphi_i(\dot{a}_1, \dot{a}_2, \dots, \dot{a}_n, K), \quad (5)$$

мұнда  $a_i$  – шектік кернеу мен жүктеменің таралу заңының алдын ала белгілі параметрлері.

Әрі қарай берілген мәнге сенімділікті теңестіре отырып,  $K$  параметрін анықтаймыз

$$\hat{E} = \varphi_e(\dot{a}_1, \dot{a}_2, \dots, \dot{a}_n, \dot{I}_*). \quad (6)$$

Кейде (5) теңдеуін  $K$ -ға қатысты шешу мүмкін емес. Бұл жағдайда  $K$  шамасын анықтау үшін графикалық әдісті пайдаланған қолайлы.  $K_i$  мәндерін бере отырып (5) өрнегінен  $H_i$  сенімділігін анықтаймыз. Бұл берілгендер бойынша тәуелділік (5) кестесін құрамыз. Ол кестеден берілген сенімділікке сәйкес  $K$  мәнін анықтаймыз.  $K$ -нің белгілі мәндерінде деформациялардың кез келген түрлерінде көлденең қиманың өлшемдерін табу жеңіл.

Көрсетілген тәсілді қатаңдық бойынша берілген сенімділіктегі конструкцияны жобалауда қолдануға болады. Жалпы жағдайда орын ауыстыру былай анықталады

$$u = q/L,$$

мұнда  $L$  – конструкция қатаңдығы.

Сенімділік шамасы ең үлкен орын ауыстыру берілген  $U_*$  мәнінен аспау ықтималдығымен түсіндіріледі.

$$\dot{I} = \int_{-\infty}^{U_*} L \cdot P(Lu) du = \varphi_H(a_1, a_2, \dots, u_*, L), \quad (7)$$

Бұдан қатаңдықты анықтау үшін  $H = H_*$  теңесуін ескере отырып, мына өрнекті аламыз

$$L = \varphi_L(a_1, a_2, \dots, u_*, H_*). \quad (8)$$

$L$ -ді біле отырып, көлденең қиманың өлшемдерін табу оңай.

Берілген сенімділіктегі конструкцияны жобалауды орнықтылыққа есептеу есептері ұқсас түрде шешіледі. Бұл жағдайда сенімділік өлшемдері деп әсер ететін жалпы жүктеме  $q$  кризистік  $q_{кр}$  мәнінен аспау ықтималдығымен түсіндіріледі.

$$\dot{I} = \int_{-\infty}^{q_{кр}} P(q) dq. \quad (9)$$

Бұл теңдеуді  $H = H_*$  теңесуін ескере отырып, есептеп  $q_{кр}$  – мәнін анықтаймыз. Сонымен  $q_{кр}$  көлденең қима өлшемдері арқылы өрнектеледі, онда  $q_{кр}$  мәні бойынша қиманың өлшемдерін табу оңай, олар берілген сенімділікті орнықтылық бойынша қамтамасыз етеді.

Қиманың геометриялық өлшемдері сонымен бірге көбінесе қалыпты заңмен таратылған кездейсоқ шамалар болуы мүмкін. Сондықтан жоғарыда табылған қиманың  $d$  өлшемі номинальді  $d_{ном}$  – нан дайындаудағы мүмкіндік өлшеміне  $\Delta$  өзгеше, ол  $H_q$  есептеуінің сенімді ықтималдығына тәуелді болады.

$$d = d_{ии} - \Delta.$$

Шектің қалыпты заңмен таралу барысында номинальды өлшемін мына формула бойынша анықтауға болады

$$d_{ии} = d / (1 - \gamma k_d), \quad (10)$$

мұнда  $\gamma$  –  $H_q$  ықтималдығы үшін гаустік сенімділік деңгейі;

$k_d$  – өлшемнің вариация коэффициенті.

Қиманың геометриялық өлшемдерінің кездейсоқ шашырауларын ескеру жағдайында кесу формаларында  $H$ -ның орнына  $H/H_q$  шамаларын қою керек.

Шектік жағдай бойынша конструкция элементтерін жобалау мысалдары келтірілген. Онда (2) арақатынасынан аламыз

$$\dot{I}_* = \Phi(R - m_s) / \sigma_s = \Phi[(RK - m_q) / \sigma_q].$$

Бұдан шығатыны:

$$\hat{E} = (m_q + \gamma_H \sigma_q) / R,$$

мұнда  $\gamma_H$  –  $H_*$  ықтималдығына сәйкес келетін қалыпты таралудың квантили (сенімділіктің гаустік деңгейі).

Егер кернеу, сәйкесінше есептік кернеу логарифмді қалыпты заңмен таратылған, онда (2) арақатынасынан аламыз

$$\begin{aligned} \dot{I} &= \Phi \left[ \frac{\ln R - m_{zs}}{\sigma_{zs}} \right] = \Phi \left[ \frac{\ln R - m_{zq} + \ln K}{\sqrt{\ln(k_q^2 + 1)}} \right] = \\ &= \Phi \left[ \frac{\ln(\sqrt{1 + k_q^2} \cdot RK / m_q)}{\sqrt{\ln(1 + k_q^2)}} \right], \end{aligned}$$

мұнда  $m_{zs}$ ,  $\sigma_{zs}$  –  $z = \ln s$  шамасының математикалық үміті мен тұрақтысы;  $k_q = \sigma_q / m_q$  – жүктеменің вариация коэффициенті.

Мұнда ескерілді

$$\sigma_z^2 = \ln k_q^2 + 1, \quad m_z = \ln m_q - \sigma_z^2 / 2. \quad (11)$$

Бұдан шығатыны

$$K = (m_q / R) \exp \left[ \gamma_H \sqrt{\ln(1+k_q^2)} \right] / \sqrt{1+k_q^2}. \quad (12)$$

Енді жүктеме мен кернеу гамма – таралуға ие болсын. Онда (2) арақатынасынан аламыз

$$H_* = P(2R/b_q, 2a_s + 2) = P(2RK/b_q, 2a_q + 2).$$

Бұдан алатынымыз

$$K = \gamma_x b_q / 2R, \quad (13)$$

мұнда  $\gamma_x$  –  $H_*$  берілген сенімділікке сәйкес келетін «хи-квадрат» таралуының квантили, бостандық дәрежесі  $a = 2a_q + 2$ .

Егер жүктеме Вейбулл заңына бағынса, онда

$$H_* = 1 - \exp \left[ - R - x_{0s}^{b_s} / a_s \right] = \\ = 1 - \exp \left[ - RK - x_{0q}^{b_q} / a_q \right].$$

Бұдан шығатыны

$$K = \{ [-a_q \ln(1-H_*)]^{1/b_q} + x_{0q} \} / R. \quad (14)$$

Енді шектік және әсер етуші кернеу қалыпты заңға бағынатын кездейсоқ шамалар. Онда  $\psi$  функциясы да қалыпты заңға бағынады, параметрлері  $m_\psi = m_R - m_S, \sigma_\psi^2 = \sigma_R^2 + \sigma_S^2$ .

$$H = \Phi t_0 = \Phi \left[ m_R - m_S / \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \right],$$

$$\gamma_i = \frac{K m_R - m_q}{\sqrt{K^2 \sigma_R^2 + \sigma_q^2}}.$$

Бұл теңдеуді  $K$ -ға қатысты шеше отырып, мынаған ие боламыз

$$K = \frac{m_q}{m_R} \cdot \frac{1 + \gamma_H \sqrt{k_q^2 + k_R^2 - (\gamma_H \cdot k_R k_q)^2}}{1 - \gamma_H^2 k_R^2}, \quad (15)$$

мұнда  $k_q, k_R$  – жүктеме мен шектік кернеудің вариация коэффициенттері.

Егер шектік және әсер етуші кернеу логарифмді қалыпты заңмен таратылған болса, онда (4) өрнегінен

$$H_* = \hat{O} \left[ m_{\ln R} - m_{\ln S} / \sqrt{\sigma_{\ln R}^2 + \sigma_{\ln S}^2} \right] = \hat{O} \gamma.$$

Бұдан (11) ескерумен, аламыз

$$\gamma_i = \frac{\ln \frac{m_R}{m_S} - \ln \left( \frac{1+k_R^2}{1+k_S^2} \right)^{\frac{1}{2}}}{\{ \ln[1+k_R^2](1+k_S^2) \}^{\frac{1}{2}}}. \quad (16)$$

$m_S = m_q/k, k_S = k_q$  екенін ескеріп, аламыз

$$K = \frac{m_q}{m_R} \cdot \frac{\sqrt{1+k_R^2} \exp \gamma_H \sqrt{\ln[(1+k_R^2)(1+k_q^2)]}}{\sqrt{1+k_q^2}}. \quad (17)$$

Жүктеме мен шектік кернеу Вейбулл заңымен таратылсын. Онда конструкция сенімділігі [2] өрнегімен анықталады

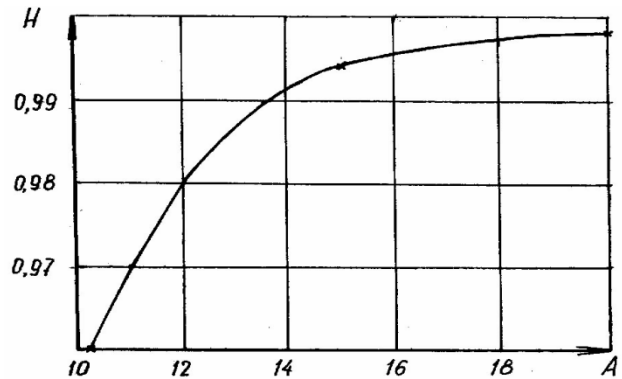
$$H = 1 - \int_0^\infty \exp \left[ - \left[ Ay^{1/\beta_R} + C^{\beta_q} + y \right] \right] dy,$$

мұнда  $A = K \alpha_R^{1/\beta_R} / \alpha_q^{1/\beta_q}, C = KR_0 - q_0 / \alpha_q^{1/\beta_R}$ .

Бұнда  $\alpha_R, \beta_R, R_0$  және  $\alpha_q, \beta_q, q_0$  – жүктеме мен шектік кернеудің Вейбулл заңы бойынша таралу заңдары.

$K$ -ны анықтау үшін белгілі таралу өлшемдерінің жүктеме және беріктікті есептеу әдісімен интеграл мәні анықталады және  $K$  параметрі бойынша сенімділік тәуелділік графигі құрылады. Бұл графиктен берілген сенімділік бойынша геометриялық сипаттардың мәндерін анықтаймыз, олар конструкцияның берілген сенімділігін қамтамасыз етеді.

Суретте  $C = 0$  үшін және әр түрлі  $\lambda = \beta_q/\beta_R$  мәндерінде  $H = f(A)$  тәуелділік кестесі келтірілген.



1. –  $\lambda = 0,25$ ; 2. –  $\lambda = 0,5$ ; 3. –  $\lambda = 1,0$ .

Беріктік пен кернеудің Вейбулл заңы бойынша таралу сенімділігінің өзгеру графигі

**ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. М.: Мир, 1980. 604 с.
2. Бакиров Ж.Б., Танирбергенова А.А. Кездейсоқ кернеулердегі құрылғы сенімділігін анықтау // Тр. междунар. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан 2030». Караганда, 2009. С. 173-175.

## Раздел 5

### Автоматика. Энергетика. Управление

УДК 621.316.9

*И.В. БРЕЙДО,  
К.К. СМАГУЛОВА,  
У.К. ИСКАКОВ*

#### Выбор интегральных критериев работы системы защиты от токов утечек

Для обеспечения электробезопасности эксплуатации электрических сетей в горнодобывающей промышленности используемые системы защиты должны обладать адаптивными свойствами к изменяющимся характеристикам сети. Предлагаемые в современных средствах защиты от токов утечки адаптивные системы автоматической настройки уставки срабатывания при изменении напряжения контролируемой сети имеют существенные недостатки [1]:

- настройка уставки срабатывания защиты производится без учета характера изменения напряжения контролируемой сети;
- аппаратная реализация существующих систем слишком сложна, что приводит к снижению точности подобных систем.

Системы, работающие на амплитудных критериях, имеют сложную аппаратную реализацию и оказываются нечувствительны к гармоническим изменениям напряжения контролируемой сети.

Из теории автоматического управления (ТАУ) известно, что интегральные оценки качества дают комплексную характеристику, которая для многих технических систем прямо пропорциональна энергетическим затратам, что соответствует изменениям напряжения контролируемой сети. Линейные интегральные оценки, применяемые для монотонных динамических систем, могут быть эффективны при линейном и ступенчатом характере

изменения напряжения. Квадратичные интегральные оценки, применяемые для колебательных систем, могут быть эффективны при гармоническом характере изменения напряжения.

В связи с вышеперечисленными факторами в качестве критериев работы системы используются и линейные и квадратичные интегральные критерии.

Совместное использование линейных интегральных и квадратичных интегральных критериев, позволяет реагировать на все виды изменения напряжения контролируемой сети.

На рисунке 1 представлены модель сети с изолированной нейтралью и устройства формирования линейных интегральных и квадратичных интегральных критериев [2].

Для формирования линейных интегральных критериев сигнал, соответствующий текущему значению напряжения сети, с выхода схемы  $6V$  поступает на блок интегрирования, откуда с отрицательным знаком поступает на блок суммирования со значением, измеренным при нормальном режиме работы сети. Квадратичные интегральные критерии формируются таким же способом: сигнал после блока интегратора поступает в блок, где происходит его произведение во вторую степень, затем полученный сигнал с отрицательным знаком поступает на блок суммирования с аналогичным значением, измеренным при нормальном режиме работы сети [3].

Были проведены имитационные эксперименты для фиксации значений выбранных нами критериев, при различных изменениях напряжения контролируемой сети [4].

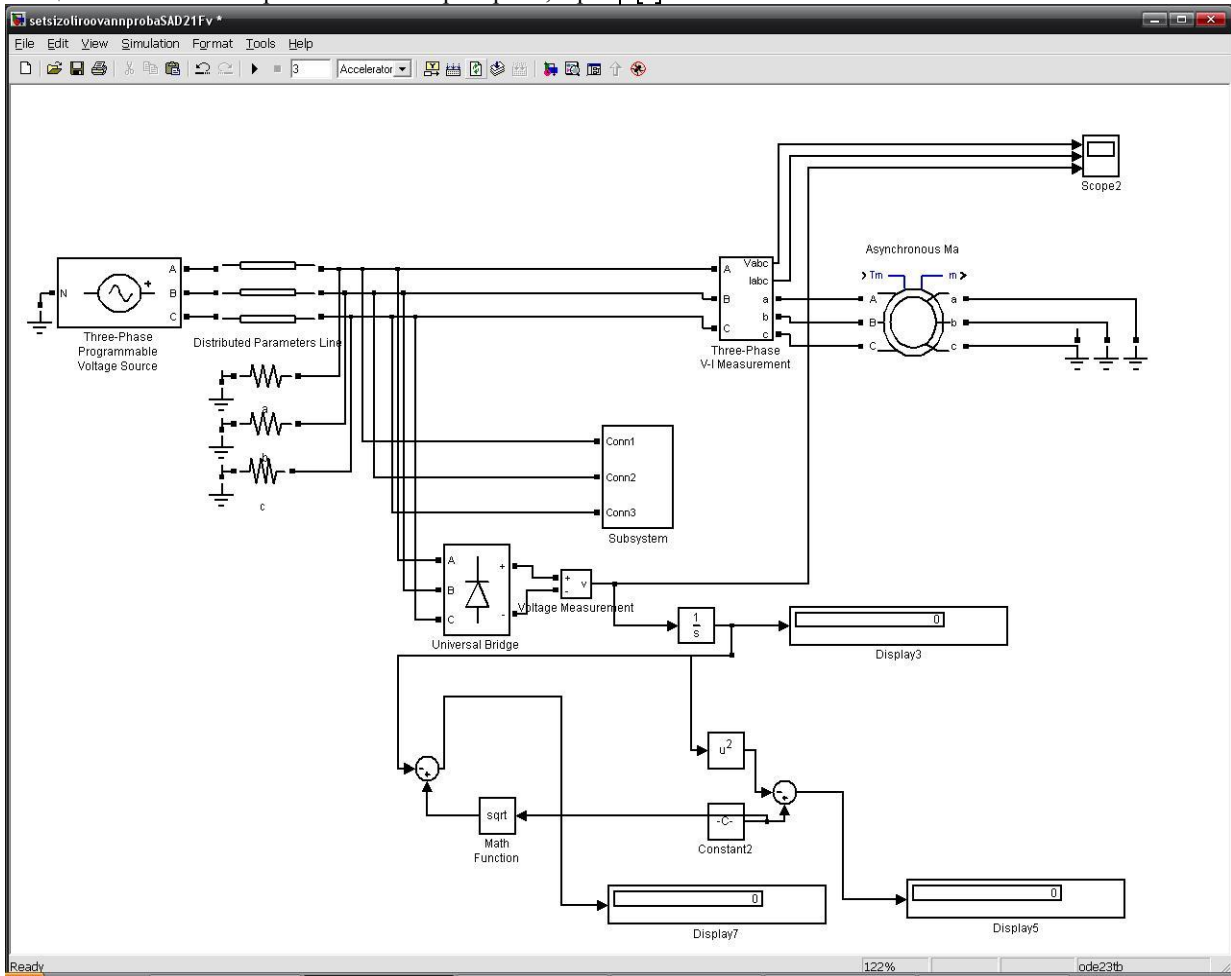


Рисунок 1 – Модель сети с изолированной нейтралью и устройства формирования линейных интегральных и квадратичных интегральных критериев

С помощью блока Three-phase Programmable Voltage Source, окно задачи параметров которого показано на рисунке 2, задаются виды изменения напряжения и его параметры.

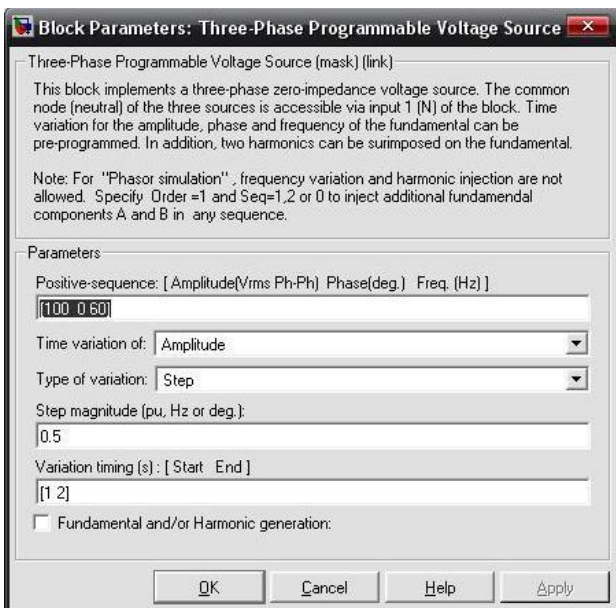


Рисунок 2 – Окно задачи параметров блока Three-phase Programmable Voltage Source  
Следует отметить, что зависимость линейных интегральных критериев от величины колебания напряжения при линейном характере изменения отличается от зависимости при ступенчатом характере изменения. Поэтому для совместимости этих процессов очень важно выбрать время моделирования таким, чтобы эти зависимости по величинам были максимально близки друг к другу.

Результаты имитационных экспериментов показаны в таблице.

Из полученных в ходе экспериментов результатов можно сделать следующие выводы:

- чувствительность квадратичного интегрального критерия весьма высока при гармоническом характере изменения напряжения сети. Изменение амплитуды напряжения на 1 % соответствует изменению квадратичного интегрального критерия минимум на 10 %. Из этого следует, что квадратичные интегральные критерии при гармоническом характере изменения напряжения являются наиболее подходящими для определения величины изменения уставки срабатывания;



– чувствительность линейного интегрального критерия при гармоническом характере изменения напряжения сети близка к нулю. Следовательно, линейные интегральные критерии не пригодны для определения величины изменения уставки срабатывания при гармоническом характере изменения напряжения;

– зависимость значений квадратичных интегральных критериев при ступенчатом и линейном изменениях напряжения носит нелинейный характер. При изменении напряжения  $-10\%$  -  $+10\%$  от номинального, нижний и верхний пределы значения квадратичного интегрального критерия соответственно равны  $-329165$  и  $308190,336$ . Подобный разброс значений приводит к усложнению процессов фазификации входных параметров и формирования правил нечетких продукций;

– чувствительность линейных интегральных критериев при ступенчатом и линейном характерах

изменения напряжения сети очень высока. Как показывают результаты имитационных экспериментов, изменение амплитуды напряжения на  $1\%$  приводит к изменению линейного интегрального критерия минимум на  $10\%$ . Из этого следует, что линейные интегральные критерии при ступенчатом и линейном изменениях напряжения являются наиболее подходящими для определения величины изменения уставки срабатывания.

Как показывают полученные результаты имитационных экспериментов, лишь совместное использование линейных интегральных и квадратичных интегральных критериев позволяет реагировать на все изменения напряжения контролируемой сети.

Полученные в ходе эксперимента результаты используются как основные для формирования алгоритма работы системы защиты.

Результаты имитационных экспериментов

Фазное напряжение	Характер изменения напряжения	Амплитуда (в относительных единицах), и другие параметры колебания	Линейные интегральные критерии $J_1(t)$	Квадратичные интегральные критерии $J_2(t)$
380 В	Гармоническое	0,06 с частотой 5 Гц	0,056	215,97
380 В	Гармоническое	0,07 с частотой 5 Гц	0,094	243,05
380 В	Гармоническое	0,08 с частотой 5 Гц	0,09	293
380 В	Гармоническое	0,09 с частотой 5 Гц	0,129	365
380 В	Гармоническое	0,1 с частотой 5 Гц	0,14	482
380 В	Ступенчатое	0,06	-61,95	-194934,083
380 В	Ступенчатое	-0,06	62,02	187457,375
380 В	Ступенчатое	0,07	-72,27	-228101,311
380 В	Ступенчатое	-0,07	72,35	217951,835
380 В	Ступенчатое	0,08	-82,61	-261691,782
380 В	Ступенчатое	-0,08	82,69	248231,886
380 В	Ступенчатое	0,09	-92,92	-295245,853
380 В	Ступенчатое	-0,09	93,02	278342,813
380 В	Ступенчатое	0,1	-103,24	-329165,255
380 В	Ступенчатое	-0,1	103,36	308190,336
380 В	Линейное	0,06	-61,92	-194934,083
380 В	Линейное	-0,06	62,01	187457,375
380 В	Линейное	0,07	-72,22	-228101,311
380 В	Линейное	-0,07	72,25	217951,835
380 В	Линейное	0,08	-82,56	-261691,782
380 В	Линейное	-0,08	82,6	248231,886
380 В	Линейное	0,09	-92,87	-295245,853
380 В	Линейное	-0,09	92,9	278342,813
380 В	Линейное	0,1	-103,2	-329165,255
380 В	Линейное	-0,1	103,32	308190,336

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дзюбан В.С. Аппараты защиты от токов утечки в шахтных электрических сетях. М.:Недра, 1982. 152 с.
2. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде Matlab и Fuzzytech. СПб, 2005.
3. Смагулова К.К., Брейдо И.В. Разработка алгоритмов управления аппаратов защиты от токов утечки методами нечеткой логики // IX Международная научно-техническая конференция «Инновация, экология и ресурсосберегающие технологии на предприятиях машиностроения, авиастроения, транспорта и сельского хозяйства» «ИнЭРТ-2010». Ростов-на-Дону, 2010.
4. Смагулова К.К., Исаков У.К., Брейдо И.В. Аппарат защиты от токов утечки в сетях постоянного тока // VI международная научно-практическая конференция «Образование и наука XXI века - 2010», 17-25 октября, 2010. София, Болгария «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2010.Том 19. Технологии. Физика.

УДК 621.34.001.572

О.А. ЮЩЕНКО

## Зависимость натяжения от толщины полосы при термообработке в линии непрерывного горячего цинкования

Для повышения коррозионной стойкости холоднокатаной металлической полосы производится цинкование полосы на линии непрерывного горячего цинкования.

Электромеханическая система линии непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) представляет собой взаимосвязанный через полосу многодвигательный электропривод.

В основную часть агрегата – среднюю технологическую, входят механизмы, транспортирующие полосу: тянущая станция №1, вертикальный входной накопитель, тянущая станция №2, ролики печи ТХО. В печи ТХО полоса подвергается термохимической обработке в защитной атмосфере.

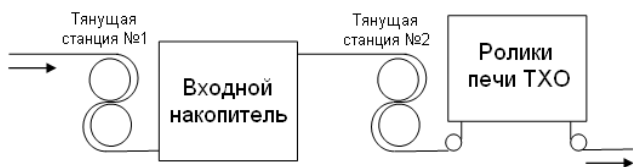


Рисунок 1 – Средняя технологическая часть ЛНГЦ

Перед нанесением цинкового покрытия полоса подвергается нагреву в печи ТХО.

В печи ТХО осуществляются следующие операции:

нагрев полосы на участке пламенной печи в атмосфере продуктов неполного сгорания пропан-бутана;

окончательный нагрев и выдержка полосы на участке печи с радиационными трубами в атмосфере водородного защитного газа; охлаждение полосы на участке замкнутого охлаждения.

Основное влияние на механические свойства обработанного металла оказывают максимальная температура нагрева и скорость прохождения полосы по агрегату.

Усилие натяжения  $F$ , возникающее в полосе, определяется следующим выражением [1]:

$$F = \dot{N} \cdot \Delta l = C \cdot l \cdot \varepsilon,$$

где  $C$  – коэффициент жесткости полосы, Н/м;

$\Delta l$  – абсолютное удлинение, м;

$l$  – длина участка натяжения, м;

$\varepsilon$  – относительное удлинение.

Коэффициент жесткости полосы определяется выражением:

$$C = E \cdot S,$$

где  $E$  – модуль упругости, Па;

$S$  – площадь поперечного сечения полосы, м<sup>2</sup>.

Из приведенных формул видно, что усилие натяжения прямо пропорционально зависит от площади поперечного сечения полосы.

Для конструкционной стали существует зависимость между модулем упругости и температурой [2]. Поэтому в имитационной модели вычисления усилия натяжения полосы через печь ТХО коэффициент жесткости в разных зонах печи введен различный, в зависимости от температуры нагрева.

Были проведены эксперименты, по определению динамических свойств обрабатываемой полосы металла на ЛНГЦ [3].

При остановке головной части линии для замены рулона металлической полосы, во время сварки концов полосы средняя технологическая часть агрегата продолжает движение на рабочей скорости, за счет выбора полосы из вертикального петлевого устройства. После запуска головной части начинается заполнение металлической полосой петлевого устройства, при этом возникают динамические процессы, приводящие к возникновению продольных колебаний натяжения в обрабатываемой полосе. В результате, в обрабатываемой полосе возникают, так называемые, «складки» во время обработки в печи термохимической обработки (ТХО) под действием высокой температуры полосы толщиной 0,3 мм и ниже, что ведет к браку.

Рассмотрим зависимость натяжения полосы от толщины при термообработке в печи ТХО на имитационной модели электроприводов средней технологической части ЛНГЦ, приведенной на рисунке 2. Математические модели и структурные схемы электроприводов средней технологической части были описаны в [4].

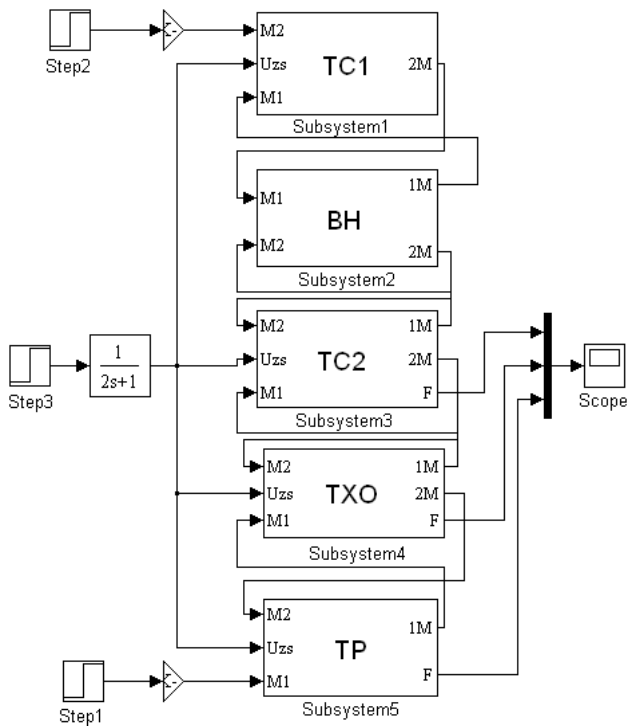


Рисунок 2 – Имитационная модель электроприводов средней технологической части ЛНГЦ

На рисунке обозначено: TC1 – тянущая станция №1, BH – входной накопитель, TC2 – тянущая станция №2, TXO – участок обработки печи; TP – тянущие ролики печи. Входными величинами модели являются: задание на натяжение  $U_{zs}$ , моменты сопротивления электроприводов механизмов M1, M2; выходными величинами являются моменты сопротивления электроприводов механизмов 1M, 2M и усилие натяжения полосы F.

На рисунке 3 (а, б, в) представлены осциллограммы усилий натяжения полосы при заданной в модели различной толщине полосы: 0,4; 0,3 и 0,2 мм соответственно.

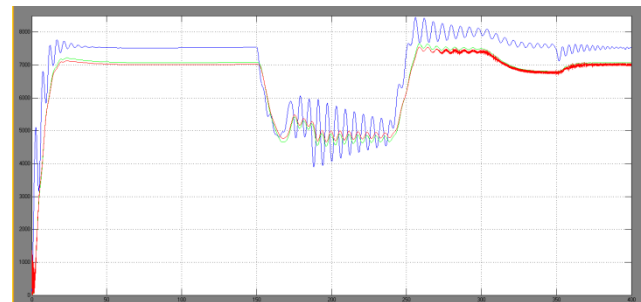
На осциллограммах сверху вниз приведены усилия натяжения полосы в тянущей станции №2, в печи TXO на участке обработки, в печи TXO на участке с натяжными роликами.

При анализе осциллограмм наблюдается резкое уменьшение амплитуды и частоты колебаний при переходе полосы из тянущей станции №2 на участок обработки печи TXO, что обусловлено увеличением пластичности металла под действием высокой температуры. Анализ осциллограмм, приведенных на рисунке 3 (а, б), показал, что при толщине полосы 0,3 мм усилия натяжения полосы уменьшаются по сравнению с усилиями натяжения при толщине полосы 0,4 мм: на 56 Н в тянущей станции №2, на 222 Н в печи TXO на участке обработки, на 167 Н в печи TXO на участке с натяжными роликами.

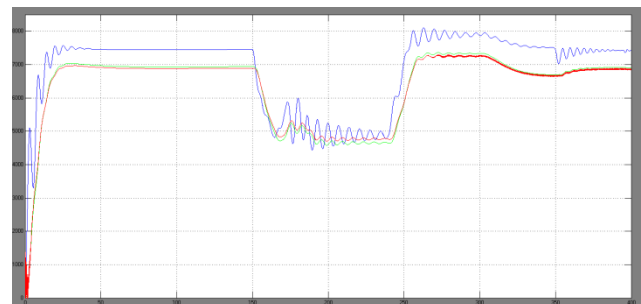
Если уменьшить толщину полосы еще на 0,1 мм, усилия натяжения полосы также уменьшаются по сравнению с усилиями натяжения при толщине 0,3 мм: на 166 Н в тянущей станции №2, на 278 Н в печи TXO на участке обработки, на 111 Н в печи TXO на участке с натяжными роликами.

Таким образом, в результате анализа результатов имитационного моделирования усилия натяжения металлической полосы при различной ее толщине установлена прямо пропорциональная зависимость усилия натяжения полосы от ее толщины при термообработке.

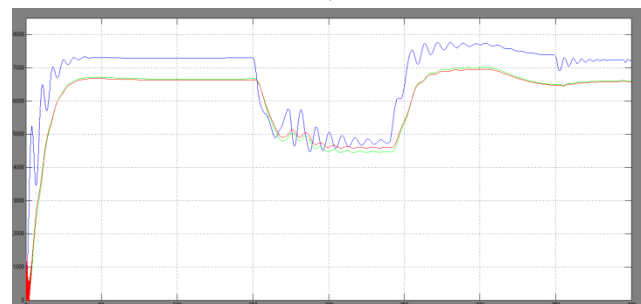
Полученные результаты предназначены для оптимизации режимов работы ЛНГЦ, с целью демпфирования колебаний усилия натяжения полосы при термообработке в режиме сварки концов.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Осциллограммы усилий натяжения полосы:

- а – при толщине полосы 0,4 мм,
- б – при толщине полосы 0,3 мм,
- в – при толщине полосы 0,2 мм

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивякова Г.А. Взаимосвязанный электропривод агрегата непрерывного отжига: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 2.06.2007. – Алматы: АИЭС, 2007. 24 с.
2. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наукова думка, 1975. 703 с.

3. Ющенко О.А. Экспериментальные исследования натяжения в электромеханической системе печи термохимической обработки // Труды университета. Вып. №4. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. С.77-79.
4. Ющенко О.А. Математические модели электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования // Труды университета. Вып. №3. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. С.87-89.

УДК 622.0025:621.314.632

*А.Б. КРИЦКИЙ,  
Г.И. ПАРШИНА,  
Б.Н. ФЕШИН*

### **Автоматизированная система повышения эффективности эксплуатации электротехнических комплексов промышленных предприятий средствами дистанционного обучения персонала**

Информатизация и компьютеризация всех сфер человеческой деятельности коснулась области подготовки технических специалистов, принимающих решения и несущих юридическую ответственность. Во многих областях промышленности, таких как автомобильная, железнодорожная, горная и другие, для улучшения качества подготовки специалистов все чаще применяются компьютерные обучающие системы, построенные на базе экспертных систем и тренажеров.

С целью повышения эффективности эксплуатации электротехнических комплексов (ЭК) промышленных предприятий на кафедре АПП КарГТУ созданы принципиально новые виртуальные системы:

- обеспечения эффективной эксплуатации электротехнических комплексов добычных участков угольных шахт на базе автоматизированной системы расчета электроснабжения участков угольных шахт и дистанционных систем повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт;

- режимные тренажеры для решения задач обучения и тренировки оперативно-диспетчерского персонала насосных станций теплоснабжающих систем мегаполисов.

Построение подобных систем стало возможным на основе опыта, приобретенного на кафедре АПП КарГТУ и заключающегося в создании международных систем дистанционного обучения. В таких системах объединяются аппаратные, методические, научные и педагогические составляющие консорциумов технических ВУЗов и базовых промышленных предприятий.

В один из таких консорциумов технических ВУЗов в рамках проекта «Синергия», входят три российских учебных центра: МЭИ (г. Москва), БГТУ (г. Санкт-Петербург), ОмГТУ (г. Омск), учебный центр на Украине СевНТУ (г. Севастополь) и КарГТУ.

Для организации учебного процесса в Internet-режиме в качестве образовательного портала используется бесплатно распространяемая с открытым исходным кодом среда дистанционного образования MOODLE (Модульная Объектно-Ориентированная Учебная Система).

Двудеяная система автоматизированного расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт

(УШ) и оценки качества знаний персонала электротехнических служб угольных шахт является многопараметрическим и многосвязным объектом, характеризуемым существенной неопределенностью свойств, параметров и состояний. Установлены следующие свойства и характеристики этой системы: информационная база (база знаний) и компетентность персонала электротехнических служб определяют эффективность и безопасность эксплуатации ЭТК УШ; динамика изменения содержания информационной базы, компетентности персонала электротехнических служб, а также эффективность и безопасность эксплуатации ЭТК УШ коррелированы между собой; изменения в содержание информационной базы электроэнергетических служб определяются состоянием и организацией производственного процесса на предприятии; автоматизированная система расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт, позволяет уменьшить вероятность некачественного расчета и перерасчета схем электроснабжения при изменении технологической схемы расстановки оборудования; компетентность персонала электротехнических служб может быть установлена в процессе экспертной оценки знаний и повышена путем целенаправленного обучения; дистанционная экспертная система позволяет в режимах реального и разделенного времени получить оценку – рейтинг допустимости персонала электротехнических служб ЭТК УШ к эффективной и безопасной эксплуатации, а также прогнозируемый уровень вероятности безотказной работы ЭТК УШ; дистанционная экспертная система позволяет в режимах разделенного времени повысить рейтинг персонала электротехнических служб ЭТК УШ путем обучения в рамках тестовой системы обучения и контроля знаний.

Архитектура дистанционной системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт, построена на базе MOODLE и состоит из модели средств интерфейса сервера, реализованная на языке структурного программирования PHP, модели обучаемого; модели обучения и объяснения; информационной модели.

Построение модели обучения в рамках системы повышения квалификации специалистов электротехнических комплексов угольных шахт происходит на уровне преподавателя/создателя курса. Для создания модели обучения используются связанные между собой средства:

- 1) формирования модели объяснения,
- 2) формирования обучающих воздействий,
- 3) формирования стратегий обучения,
- 4) реализации стратегий обучения.

Применение веб-технологий при создании обучающей системы позволило централизовать процессы сбора и обработки данных для всего контингента обучаемых, решить проблемы безопасности и контроля доступа, поскольку пользователи не имеют доступа к приложению и его компонентам, а работают только с клиент-интерфейсом приложения через веб-браузер. С помощью реализации подхода «клиент-сервер» вся логика приложения сосредоточена на едином сервере, что обеспечивает контроль над загрузкой сервера, устранение рутинных задач сбора данных протоколов тестирования и существенно упрощает работу администратора системы.

Со стороны клиента с помощью стандартного веб-браузера формируются модели обучаемого, преподавателя, администратора курса и администратора системы. Оригинальная методика эвристической оценки знаний персонала электротехнических служб угольных шахт включает основные разделы областей знаний (домены) предметной области «электротехнические комплексы добычных участков угольных шахт» для специалиста отдела главного энергетика. При этом формирование базы знаний проводилось в 2 этапа: на основе литературных источников, формируется список вопросов с возможными вариантами ответов, а также список учебно-тренировочных задач по каждому домену; формируется экспертная комиссия, задачей которой является оценка адекватности базы данных (БД), сформированной на первом этапе, а также, в случае недостаточной глубины и/или широты диапазона знаний по предметным областям, добавление в БД дополнительных знаний, полученных на основе опыта работы эксперта.

Процедуры статистической обработки результатов тестирования знаний и методы оценки качества теста проводятся в соответствии с классической теорией тестирования [1, 2] и удовлетворяют критериям надежности и валидности.

Алгоритм работы дистанционной автоматизированной системы оценки качества знаний (АСО КЗ) содержит следующие компоненты.

1. Регистрация в базе данных АСО КЗ реквизитов и формальных признаков образованности  $P_1$ -го претендента на работу в электротехнической службе предприятия.

2. Оценка компетенции  $P_1$ -го претендента

$$K_{i \min} \leq K_i \leq K_{i \max},$$

где  $K_i$ ,  $K_{i \min}$ ,  $K_{i \max}$  – коэффициенты компетенции, изменяющиеся в диапазоне  $\{0 \div 1\}$  и являющиеся аналогами функции оценки знаний  $R$  из [3].  $K_i$  –

фактический коэффициент,  $K_{i \max}$  и  $K_{i \min}$  – предельно допустимые коэффициенты.

3. При  $K_i \geq K_{i \min}$  принимаются решения о достаточной теоретической компетенции претендента, и он допускается к процессу интенсивного тренинга, позволяющего выявить психологическую готовность и устойчивость знаний претендента к работе в условиях нормальной эксплуатации горнорудного предприятия, а также при авариях и катастрофах.

4. При  $K_i \leq 0,95K_{i \min}$  уровень теоретических знаний претендента не достаточен для принятия решений о его компетенции, но допустим процесс экспресс-обучения с последующей оценкой компетенции (см. п.2).

5. При  $K_i \leq 0,8K_{i \min}$  уровень теоретических знаний претендента требует достаточно продолжительного обучения с многократной проверкой усвоенных знаний, позволяющих постепенно получить доступ к п.2.

6.  $K_i \leq 0,7K_{i \min}$  уровень знаний претендента не позволяет считать его достойным кандидатом для работы в энергетических службах шахты. Регистрируется момент оценки знаний претендента и устанавливается контрольный срок, достаточный для повторного обучения.

Процесс предварительного тестирования персонала инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт с целью выявления начальных знаний и принятия решения о необходимости повышения квалификации, в случае если начальный уровень знаний недостаточен, состоит из следующих этапов:

– прохождение общего теста по базе тестовых вопросов, входящих в стандартную базу знаний сотрудника электротехнической службы угольной шахты – ОК2;

– расчет контрольного примера электроснабжения добычного участка угольной шахты с помощью автоматизированной системы. Начальные данные для расчета формируются в виде файлов-заданий.

По результатам предварительной оценки начальных знаний сотрудника инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт принимается решение о необходимости прохождения дополнительного тестирования, в случае если уровень выявленных знаний по отдельным темам недостаточен (при  $0,8K_{i \min} \leq K_i \leq 0,95K_{i \min}$ ). В случае если уровень знаний по всем темам недостаточен (при  $0,7K_{i \min} \leq K_i \leq 0,8K_{i \min}$ ), то дополнительное тестирование не производится и претендент проходит усиленный курс подготовки по всем темам. В случае если уровень выявленных знаний достаточно высок (при  $K_{i \min} \leq K_i \leq K_{i \max}$ ), сотрудник электротехнической службы допускается к психологическому (аварийному) тренингу, позволяющему получить сертификат на право работы в электромеханических службах угольных шахт.

При прохождении дополнительного тестирования, знания сотрудника инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт оцениваются отдельно по всем разделам/подразделам курса, для более детального определения уровня

начальной подготовки по каждому разделу/подразделу ОК2 и формирования траектории обучения (модели обучаемого) специалиста.

В соответствии с моделью обучаемого создается его программа обучения. Период обучения зависит от количества разделов/подразделов его индивидуальной траектории обучения и складывается из времени, запланированного на изучение каждого раздела/подраздела.

Время обучения может увеличиваться/уменьшаться в зависимости от индивидуального графика обучаемого, разработанного в момент формирования траектории обучения, согласованной с преподавателем.

Другой, не менее эффективной формой повышения эффективности эксплуатации промышленных предприятий, являются виртуальные тренажеры, позволяющие повысить компетенцию персонала, обслуживающего сложные технологические объекты, например электротехнические комплексы теплоснабжающих систем мегаполисов [4]. Рассмотрим архитектуру режимного тренажера для решения задач обучения и тренировки оперативно-диспетчерского персонала.

Режимный тренажер предназначен для проведения сеансов противоаварийных тренировок с отображением оперативному персоналу, участвующему в тренировке, режима теплофикационной системы и состояния оборудования распределительных устройств станций и подстанций.

Тренажер имеет следующие особенности:

1) моделирование в ходе тренировки состояния теплофикационных схем подстанций и автоматический учет в режимной модели изменений состояния оборудования;

2) возможно разделение схемы системы центрального теплоснабжения на несколько изолированно работающих частей с последующим их объединением;

3) режимная модель теплофикационной системы позволяет моделировать установившиеся режимы, электромеханические переходные процессы и длительные переходные режимы, причем переход с одной модели на другую выполняется автоматически с учетом ситуации, складывающейся в процессе тренировки;

4) отображение оперативной обстановки диспетчеру может быть выполнено не только на

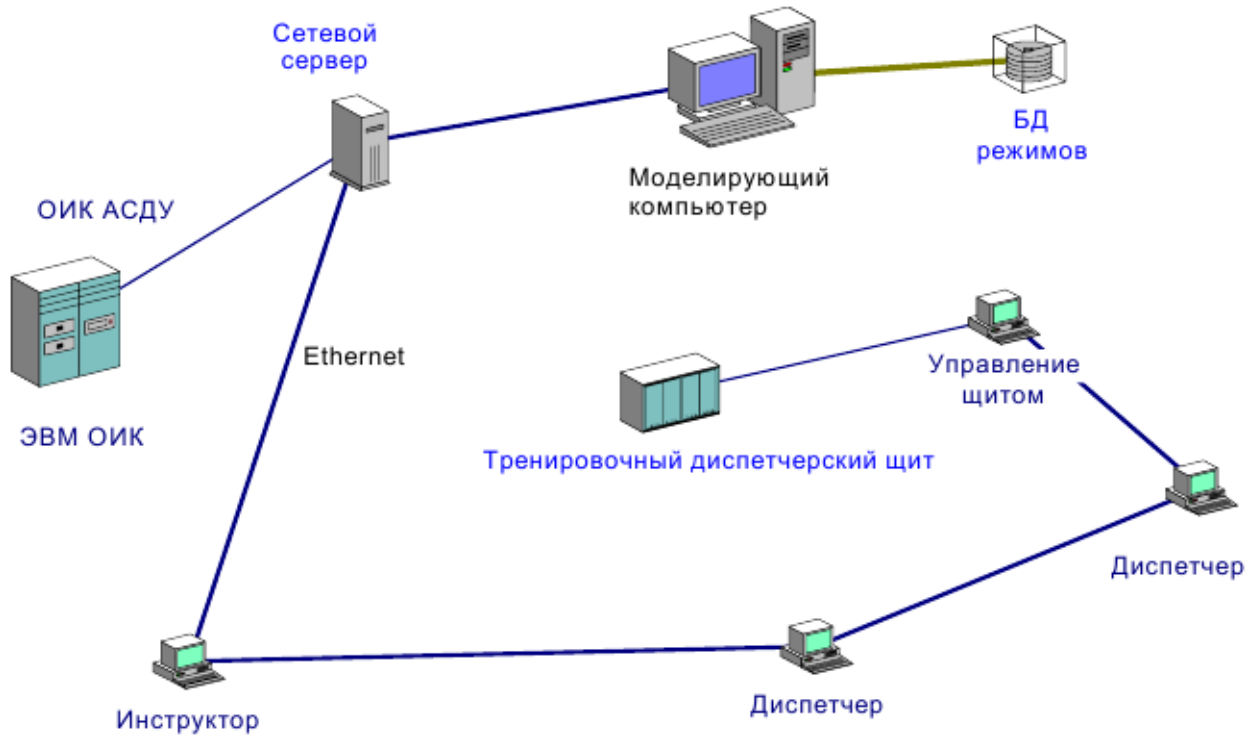
экранах компьютеров, но и на тренировочном диспетчерском щите с использованием оперативно-информационного комплекса автоматизированной системы диспетчерского управления (ОИК АСДУ) теплофикационной системы.

Тренажер можно использовать не только в учебных центрах, но и в производственных условиях для обучения и плановых тренировок персонала диспетчерских служб, оперативного дежурного персонала станций и подстанций. Настройка тренажера на заданную схему системы централизованного теплоснабжения мегаполиса производится через исходные данные. При подключении к данным ОИК АСДУ тренажер может использоваться в качестве исходного режима текущий режим работы энергосистемы.

Структурная схема комплекса технических средств режимного тренажера изображена на рисунке.

Функционирование режимного тренажера можно реализовать в локальной сети компьютеров. Рабочие места инструктора, проводящего тренировочное занятие, диспетчеров, участвующих в тренировке, посредника, который следит за работой модели теплофикационной системы и помогает инструктору, располагаются, как правило, в различных помещениях и оборудуются телефонной связью. Максимально допустимое количество рабочих мест тренажером не ограничивается, а определяется возможностями учебного центра.

На моделирующем компьютере устанавливается математическая модель режимного тренажера. Результаты расчета режима теплофикационной системы в виде телеизмерений и состояние оборудования объектов системы в виде телесигналов передаются на сетевой сервер, откуда считываются программой отображения режима теплофикационной системы, работающей на компьютерах, установленных на рабочих местах инструктора, диспетчеров, посредника и др. Инструктор и диспетчеры должны иметь возможность выводить на дисплей всю необходимую им информацию. При помощи этой же программы как инструктор, так и диспетчеры по локальной сети могут непосредственно управлять моделью системы центрального теплоснабжения мегаполиса (изменение мощности насосных станций, потребления, состояния задвижек аппаратов), которая работает на моделирующем компьютере. Диспетчеры могут отдавать команды на объекты подчиненному оперативному персоналу по



Структурная схема комплекса технических средств режимного тренажера

телефону через инструктора и посредника. Управляющие воздействия вводятся в модель. Результат этих воздействий в виде изменения состояния выключателей, разъединителей, параметров режима тут же отображается на дисплеях и на тренировочном диспетчерском щите.

Управление тренировочным диспетчерским щитом осуществляется специальной программой, работающей на отдельном компьютере. Управление микроконтроллерами системы отображения тренировочного щита осуществляется через СОМ-порт компьютера. Вместо последовательного интерфейса RS-232 могут использоваться и другие интерфейсы со специальным преобразователем интерфейса, подключаемого к СОМ-порту. Микроконтроллеры системы отображения щита обеспечивают световую индикацию положения задвижек и регуляторов, а также выводят цифровую информацию по давлению, температуре теплоносителя и других параметров теплофикационной системы на соответствующие индикаторы.

#### Тренажер операторов насосных станций

Одним из инструментов, призванных обеспечить постоянную готовность диспетчеров к оперативному реагированию на любые нештатные ситуации и способствовать принятию обоснованных и качественных решений, является «Тренажер операторов насосных станций».

«Тренажер управления насосно-перекачивающей станцией» («Тренажер НПС») – динамическая система, предназначенная для отработки в режиме реального времени действий персонала

диспетчерского пункта по управлению сложным комплексом оборудования насосных станций.

Программное обеспечение этого тренажера симулирует поведение агрегатов, арматуры и систем управления, установленных на каждой из насосных станций мегаполиса, при управляющих воздействиях со стороны персонала, осуществляемых с виртуального щита управления на экране моделирующего компьютера. Математическая модель насосно-перекачивающей станции настроена таким образом, чтобы максимально точно повторять последовательность и динамику процессов, происходящих на реальном оборудовании теплофикационной системы. Это означает, что при проведении тренировок на «Тренажере НПС» действия диспетчера аналогичны действиям, определяемым должностной инструкцией и инструкциями по эксплуатации при управлении реальным оборудованием. Регулярные и многократные тренировки на «Тренажере НПС» при различных моделируемых ситуациях позволяют закрепить у диспетчерского персонала навыки управления в условиях отклонения от условий нормальной эксплуатации технологического оборудования и отказа оборудования систем контроля, автоматизации и телемеханики, а также при пусках после аварийных ситуаций или длительных перерывах в работе.

«Тренажер переключений технологического оборудования диспетчерского управления режимами системы в реальном времени» представляет собой цифровой аналог всей сети центрального теплоснабжения мегаполиса – от теплоисточников до потребителей тепла, включая весь набор активного оборудования сетей (насосные станции, регулирующие клапаны, тепловые камеры с запорной

арматурой, сами трубопроводы подающей и обратной магистралей).

В основе «Тренажера переключений» лежит математическая модель системы централизованного теплоснабжения мегаполиса. Расчетная математическая модель «Тренажера» позволяет в течение нескольких секунд произвести полный пересчет гидравлического режима, установившегося во всех точках сети трубопроводов в результате того или иного переключения запорно-регулирующей арматуры в тепловых камерах, насосных агрегатов на

насосно-перекачивающих станциях, или изменения параметров режима отпуска тепла на выходе ТЭЦ.

«Тренажер переключений» предназначен для отработки оперативных действий диспетчерского персонала тепловых сетей при ликвидации аварий и проведении режимных переключений с целью производства плановых ремонтных работ. Графический интерфейс построен на представлении тепловых сетей мегаполиса в виде оперативной схемы и содержит интерактивный инструментарий для выполнения любых единичных или групповых переключений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паршина Г.И. Опыт внедрения системы для дистанционного образования MOODLE // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2004. № 4. С. 13-15.
2. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Алгоритм оценки качества знаний сотрудников электротехнических служб горно-рудных предприятий // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2010. № 3. С. 89-93.
3. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Дистанционные системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2008. № 4. С. 98-101.
4. Крицкий А.Б., Фешин Б.Н. Супервизорное управление электротехническими комплексами систем теплоснабжения мегаполисов // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2010. № 4.

УДК 811.93(574.3)

В.К. ХОРОШХИН

### Использование паттерна Singleton в языках программирования C++, C#, Java

В инженерии программного обеспечения, шаблон проектирования (паттерн) является общим решением часто встречающейся проблемы в программном проекте. Однако паттерн – отнюдь не законченный вариант решения, который может быть преобразован непосредственно в код. Это всего лишь описание или образец для решения проблемы, которая может возникнуть во многих схожих ситуациях.

Паттерны ускоряют процесс разработки, обеспечивая проверенные способы написания кода. Многократное использование паттернов помогает предотвращать появление «тонких» проблем, которые могут причинять большие неприятности, и улучшает восприятие кода как программистами, так и системными аналитиками.

Таким образом, паттерны позволяют разработчикам использовать хорошо известную общепринятую терминологию для обеспечения взаимодействия проектировщиков программного обеспечения. В процессе работы общие решения, как правило, могут быть улучшены посредством их адаптации для каждого конкретного случая.

Паттерны классифицируются по разным критериям, наиболее распространенным из которых является назначение паттерна. Вследствие этого выделяются порождающие паттерны, структурные паттерны и паттерны поведения. Порождающие

паттерны предназначены для организации процесса создания объектов. Структурные паттерны отвечают за композицию объектов и классов. Паттерны поведения характеризуют способы взаимодействия классов или объектов между собой.

Паттерн Singleton относится к порождающим паттернам, назначение которого состоит в обеспечении наличия в системе только одного экземпляра заданного класса, позволяя другим классам получать доступ к этому экземпляру.

Предположим, что нам понадобился некий глобальный объект, то есть такой объект, доступ к которому можно было бы осуществить из любой точки приложения, но при этом необходимо, чтобы он создавался только один раз. То есть к этому объекту должны иметь доступ все элементы приложения, но работать они должны с одним и тем же экземпляром.

Примером такого объекта может быть хронологический список (history list), в котором хранится информация о всех действиях пользователя, которые он предпринимал, работая с приложением. Объект HistoryList по определению должен быть доступным для всех элементов приложения, чтобы они могли либо заносить в него сведения об очередной операции, выполненной пользователем, либо извлекать из него данные о последней операции для ее отмены.



Листинг 1 . Использование паттерна Singleton на языке C++

Один из возможных методов решения этой задачи состоит в создании глобального объекта в главном модуле приложения с последующей передачей ссылки на этот объект всем другим объектам, которым это необходимо. Однако довольно трудно, приступая к разработке приложения, правильно определить способ передачи ссылки, который бы подходил для всех объектов, равно как и заранее предугадать, каким именно элементам приложения понадобится этот объект. Другим недостатком подобного решения является невозможность воспрепятствования другим объектам создавать дополнительные экземпляры глобального объекта (в нашем случае – HistoryList).

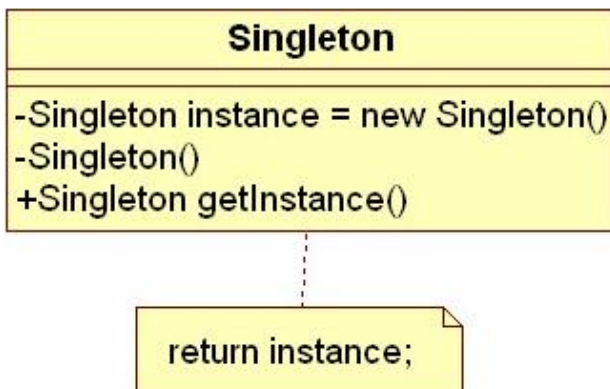
Существует и другой способ получения глобальных значений, основанный на применении статических переменных. Это позволяет приложению обращаться напрямую к нескольким специальным статическим объектам, заключенным внутри некоторого класса, но данный подход также имеет ряд недостатков.

Однако это не лучшее решение, так как статический объект создается во время загрузки класса, что лишает разработчика возможности передачи ему данных перед созданием экземпляра. При этом разработчик не может контролировать доступ к статическому объекту, который объявлен общедоступным. Кроме того, если разработчик решит, что вместо одного объекта ему понадобится, например, пять таких объектов, ему придется практически заново переписать весь код клиентской части приложения.

В подобной ситуации очень полезным становится паттерн Singleton, который обеспечивает удобный доступ всех элементов приложения к глобальному объекту.

При реализации паттерна Singleton используется класс. В этом классе определяется закрытый конструктор, имеется закрытая статическая переменная, в которой хранится ссылка на единственный экземпляр этого класса, а также определен статический метод доступа, возвращающий ссылку на этот экземпляр.

Остальные элементы класса не отличаются от элементов других классов. Статический метод доступа может реализоваться таким образом, чтобы он мог принимать решение о том, какой экземпляр создавать, базируясь на свойствах системы или значениях переданных ему параметров.



```

#include <iostream>
#include <string>
#include <stdlib.h>
using namespace std;
class Singleton
{
public:
    static Singleton*
instance();
    static void setType(string
t)
    {
        type = t;
        delete inst;
        inst = 0;
    }
    virtual void setValue(int
in)
    {
        value = in;
    }
    virtual int getValue()
    {
        return value;
    }
protected:
    int value;
    Singleton()
    {
        cout << ":ctor: ";
    }
private:
    static string type;
    static Singleton* inst;
};
string Singleton::type = "decimal";
Singleton* Singleton::inst = 0;
class Octal: public Singleton
{
public:
    friend class Singleton;
    void setValue(int in)
    {
        char buf[10];
        sprintf(buf, "%o",
in);
        sscanf(buf, "%d",
&value);
    }
protected:
    Octal() {}
};
Singleton* Singleton::instance()
{
    if (!inst)
        if (type == "octal")
            inst = new Octal();
        else

```

```

        inst = new
Singleton();
        return inst;
    }
    void main()
    {
        Singleton::instance()-
>setValue(42);
        cout << "value is "
<< Singleton::instance()->getValue()
<< endl;
        Singleton::setType("octal");
        Singleton::instance()-
>setValue(64);
        cout << "value is "
<< Singleton::instance()->getValue()
<< endl;
    }

```

**Листинг 2 . Использование паттерна Singleton на языке C#**

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
namespace MainApp
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Singleton s1 =
Singleton.Instance();
            Singleton s2 =
Singleton.Instance();
            if (s1 == s2)
            {
                Console.WriteLine
("Objects are the same instance");
            }
            Console.Read();
        }
    }
    class Singleton
    {
        private static Singleton instance;

```

```

protected Singleton(){}
public static Singleton Instance()
{
    if (instance == null)
    {
        instance = new Singleton();
    }
    return instance;
}
}

```

**Листинг 3 . Использование паттерна Singleton на языке Java**

```

package p00;
public class Singleton {
    private Singleton() {
    }
    private static class
SingletonHolder {
        private static final Singleton
Instance =
new Singleton();
    }
    public static Singleton
getInstance() {
        return SingletonHolder.Instance;
    }
}

package p00;
import p00.Singleton.*;
public class NewMain {
    public static void main(String[]
args) {
        Singleton s1 =
Singleton.getInstance();
        Singleton s2 =
Singleton.getInstance();
        if (s1 == s2)
        {
            System.out.println
("Objects are the same instance");
        }
    }
}

```

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Microsoft System Developer Network, 2008.
2. Java SE 6 Documentation, 2010.

УДК 358.11  
С.С. ЖЕТЕСОВ

## К вопросу создания устройств для обеспечения безопасности на транспорте и в общественных местах

**Б**орьба с террористами и экстремистами - дело чести каждого гражданина Республики Казахстан, Российской Федерации, других стран ближнего и дальнего зарубежья.

Сотрудниками Военно-технической лаборатории (ВТЛ) им. Первого Президента Республики Казахстан, под научным руководством автора, разработаны устройства для обеспечения безопасности в местах скопления людей. Это аэропорты, вокзалы, продуктовые и вещевые рынки, залы ожидания, кинотеатры, концертные залы и др. Для этого в местах скопления людей предлагается проводить следующее [1,2]:

1) Осуществить установку газоанализаторов (детекторов для измерения газов, которые дают звуковые сигналы и измеряют наличие метана, кислорода, серы, оксида и др. примесей);

2) Осуществить разработку, проектирование, производство и монтаж устройств видеонаблюдения (из расчета 1шт, на 100 м<sup>2</sup>);

3) Осуществить установку аппаратуры для круглосуточной видеозаписи;

4) Осуществить установку электропарализаторов и аппаратов типа «электрошок» в комплектах с устройствами автоматического управления видеонаблюдением в местах контакта со стенами и оборудованием помещений и транспортных средств;

5) Осуществить установку скрытых металлоискателей;

6) Обеспечить постоянное присутствие штатных людей (кинологов с обученными собаками и другими животными с повышенной чувствительностью к газам и ВВ);

7) Обеспечить дежурства в местах скопления людей специально подготовленных команд (психологов, врачей, инженеров, криминалистов, оперативных сотрудников МВД);

8) Обеспечить применение спецконтейнеров для обнаружения ВВ и СВ;

9) Применение миноискателей (магнитных, акустических и др. видов);

10) Рекомендовать применение вибрационных столов на входе в транспортное средство с использованием вибраторов различных типов, а также

ультразвуковых мостов и других устройств [3], позволяющих провести диагностику наличия у отдельных лиц колющих, режущих и взрывоопасных предметов (рисунок 1);

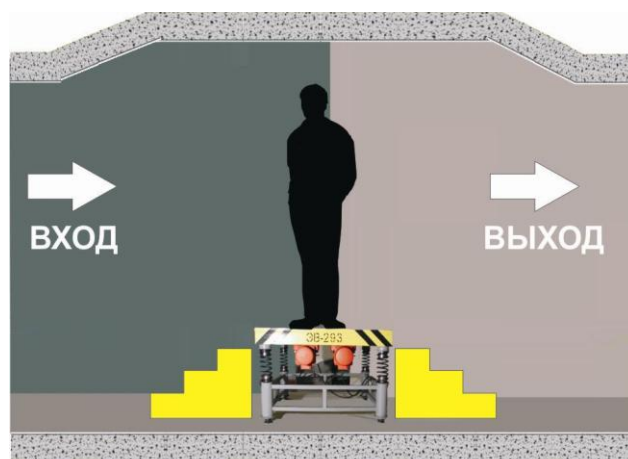


Рисунок 1 – Применение вибрационного стола на входе в транспортное средство

Предлагаемые мероприятия, способствующие повышению безопасности на транспорте и общественных местах, требуют проведения научных исследований, проектно-исследовательских, производственных, монтажных и внедренческих работ. Большой проблемой являются экспериментальные работы с людьми. Здесь, очевидно, потребуются специальные подходы, направленные на подбор добровольцев, а также агентов КНБ РК и спецназа. Анализ мирового опыта борьбы с терроризмом позволяет вполне обоснованно утверждать, что предлагаемые в настоящем сообщении меры, позволяют достичь требуемого результата. Но для этого необходимо иметь стабильное финансирование множества перечисленных выше работ в объеме не менее 100-120 млн. тг в год [4].

Для того чтобы разгадать психологию человека-смертника, надо действовать по принципу: «ничего лучшего нету на том свете, все лучшее здесь – на этом свете, поэтому свою молодую жизнь или свою

будущую семью (детей и родственников) губить не следует».

Многоместный наземный вагон-метро на рельсо-резиновом ходу с движущимися эстакадами предназначен для перевозки пассажиров в густонаселенных городах мира, таких как Москва, Токио, Мехико, Пекин, Шанхай и др., где численность доходит до 20-30 млн. человек. Такой вид транспорта особенно важен для тех городов, где часты пробки на дорогах (рисунки 2,3).

Принцип действия нового транспорта – челноковый, или кольцевой. Получен ИП (инновационный патент) РК. Силовая установка (двигатели, агрегаты, насосы и прочее оборудование) расположена в эстакадных тележках. Вместимость вагона метро составляет 250-350 человек. Посадка и высадка пассажиров производится на мостовых эстакадных площадках, расположенных на уровне четвертого-пятого этажей жилого массива.

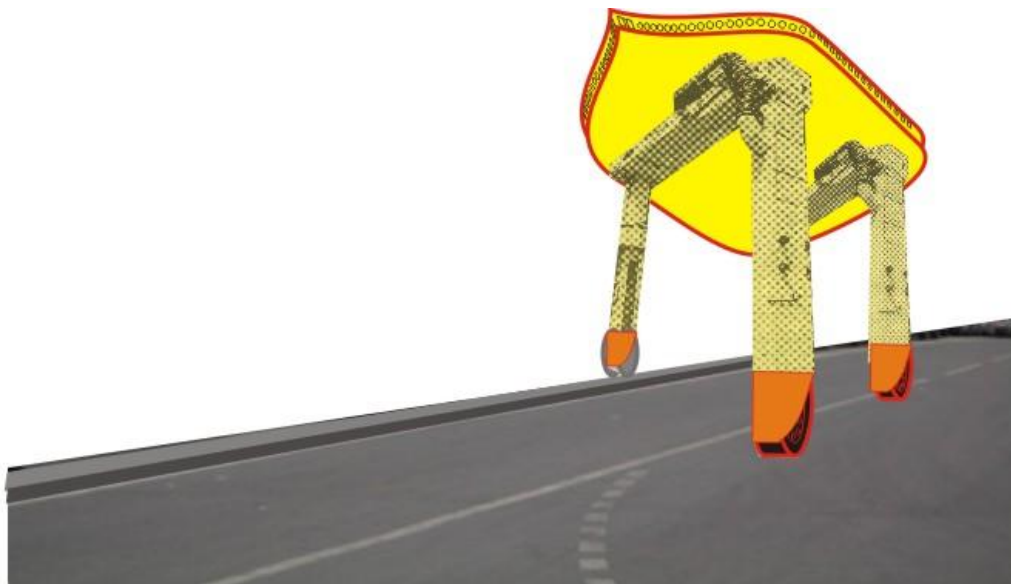


Рисунок 2 – Транспорт будущего для антипробки



Рисунок 3 – Пассажирский салон «Вагон-метро»

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жетесов С.С. Инновационные проекты ВТЛ им. Первого Президента РК. Боевая и промышленная техника XXI века. Караганда, 2010. 24 с.
2. Инновационные проекты КарГТУ. Караганда, 2010. 20 с.
3. Горное оборудование и электромеханика. 2009. №1. 72 с.
4. Каталог инвестиционных проектов Карагандинской области. Караганда, 2010. 104 с.
5. Моос О. Мозги против терроризма // Индустриальная Караганда. № 28 от 10.03.11 г. С. 2.

РЕЗЮМЕ

УДК 330.341. ПАК Ю.Н., ПАК Д.Ю. **Болонский процесс и концептуальные аспекты обеспечения качества высшего образования.**

В концептуальном плане обозначена проблема обеспечения качества в современной высшей школе. Проблема актуализируется в условиях глобализации и массовости высшего образования. Рассмотряются различные подходы к проблеме обеспечения качества образования в русле Болонских преобразований. Обсуждается роль внутривузовской системы менеджмента качества в решении задач повышения качества образовательных услуг. Анализируются причины невысокого уровня качества образования и предложены меры для повышения качества преподавательского труда. Рассмотрено многообразие академических подходов к проблеме качества образования исходя из смыслового разнообразия понятия «культура качества». Даны рекомендации о необходимости поиска инновационных подходов в обеспечении качества преподавания.

УДК 669.053. МАНЖУРИН И.П., СИДОРОВА Е.А., ЛУКЬЯНОВ А.Ю. **Методика расчета основных параметров барабанного смесителя.**

Барабанный смеситель непрерывного действия предназначен для подготовки шихты при производстве агломерата и окатышей. Указанная продукция аглофабрик является многокомпонентной. Ее качество зависит от равномерного распределения составляющих между собой. Это достигается при перемешивании составляющих в смесителех различной конструкции. В отличие от смесителей периодического действия барабанный смеситель непрерывного действия легко встраивается в автоматические линии для подготовки шихты для производства агломерата и окатышей. В статье изложена методика расчета основных параметров барабанного смесителя. Приведенная методика расчета может быть использована студентами специальности 5B070900, 5B071000 при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 669.018.298(574.3). РАХИМОВА У.А., АБЫЛКАЛЫКОВА Р.Б., КВЕГЛИС Л.И., НОСКОВ Ф.М., КУЗНЕЦОВА Е.М., КАЗАНЦЕВА В.В. **Увеличение объема при динамическом нагружении закаленных образцов сплава 110 Г13Л.**

Работа посвящена исследованию структуры межзеренных границ стали 110 Г13Л. В данной стали обнаружено увеличение объема при динамическом нагружении закаленных на аустенит образцов. Под действием механического удара в массивных образцах системы Fe-Mn могут происходить механохимические реакции. Точно такие же реакции происходят и в пленочных образцах. Продуктами реакции могут быть как мартенсит деформации, так и квазикристаллические фазы. Эффекты увеличения параметра решетки аустенита до 3,62 Å и аномального уменьшения параметра решетки мартенсита деформации подтверждают гипотезу о зарождении квазикристаллических кластеров в процессе ударной нагрузки. Наблюдение дефектной межзеренной границы показывает наличие не только структуры Франк-Каспера, но и

ЭОЖ 330.341. ПАК Ю.Н., ПАК Д.Ю. **Болон процесі және жоғары білім беру сапасын қамтамасыз етудің тұжырымдамалық аспектілері.**

Тұжырымдамалық тұрғыда қазіргі заманғы жоғары мектепте сапаны қамтамасыз ету проблемасы белгіленген. Проблема жаһандандыру және жоғары білімнің бұқарашылдығы жағдайларында маңызды болады. Болон өзгерістері арнасында білім беру сапасын қамтамасыз ету проблемасына әртүрлі амалдар қарастырылады. Білім беру қызметтерінің сапасын арттыру міндеттерін шешуде ЖОО ішіндегі сапа менеджменті жүйесінің ролі талқыланады. Білім беру сапасы деңгейінің жоғары емес болу себептері талданады және оқытушылар еңбегінің сапасын арттыру үшін шаралар ұсынылған. «Сапа мәдениеті» ұғымының мағыналық алуан түрлігінен алғанда білім беру сапасының проблемасына академиялық амалдардың көп түрлілігі қарастырылған. Оқытушының сапасын қамтамасыз етуде инновациялық амалдарды іздеу қажеттілігі туралы ұсыныстар берілген.

ЭОЖ 669.053. МАНЖУРИН И.П., СИДОРОВА Е.А., ЛУКЬЯНОВА А.Ю. **Барабан араластырғышының негізгі параметрлерін есептеу әдістемесі.**

Үздіксіз әрекетті барабан араластырғышы агломерат пен шекемтастарды өндіру кезінде шихтаны дайындауға арналған. Аглофабрикалардың аталған өнімі көп бөлікті болып табылады. Оның сапасы өз араларындағы құраушылардың бірқалыпты бөлінуіне байланысты болады. Оған конструкциясы әртүрлі араластырғыштардағы құраушыларды араластыруға қол жеткізіледі. Периодтық әрекетті араластырғыштардан ерекшелігінде үздіксіз әрекетті барабан араластырғышы агломерат пен шекемтастарды өндіру үшін шихтаны дайындауға арналған автоматтық желілерге оңай кірістіріледі. Мақалада барабан араластырғышының негізгі параметрлерін есептеу әдістемесі баяндалған. Келтірілген есептеу әдістемесін 5B070900, 5B071000 мамандықтарының студенттері курстық және дипломдық жобалау кезінде пайдалануы мүмкін.

ЭОЖ 669.018.298(574.3). РАХИМОВА У.А., АБЫЛКАЛЫКОВА Р.Б., КВЕГЛИС Л.И., НОСКОВ Ф.М., КУЗНЕЦОВА Е.М., КАЗАНЦЕВА В.В. **110 Г13Л қорытпасының шынықтырылған үлгілерінің динамикалық жүктеу кезінде көлемнің ұлғаюы.**

Жұмыс 110 Г13Л болатының түйіршік аралық шекараларының құрылымын зерттеуге арналған. Берілген болатта аустенитке шынықтырылған үлгілердің динамикалық жүктеу кезінде көлемнің ұлғаюы байқалған. Fe-Mn жүйесінің массивті үлгілерінде механикалық соққының әсерінен механика-химиялық реакциялар болуы мүмкін. Тура осындай реакциялар қабыршықты үлгілерде де болады. Реакция өнімдері деформация мартенситі де, квазикристалл фазалар да болуы мүмкін. Аустенит торы параметрінің 3,62 Å дейін ұлғаю және деформация мартенситінің торы параметрінің аномальды азаяу әсерлері соққылық жүктеу процесінде квазикристалл кластерлердің туындауы туралы гипотезаны растайды. Ақаулы түйіршік аралық шекараны байқау Франк-Каспер құрылымының ғана емес, сонымен бірге мартенситті және карбидті фазалар

UDC 330.341. PAK Yu.N., PAK D.Yu. **Bologna Process and Conceptual Aspects of Higher Education Quality Provision.**

In the conceptual plan there is shown the problem of quality provision in modern higher school. The problem is actualized in the conditions of globalization and mass character of higher education. There are considered different approaches to the problem of quality provision in the frames of the Bologna reforms. There is discussed the role of inter-university system of quality management in solving the problems of educational services quality. There are analyzed the reasons of education low level and suggested measures for increasing teachers' work quality. There is considered a variety of academic approaches to solving the problem of education quality starting from the meaning diversity of the concept "quality culture". There are given recommendations of the necessity to search innovation approaches to teaching quality provision.

UDC 669.053. MANZHURIN I.P., SIDORINA Ye.A., LUKYANOV A.Yu. **Methodology of Calculating Drum Mixer Main Parameters.**

Continuous drum mixer is designed for preparing charge in producing agglomerate and pellets. This production of agglomerate is multi-component. Its quality depends on regular distribution of the components. This is achieved by mixing the components in different versions of mixers. As opposed to batch mixers, the continuous drum mixer can be easily built I automatic lines for charge preparing to produce agglomerate and pellets. In the article there is presented the methodology of calculating drum mixer the basic parameters. The methodology presented can be used by the students of specialties 5B070900, 5B071000 in the yearly and diploma designing.

UDC 669.018.298(574.3). RAKHIMOVA U.A., ABYLKALYKOVA R.B., KVEGLIS L.I., NOSKOV F.M., KUZNETSOVA Ye.M., KAZANTSEVA V.V. **Increasing Volume with Dynamic Loading Hardened Samples of Alloy 110 G13L.**

There is studied the structure of intergrain boundaries of steel 110 G13L. In the steel there has been revealed volume increase with dynamic loading of hardened for austenite samples. Under the action of a mechanical impact in the massive samples of Fe-Mn system there can take place mechanic-and-chemical reactions. The same reactions take place in the film samples. The products of the reaction can be both deformation martensite and quasi-crystal phases. The effects of increasing the austenite lattice parameter up to 3,62 Å and abnormal decreasing deformation martensite lattice parameter prove the supposition of appearing quasi-crystal clusters in the process of impact loading. The observing of the defect intergrain boundary shows the presence of both Franc-Casper structure and martensite and carbide phases inclusions.

включений мартенситной и карбидной фаз.

**УДК 669.168. БАЙСАНОВ А.С. Результаты исследований по вовлечению в ферросплавный передел железомарганцевых руд Казахстана.**

Рассмотрена проблема комплексного использования железомарганцевых руд Центрального Казахстана и газовых углей Шубаркольского месторождения. Приведены результаты термодинамически-диаграммного анализа системы Fe-Mn-C-O и ее частных подсистем при температурах 550, 750, 950 и 1150 °С, позволившие выделить оптимальные фазовые области применительно к обжигмагнитным технологиям разделения железа и марганца. Дифференциально-термическим методом исследованы фазовые превращения в чисто железомарганцевых, марганцевых и железных рудах и их смеси с шубаркольским углем. В результате установлено, что железомарганцевая руда активно взаимодействует с шубаркольским углем при температурах 300-400 °С с сильным экзотермическим эффектом. На основе полученных теоретических и практических данных становия как технологически, так и экономически реальным создание новых производств по переработке железомарганцевых руд с различным минералогическим и химическим составом.

**УДК 621.771.23. ИЛЬКУН В.И., М.И. СИТКИН. Исследование характера и причин выхода из строя подшипников качения рабочих валков клетей чистовой группы НШС-1700.**

Исследован характер износа подшипников опор рабочих валков чистой группы клетей НШС-1700 ЛПЦ-1 АО «АрселорМиттал Темиртау». Изучены причины, приводящие к снижению долговечности. На основании обработки статистических данных определен закон распределения отказов. Рассчитаны показатели надежности подшипников. Установлены причины перекосов рабочих валков. Сделан вывод об аварийном характере выхода подшипников из строя. Рекомендован дифференцированный переход к изучению долговечности подшипников рабочих валков клетей № 6 и 8, № 7 и № 9-12.

**УДК 621.7÷669.14. ИСАГУЛОВА А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., ТУСУПБЕКОВА А.С. Современные конструкции литейных ковшей.**

Рассмотрены современное состояние литейных ковшей, классификация ковшей по конструкции и разливке. Широкое распространение получили сталеразливочные ковши, имеющие форму усеченного конуса с большим основанием вверху, описание которых приводится в статье. При плавке металла и его выпуске в ковш шлак неизбежно попадает в ковш. В дальнейшем возникает опасность его попадания в литейную форму со струей металла. Авторы предлагают использовать свободно плавающую на поверхности жидкого металла разделительную перегородку, которая вместе с наклоном ковша меняет свое положение, позволяя полностью вылить металл. Таким образом, появляется возможность полного истечения металла из ковша и недопущение попадания шлака в струю металла.

**УДК 621-181.4. ИСАГУЛОВ А.З., ШАРАЯ О.А., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., БАЙДАУЛЕТОВА И.В. Современное состояние вопроса в области кремнийсодержащих наноматериалов.**

кірмелерінің бар болуын көрсетеді.

**ӘОЖ 669.168. БАЙСАНОВ А.С. Қазақстанның темір-марганец рудаларын ферроқорытпалы қайта балқытуға қатыстыру бойынша зерттеулер нәтижелері.**

Орталық Қазақстанның темір-марганец рудаларын және Шубаркөл кен орнының газды көмірін кешенді пайдалану проблемасы қарастырылған. Fe-Mn-C-O жүйесін және темір мен марганецті бөлудің магниттік-күйдіру технологияларына қатысты оңтайлы фазалық облыстарды ерекшелуге мүмкіндік берген, температуралар 550, 750, 950 және 1150 °С болғандағы оның жеке қосалқы жүйелерін термодинамика-диаграммалық талдау нәтижелері келтірілген. Таза темір-марганец, марганец және темір рудаларындағы және олардың шубаркөл көмірі бар қоспаларындағы фазалық өзгерістер дифференциалдық-термиялық әдіспен зерттелген. Нәтижесінде темір-марганец рудасының күшті экзотермиялық әсермен 300-400 °С температурада шубаркөл көмірімен белсенді өзара әрекеттеседі. Алынған теориялық және практикалық деректер негізінде әр түрлі минералогиялық және химиялық құрамы бар темір-марганец рудаларын қайта өңдеу бойынша жаңа өндірістерді құру технологиялық та, экономикалық тұрғыда да жүзеге асатын болады.

**ӘОЖ 621.771.23. ИЛЬКУН В.И., М.И. СИТКИН. НШС-1700 таза тобы клетьтерінің жұмыстың пішім біліктерінің домалау мойынтіректерінің істен шығу сипаты мен себептерін зерттеу.**

«АрселорМиттал Темиртау» АҚ ЛПЦ-1 НШС-1700 клетьтерінің таза тобының жұмыстық пішім біліктері тіректерінің тозу сипаты зерттелген. Ұзақ мерзімділіктің азаюына әкелетін себептер зерделенген. Статистикалық деректерді өңдеу негізінде істен шығуды үлестіру заңы анықталған. Мойынтіректің сенімділігі көрсеткіштері есептелген. Жұмыстық пішім біліктердің қисаюу себептері анықталған. Мойынтіректің істен шығуының апаттық сипаты туралы тұжырым жасалған. № 6 және 8, № 7 және № 9-12 клетьтердің жұмыстық пішім біліктері мойынтіректерінің ұзақ мерзімділігін зерделеуге дифференциалдық өту ұсынылған.

**ӘОЖ 621.7÷669.14. ИСАГУЛОВА А.З., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., ТУСУПБЕКОВА А.С. Қую шөміштерінің қазіргі заманғы конструкциялары.**

Қую шөміштерінің қазіргі заманғы күйі, шөміштерді конструкциясы және құйылуы бойынша жіктеу қарастырылған. Мақалада сипаттамасы келтірілген, жоғарыда үлкен негізі бар кесілген конус пішіні бар болат құю шөміштері кеңінен таралды. Металды балқытқанда және оны шөмішке ағызғанда қож шарасыз шөмішке түседі. Әрі қарай оның металл ағынымен құю қалыбына түсу қаупі пайда болады. Авторлар сұйық металл бетіндегі еркін қалқып жүрген бөлгіш қалқаны пайдалануды ұсынады, ол металды толығымен құюға мүмкіндік беріп, шөміштің көлбеулетілуіне қарай, өзінің қалпын өзгертеді. Сөйтіп, металдың шөміштен толығымен ағып кету және қождың металл ағыншына түсуіне жол бермеу мүмкіндігі пайда болады.

**ӘОЖ 621-181.4. ИСАГУЛОВА А.З., ШАРАЯ О.А., КУЛИКОВ В.Ю., ЩЕРБАКОВА Е.П., БАЙДАУЛЕТОВА И.В. Құрамында кремний бар наноматериалдар саласындағы мәселенің қазіргі күйі.**

**UDC 669.168. BAISANOV A.S. Results of Studying Iron-Manganese Ores of Kazakhstan Involving in Ferroalloy Processing.**

There is considered the problem of complex using iron-manganese ores of Central Kazakhstan and gas coals of Shubarkol deposit. There are presented the results of thermodynamic-diagram analysis of Fe-Mn-C-O system and its private subsystems at the temperatures 550, 750, 950 and 1150 °C, which permitted to separate optimal phase areas in respect to burning-magnetic technologies of separating iron and manganese. By differential-thermal method there were studied phase transformations in pure iron-manganese, manganese and iron ores and their mixtures with Shubarkol coals. As a result there was established that iron-manganese mixture interacts actively with Shubarkol coal at the temperature 300-400 °C with a strong exothermal effect. Based on the theoretical and practical data obtained there becomes both technologically and economically real to form new productions for iron-manganese ores processing with different mineralogical and chemical composition.

**UDC 621.771.23. ILKUN V.I., SITKIN M.I. Studying Character and Reasons of Failing Frictionless Bearing of Working Roll in Finishing Group Stands NShS- 1700.**

There has been studied the character of wear of the finishing group stands working rolls NShS-1700 of LRC 1 JSC "ArcelorMittal Temirtau". Based on the processing of statistical data there has been defined the law of failures distribution. There have been calculated the indices of bearings reliability, established the reasons of working rolls warping. There has been made a conclusion of the emergency character of bearings failures, recommended differentiated transfer to studying the working rolls durability of stands № 6 and 8, № 7 and № 9-12.

**UDC 621.7÷669.14. ISAGULOV A.Z., KULIKOV V.Yu., SHCHERBAKOVA Ye.P., TUSUPBEKOVA A.S. Modern Structures of Foundry Ladle.**

There has been considered the condition of foundry ladle, classification of ladles by structure and pouring. There are widely used steel-pouring ladles having the form of the truncated cone with the larger base on top, whose description is given in the article. When melting a metal and its letting to the ladle the slag enters the ladle inevitable. Then there occurs the danger of its entering the mould with the metal flow. The authors suggest to use freely floating on the liquid metal surface division wall which changes its position with the ladle tilt and lets the metal be poured out completely. Thus, there occurs the possibility for the metal to leave the ladle completely and the slag doesn't enter the metal flow.

**UDC 621-181.4. ISAGULOV A.Z., SHARAYA O.A., KULIKOV V.Yu., SHCHERBAKOVA Ye.P., BAIDAULETOVA I.V. Modern State of Issue in the Field of Silicon-Containing Nanomaterials.**

В настоящее время интерес к исследованию кремния возобновился в связи с развитием нанотехнологий. Ведутся работы по созданию многослойных структур и материалов спинтроники на основе кремния. В связи с этим возникает необходимость разработки метода получения высококачественных кремниевых пленок. Лазерно-плазменное напыление (ЛПН) позволяет получать эпитаксиальные тонкие пленки. Недостатком данного метода является процесс образования капель при напылении пленки. Одним из способов устранения капель является схема скрещенных пучков. Известно, что на свойстве получаемой пленки (тип кристаллической структуры, размер кристаллов, адгезия, эпитаксия и др.) существенно воздействует энергия частиц факела. Поэтому важной характеристикой процесса лазерно-плазменного напыления является контроль и управление энергетическим спектром факела.

УДК 621.784.4. ЖЕТЕСОВА Г.С., МУРАВЬЕВ О.П., МУРАВЬЕВА Ю.О. **Конструктивные особенности инструментов для обработки деталей роликами.**

Рассмотрены конструктивные особенности инструментов для обработки деталей ППД – роликами. Сформулированы положения, которые рекомендуются применять при создании прогрессивного и совершенствовании существующего инструмента для ППД. Рассмотрена классификация инструментов для раскатывания и обкатывания. Сформулированы требования, которым должен удовлетворять деформирующий инструмент. Рассмотрены три конструктивных решения по способу установки роликов в инструменте. Приведены две схемы настройки роликов на обрабатываемый размер. Установлено, что в условиях серийного, крупносерийного и массового производства наиболее производительными, долговечными и надежными в эксплуатации являются ротационные инструменты.

УДК 621.787.4. ЖЕТЕСОВА Г.С., МУРАВЬЕВ О.П., ТКАЧЕВ А.Н. **Взаимосвязь между конструктивно-технологическими параметрами и факторами обработки, физико-механическими явлениями в зоне контакта и показателями качества.**

Рассматривается взаимосвязь конструктивно-технологических параметров и факторов обработки и показателями качества при обработке ППД – роликами. Выявлено, что качество поверхности деталей зависит от большого количества технологических факторов обработки. Установлено, что точность обработки в основном зависит от точности предшествующей обработки резанием. Рассмотрены вопросы повышения производительности обработки ППД – роликами. Для систематизации и наглядного представления взаимосвязи конструктивно-технологических параметров обработки и показателей качества при ППД разработана схема. В качестве обобщающего параметра, определяющего заданное качество поверхности слоя, выбран объем металла, вытесняемого из контактной зоны. Рассмотрены дальнейшие перспективы теоретических исследований процесса поверхностного пластического деформирования.

УДК 621.794.015. ШАРАЯ О.А., КУСЖАНОВА А.А. **Влияние химико-термической обработки на износостойкость чугуна.** В настоящее время все более актуальной

Қазіргі уақытта нанотехнологиялардың дамуына байланысты кремнийді зерттеуге қызығушылық қайта басталды. Кремний негізінде спинтрониканың көп қабатты құрылымдары мен материалдарын жасау бойынша жұмыстар жүргізіліп жатыр. Осыған байланысты жоғары сапалы кремнийлі қабыршықтарды алу әдісін әзірлеу қажеттілігі пайда болады. Лазерлі-плазмалы тозаңдату (ЛПТ) эпитаксиальды жұқа қабыршықтарды алуға мүмкіндік береді. Қабыршықты тозаңдату кезінде тамшылардың түзілу процесі берілген әдістің кемшілігі болып табылады. Тамшыларды жою тәсілдерінің бірі тоғысқан шоғырлар сұлбасы болып табылады. Алынатын қабыршықтың қасиеттеріне (кристалл құрылым типі, кристалдар өлшемі, адгезия, эпитаксия және т.б.) алау бөлшектері энергиясының елеулі әсер ететіні белгілі. Сондықтан лазерлі-плазмалы тозаңдату процесінің маңызды сипаттамасы алаудың энергетикалық спектрін бақылау және басқару болып табылады.

ӘОЖ 621.784.4. ЖЕТЕСОВА Г.С., МУРАВЬЕВ О.П., МУРАВЬЕВА Ю.О. **Тетіктерді шығыршықтармен өңдеуге арналған құрал-саймандардың конструкциялық ерекшеліктері.**

Тетіктерді ППД–шығыршықтармен өңдеуге арналған құрал-саймандардың конструкциялық ерекшеліктері қарастырылған. ППД арналған алдыңғы қатарлы құрал-сайманды жасау және қолданыстағыны жетілдіру кезінде қолдану ұсынылатын ережелер тұжырымдалған. Жаюға және домалатуға арналған құрал-саймандарды жіктеу қарастырылған. Деформациялаушы құрал-сайманды қанағаттандыруы тиіс болатын талаптар тұжырымдалған. Құрал-сайманда шығыршықтарды орнату тәсілі бойынша үш конструкциялық шешім қарастырылған. Аунақшаларды өңделетін өлшемге баптаудың екі сұлбасы келтірілген. Сериялық, ірі сериялық және жаппай өндіріс жағдайларында ротациялық құрал-саймандар пайдалануға аса өнімді, ұзақ мерзімді және сенімді болып табылады.

ӘОЖ 621.787.4. ЖЕТЕСОВА Г.С., МУРАВЬЕВ О.П., ТКАЧЕВ А.Н. **Конструкциялық-технологиялық параметрлер және өңдеу факторлары, түйісу аймағындағы физико-механикалық құбылыстар және сапа көрсеткіштері арасындағы өзара байланыс.**

Конструкциялық-технологиялық параметрлердің және өңдеу факторларының және ППД–шығыршықтармен өңдеу кезіндегі сапаның көрсеткіштерінің өзара байланысы қарастырылады. Тетіктер беті сапасының өңдеудің технологиялық факторларының көп санына байланысты болатыны айқындалған. Өңдеу дәлдігінің негізінде өңдеудің алдындағы кесу дәлдігіне байланысты болатыны анықталған. ППД–шығыршықтармен өңдеу өнімділігін арттыру мәселелері қарастырылған. Өңдеудің конструкциялық-технологиялық параметрлерінің және ППД кезіндегі сапа көрсеткіштерінің өзара байланысын жүйелендіру және көрнекті көрсету үшін сұлба әзірленген. Беттік қабаттың берілген сапасын анық айтатын жалпылап қорытушы параметр ретінде түйісу аймағынан ығыстырылатын металлдың көлемі таңдалған. Беттік илемді деформациялау процесін теориялық зерттеудің келешектегі перспективалары қарастырылған.

ӘОЖ 621.794.015. ШАРАЯ О.А., КУСЖАНОВА А.А. **Химико-термиялық өңдеудің шойынның тозуға төзімділігіне әсері.** Қазіргі уақытта машина жасауға, мұнай-газ

At present the interest to studying silicon has been renewed in connection with developing nanotechnologies. There are being carried out works to develop multilayer structures and spintronic materials based on silicon. In this connection there arises the necessity to develop a method of obtaining high-quality silicon films. Laser-plasma spraying (LPS) permits to obtain epitaxial thin films. This method disadvantage is the process of forming drops when spraying the film. One of the methods of the drops eliminating is the scheme of crossed beams. The properties of the film obtained are known to be effected by the torch particles energy. That's why an important characteristic of the laser-plasma process of spraying is controlling the torch energy spectrum.

UDC 621.784.4. ZHETESOVA G.S., MURAVYOV O.P., MURAVYOVA Yu.O. **Structural Characteristics of Instruments for Parts Machining with Rollers.**

There are considered structural characteristics of instruments for machining parts with rollers. There are formulated the statements that are recommended to be used in developing the advanced and improving the existing instruments. There is considered the classification of instruments for rolling and running, formulated the requirements to be satisfied by the deforming instruments. There exist three structural decisions by the method of mounting the rollers in the instrument. There are presented two schemes of the rollers adjusting for the dimension of machining. It was stated that in the manufacturing conditions rotational instruments are the most productive, durable and operationally reliable.

UDC 621.787.4. ZHETESOVA G.S., MURAVYOV O.P., TKACHYOV A.N. **Interconnection Between Structural-Technological Parameters and Machining Factors, Physical-Mechanical Phenomena in Contact Zone and Quality Metrics.**

There is considered the interconnection of structural-technological parameters and factors of machining and quality metrics when machining with rollers. It was revealed that the parts surface quality depends on a large number of technological factors of machining. It was stated that the accuracy of machining depends mainly on the accuracy of the previous machining by cutting. There are considered the issues of increasing the productivity of machining with the rollers. For systemizing and visual representing the interconnection there has been developed a special scheme. As a generalizing parameter determining the preset quality of the surface, there was selected the volume of metal displaced from the contact zone. There are considered the further prospects of theoretical studies of the surface plastic deformation process.

UDC 621.794.015. SHARAYA O.A., KUSZHANOVA A.A. **Chemical-Thermal Processing Effect on Iron Wear Resistance.** At present there becomes urgent the problem of



становится задачей разработки металлургических материалов для машиностроения, нефтегазовой отрасли с качественно новыми свойствами. Эта задача решается на основе комплексного подхода, объединяющего принципы формирования химического состава материала, затем структуры путем разработки технологических процессов его упрочняющей обработки. Получение упрочненных поверхностных слоев достигается при целенаправленном формировании заданной структуры состояния металла. При этом используется метод химико-термической обработки.

УДК 669.162.28. ИСАГУЛОВ А.З., СУЛТАМУРАТ Г.И., ДОСТАЕВА А.А. **Возможности использования отходов металлургического производства как сырья многопрофильного назначения.** Рассмотрены возможности использования отходов металлургического производства как сырья многопрофильного назначения. Ежегодно во всем мире образуется около 200 млн т доменных отходов, 90 млн т отходов конвертерного производства и 50 млн т отходов дуговых печей. Рост затрат, связанных с выбором промышленных отходов в отвалы, изменение общественного отношения к проблемам охраны окружающей среды, возможность извлечения ценных побочных продуктов из отходов металлургического производства – это заставляет производителей стали пересмотреть свою обычную практику удаления отходов. Приведены результаты химического состава и микроструктуры полученного сплава из отходов металлургического производства. Зачастую переработка отходов обходится гораздо дешевле, чем удаление их в отвалы.

УДК 622.271. НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., ОЖИГИНА С.Б., ОМАРОВА А.К., ОЖИГИН Д.С. **Применение технологии лазерного сканирования горного массива на карьерах АО «ССГПО».** Технология лазерного сканирования позволяет выполнять построение цифровой трёхмерной модели любого объекта, здания и сооружений, техногенных ландшафтных поверхностей, созданных при ведении горных работ. Наблюдения с использованием лазерного сканирования дают полноценные сведения о происходящих смещениях и деформациях объектов. Для производства работ не нужен непосредственный доступ к объекту, отражатели или другие приспособления, необходима лишь прямая видимость сканируемой поверхности. Полученная в результате сканирования трёхмерная цифровая модель карьера позволяет решать комплекс маркшейдерских и технологических задач.

УДК 622.271. ПАК Г.А., ДОЛГОНОСОВ В.Н., ПАНАСЕНКО Е.А., ДОЛГОНОСОВА Е.В. **Исследование процесса сдвигания горных пород и его взаимосвязь с интенсивностью газовой выделением в шахтах Карагандинского бассейна.** Изложена методика расчета шагов обрушения основной кровли и выявлена взаимосвязь с интенсивностью газовой выделением. Установлено, что указанные явления носят периодический характер с общим, единым периодом, который определяется шагами обрушения основной кровли. Выполнено сравнение прогнозных и фактических значений шагов обрушения по лавам шахт «Саранская» и «Сокурская» и отмечена их высокая сходимость. Прогноз шагов обрушения имеет исключительно важное значение для обеспечения безопасности и ведения горных работ.

саласына арналған сапалы жаңа қасиеттері бар металл материалдарды әзірлеу міндеті аса маңызды болып келеді. Бұл міндет материалдың химиялық құрамын құру принциптерін біріктіретін кешенді амал, сонан соң оны беріктендіріп өңдеудің технологиялық процестерін әзірлеу жолымен құрылым негізінде шешіледі. Металдың берілген құрылымдық күйін мақсатқа бағытталған түрде құрағанда беріктендірілген беттік қабаттарды алуға қол жеткізіледі. Сонымен бірге химия-термиялық өңдеу әдісі пайдаланылады.

ӘОЖ 669.162.28. ИСАҒҰЛОВ А.З., СУЛТАМУРАТ Г.И., ДОСТАЕВА А.А. **Көп бейінді тағайындалған шикізат ретінде металлургия өндірісінің қалдықтарын пайдалану мүмкіндіктері.** Көп бейінді тағайындалған шикізат ретінде металлургия өндірісінің қалдықтарын пайдалану мүмкіндіктері қарастырылған. Бүкіл әлемде жыл сайын 200 млн т жуық домна қалдығы, 90 млн т конвертерлік өндіріс қалдығы және 50 млн т доғалы пештер қалдығы түзіледі. Өнеркәсіптік қалдықтарды үйінділерге лақтыру мен байланысты шығындардың өсуі, қоршаған ортаны қорғау проблемаларына қоғамдық қатынасты өзгерту, металлургиялық өндіріс қалдықтарынан құнды жанама өнімдерді алу мүмкіндігі – бұл болат өндірушілерді қалдықтарды жоюдың өзінің көдімгі практикасын қайта қарауға мәжбүр етеді. Металлургия өндірісінің қалдықтарына алынған қорытпаның химиялық құрамының және микрoқұрылымының нәтижелері келтірілген. Көп жағдайда қалдықтарды үйінділерге жоюға қарағанда оларды қайта өңдеу анағұрлым арзанға түседі.

ӘОЖ 622.271. НИЗАМЕТДИНОВ Ф.К., ОЖИГИНА С.Б., ОМАРОВА А.К., ОЖИГИН Д.С. **«ССТӨБ» АҚ карьерлерінде тау-кен массивін лазермен сканерлеу технологиясын қолдану.** Лазермен сканерлеу технологиясы кез келген объектінің, үймереттер мен ғимараттардың, тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде құрылған техногенді ландшафттық беттердің цифрлық үш өлшемді моделін құруды орындауға мүмкіндік береді. Лазермен сканерлеу пайдаланылған бақылаулар объектілердің болып жатқан ығысулары және деформациялары туралы жан-жақты мәліметтер береді. Жұмыстарды жасау үшін объектіге тікелей қатынастың, шағылдырғыштардың немесе басқа құрылғылардың керегі жоқ, сканерленетін беттің тікелей көрінуі ғана қажет. Сканерлеу нәтижесінде алынған карьердің үш өлшемді цифрлық моделі маркшейдерлік және технологиялық міндеттер кешенін шешуге мүмкіндік береді.

ӘОЖ 622.271. ПАК Г.А., ДОЛГОНОСОВ В.Н., ПАНАСЕНКО Е.А., ДОЛГОНОСОВА Е.В. **Тау жыныстарының жылжу процесін зерттеу және оның Қарағанды бассейнінің шахталарында газ бөліну қарқындылығымен өзара байланысы.** Негізгі төбені опырылу қадамдарын есептеу әдістемесі баяндалған және газ бөліну қарқындылығымен өзара байланыс айқындалған. Аталған құбылыстардың негізгі төбенің опырылу қадамдарымен анықталатын жалпы, бірыңғай периодты мерзімді сипатта болатыны анықталған. «Саран» және «Соқыр» шахталарының лавалары бойынша опырылу қадамдарының болжамдық және нақтылы мөндерін салыстыру орындалған. опырылу қадамдарын болжаудың тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін ерекше маңызды мәні бар.

developing metal materials for machine building, oil-and-gas field with qualitatively new properties. This problem is being solved based on the complex approach combining the principles of forming a material chemical composition, then the structure by means of developing technological processes of its hardening. Obtaining hardened surface layers is achieved with purposeful forming the preset structural state of the metal. Besides, there is used the method of chemical-thermal processing.

UDC 669.162.28. ISAGULOV A.Z., SULTAMURAT G.I., DOSTAYEVA A.A. **Possibilities to Use Metallurgical Production Waste as Raw Material of Multiprofile Purpose.** There are considered the possibilities of using metallurgical production waste as a raw material of multiprofile purpose. Every year in the world there form about 200 mln. t blast furnace waste, 90 mln. t converter production waste and 50 mln. t arc furnace waste. The growing costs connected with industrial waste outlet in dumps, public attitude changing to the problems of environment, possible extracting of valuable by-products from metallurgical production waste – all these make steel producers to reconsider their usual practice of waste removal. There are presented the results of chemical composition and microstructure of the alloy obtained from metallurgical production waste. Waste treatment is often less expensive than its removal to dumps.

UDC 622.271. NIZAMETDINOV F.K., OZHIGINA S.B., OMAROVA A.K., OZHIGIN D.S. **Using Technology of Laser Scanning Mining Mass at Open Pits of JSC “SSMPC”.** The technology of laser scanning permits to build a three-dimension digital model of any object, building, structure/ anthropogenic landscape surfaces, developed in mining operations carrying out. Observations using laser scanning give complete information of the objects shifts and deformations which take place. For carrying out operations there is not needed the direct access to the object, reflectors or other facilities; there is only needed the direct visibility of the surface being scanned. The obtained as a result of scanning three-dimension digital model of an open pit permits to solve the complex of surveying and technological problems.

UDC 622.271. PAK G.F., DOLGONOSOV V.N., PANASENKO Ye.A., DOLGONOSOVA Ye.V. **Studying Process of Mining Rocks Movement and its Interconnection with Gas Emission Intensity at Karaganda Basin Mines.** There is presented the methodology of calculating the steps of breaking the main roof and revealed its interconnection with gas emission intensity. It was established that the phenomena mentioned have a periodic character with a common, single period which is defined by the steps of the main roof breaking. There has been carried out the comparison of the predicted and real steps on the lavas at “Saranskaya” and “Sokurskaya” mines and noted their high coincidence. Breaking steps prediction is of exclusive importance for providing mining operations safety



УДК 622.271. МОЗЕР Д.В., ОЖИГИН С.Г., ДОЛГОНОСОВА Е.В., ОЖИГИН Д.С. **Исследование деформаций приборного массива Соколовского карьера с применением глобальных навигационных спутниковых систем.** Изложены основы методики наблюдений за деформациями бортов карьеров с применением глобальных спутниковых систем. Современные геодезические технологии находят все более широкое применение для решения прикладных задач в области горного дела. GPS-системы успешно применяются при создании и развитии опорных и съемочных сетей на горнодобывающих предприятиях. С увеличением глубины и площади карьеров наблюдения по классической методике приводят к накоплению погрешностей и связаны с большим объемом работ. Применение GPS-измерений в комплексе с электронной тахеометрией существенно увеличивает эффективность мониторинга. Методика внедрена в производство на карьере «Соколовский» АО «ССТПО».

УДК 622.411.332 (574.31). ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г., СОКОЛОВ А.В. **Приложение теоремы Лагранжа к анализу сложных вентиляционных систем.** В статье решается задача построения зависимости для оценки влияния регуляторов в управляющих ветвях на изменение расходов воздуха в управляемых ветвях сложной вентиляционной сети. Предложено для построения явной функциональной зависимости и использовать формулу Лагранжа. Доказано, что отношение производной от расхода воздуха на промежуток изменения сопротивления регулятора к аналогичной производной, соответствующей исходному состоянию вентиляционной сети, изменяется по одной и той же закономерности для всех ветвей расчетной схемы. На основе данной закономерности и получены формулы для оценки распределения расходов воздуха в любой ветви расчетной схемы в процессе регулирования. Установлено, что качественная оценка изменения расходов воздуха в вентиляционной сети осуществляется по знаку производной от расхода воздуха по изменяющемуся параметру. Если производная больше нуля, то управляемые ветви образуют условно-параллельную связь с регулятором в управляющей ветви. Если меньше нуля, то регулятор образует с управляемыми элементами условно-последовательную связь.

УДК 622.831. ДЕМИН В.Ф., ИСАБЕК Т.К., ЖУРОВ В.В., ДЕМИН В.В., СКОРЯКИН А.А. **Исследование влияния угла наклона анкера на напряженное состояние массива горных пород с прямоугольной выработкой.** Проведены исследования, обеспечивающие принятие технологических решений по технологии проведения взрывчатых выработок. Производятся расчет параметров анкеры крепи горной выработки. Обеспечивается предотвращение ее эксплуатации на базе геомеханического прогноза состояния горного массива. Выявлены закономерности изменения напряженно-деформированного состояния угля вмещающих породных массивов в зависимости от горно-геологических факторов. Они позволяют в конкретных условиях эксплуатации устанавливать рациональные параметры крепления боковых пород для повышения устойчивости подготовительных горных выработок.

УДК 622.271. МОЗЕР Д.В., ОЖИГИН С.Г., ДОЛГОНОСОВА Е.В., ОЖИГИН Д.С. **Жаһандық навигациялық спутник жүйелерін қолдану арқылы Соколов карьерінің беткей жанындағы массивінің деформацияларын зерттеу.** Жаһандық спутник жүйелерін қолдану арқылы карьерлер беткейлерінің деформацияларын бақылау әдістемесінің негізделген. Тау-кен ісі саласындағы қолданбалы міндеттерді шешу үшін қазіргі заманғы геодезиялық технологиялар аса кең қолданыс тауып келеді. GPS-жүйелер кен-өндіру кәсіпорындарында тіреу және түсіру желілерін құру және дамыту кезінде қолданылады. Карьерлер тереңдігі мен алаңының ұлғаюына қарай классикалық әдісте бойынша бақылаулар қателіктердің жинақталуына әкеледі және жұмыстардың үлкен көлемімен байланысты болады. GPS-өлшемдерді электрондық тахеометриямен бір жинақта қолдану мониторинг тиімділігін елеулі арттырады. Әдісте «ССТӨБ» АҚ «Соколовский» карьерінде өндіріске ендірілген.

УДК 622.411.332 (574.31). ЛЕВИЦКИЙ Ж.Г., СОКОЛОВ А.В. **Күрделі желдету жүйелерін талдауға Лагранж теоремасын қолдану.** Мақалада басқарушы тармақтардағы реттегіштердің күрделі желдету желісінің басқарылатын қабаларында ауа шығындарының өзгеруіне әсерін бағалау үшін тәуелділікті құру міндеті шешіледі. Айқын функционалдық тәуелділікті құру үшін Лагранж формуласын пайдалану ұсынылған. Реттегіш кедергісінің өзгеру аралығында ауа шығынынан туындының желдету желісінің бастапқы күйіне сәйкес келетін ұқсас туындыға қатынасының есептік сұлбаның барлық тармақтары үшін сол және бір заңдылық бойынша өзгеретіні дәлелденген. Берілген заңдылық негізінде реттеу процесінде есептік сұлбаның кез келген тармағындағы ауаның шығындарын үлестіруді бағалау үшін формулалар алынған. Желдету желісіндегі ауа шығындарының өзгеруін сапалы бағалаудың өзгеретін параметр бойынша ауаның шығынынан туындының таңбасы бойынша жүзеге асырылатыны анықталған. Егер туынды нөлден артық болса, онда басқарылатын тармақтар басқарушы тармақтағы реттегішпен шартты-параллель байланысты құрайды. Егер нөлден кем болса, онда реттегіш басқарылатын элементтермен шартты-ізбекті байланысты құрайды.

УДК 622.831. ДЕМИН В.Ф., ИСАБЕК Т.К., ЖУРОВ В.В., ДЕМИН В.В., СКОРЯКИН А.А. **Анкердің көлбеу бұрышының тік бұрышты қазбасы бар тау жыныстары массивінің кернеуленген күйіне әсерін зерттеу.** Алынатын қазбаларды жүргізу технологиясы бойынша технологиялық шешімдер қабылдауды қамтамасыз ететін зерттеулер жүргізілген. Кен қазбасының анкерлік бекітпесінің параметрлерін есептеу жүргізіледі. Кен массивінің күйін геомеханикалық болжау базасында оның пайдаланылу сұлбасын көрсету қамтамасыз етіледі. Кен-геологиялық факторларға байланысты жанастау жыныстары көмірінің кернеулі-деформацияланған күйінің өзгеру заңдылықтары айқындалған. Олар нақты пайдаланылу жағдайларында даярлау кен қазбаларының орнықтылығын арттыру үшін бұйырлық тау жыныстарын бекітудің ұтымды параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Анкер ұзындығының өзгеруіне байланысты максимум қалыпты кернеулердің өзгеруіне байланысты эмпирикалық

UDC 622.271. MOZER D.V., OZHIGIN S.G., DOLGONOSOVA Ye.V., OZHIGIN D.S. **Studying Deformations of Side Mass at Sokolovski Open Pit Using Global Positioning Satellite Systems.** There are presented the principles of the methods to observe open pits sides deformations using global satellite systems. Modern geodesic technologies are now widely used for solving applied problems in the field of mining. GPS-systems are successfully used in developing supporting and surveying networks at mining enterprises. With increasing open pits depth and area the classical observations lead to accumulating errors and are connected with a large amount of work. Using GPS-measuring in the complex with electronic tachometry increases significantly the monitoring efficiency. The methodology is introduced in the production at open pit Sokolovski of JSC "SSMPC".

UDC 622.411.332 (574.31). LEVITSKI Zh.G., SOKOLOV A.V. **Lagrange Theorem Applying to Complicated Ventilation Systems Analysis.** There is being solved the problem of building a dependence for evaluating controllers effect in the controlling branches on changing air rate in the controlled workings of a complicated ventilation network. There has been suggested for building an obvious functional dependence to use Lagrange formula. It was proved that the ratio of the derivative from the air rate in the interval of the controller resistance changing to the similar derivative corresponding to the initial state of the ventilation network, changes in accordance with the same law for all the branches of the calculation scheme. Based on this law there were obtained the formulae for calculating air rate distribution in any branch of the scheme in the process of controlling. It was established that the qualitative estimate of air rate in the ventilation network is performed by the sign of the derivative from the air rate by the changing parameter. If the derivative is larger than zero, the controlled branches will form a conditionally-parallel tie with the controller in the controlling branch; if it is lower than zero, the controller forms a conditionally-serial tie with the elements controlled.

UDC 622.831. DYOMIN V.F., ISABEK T.K., ZHUROV V.V., DYOMIN V.V., SKORYAKIN A.A. **Studying Anchor Inclination Angle on Stressed State of Mining Rocks Mass with Rectangular Working.** There have been carried out studies ensuring the adoption of technological decisions on the technology of drifting mining workings. There is carried out the calculation of parameters of mining working roof bolting. There is ensured the presentation of its use scheme based on geomechanical predicting the mining mass state, revealed the laws of coal stressed-and-strained state depending on mining-geological factors. They permit in concrete conditions of operation to establish rational parameters of supporting side rocks to increase development workings stability. There have been obtained empirical dependences of maximal normal stresses on the anchor length, carried out comparative estimation of the studies carried out with industrial experiments. It showed a satisfactory coincidence of the parameters

Получены эмпирические зависимости изменения максимальных нормальных напряжений в зависимости от изменения длины анкера. Проведена сравнительная оценка выполненных исследований с испытаниями в производственных условиях. Она показала удовлетворительную сходимость рассматриваемых параметров напряженно-деформированного состояния породных массивов. Получены эмпирические зависимости изменения максимального нормального напряжения от угла наклона анкера для выработки прямоугольного сечения.

УДК 622.271: (622.682+622.684). КУЛНИЯЗ С.С., АРЫСТАН И.Д., АСАН С.Ю., СКОРЯКИН А.А. **Условия приспособления циклично-поточного технологического комплекса, сформированного из крутопадающих конвейеров.**

Значительное различие конвейеров, используемых при транспортировании горной массы крутопадающими конвейерными лентами, в недопущении сдвижения вниз транспортируемого груза на угол выше 18°. В расчетах в качестве образца получены несколько видов крутопадающих конвейерных лент. По технико-экономическим показателям самым эффективным является с двухсхемный конвейер с шероховатой поверхностью. В ходе исследовательских работ рассмотрена двухсхемная крутопадающая конвейерная лента. По расчетам замечено, что технико-экономические показатели не изменились в связи с повышением угла установки конвейерного подъема. Предложена проходка траншеи, где установлен главный конвейер по наклонному углу 40°, для уменьшения объема строительных и горных работ овительных работ и размера денежных затрат. Если сравнить размеры, полученные путем расчета, объем крутопадающей траншеи в четыре раза меньше объема траншеи, расположенной по диагонали, поэтому проходка этой траншеи будет оптимальна и по времени, и по расходам. При этом крутопадающие конвейеры будут эффективно использоваться при высоте поднятия горной массы выше 200 м и годовой производительности и карьера, равной или более 10 млн т/год.

УДК 622.28. БЕЙСЕМБАЕВ К.М., ЖЕТЕСОВ С.С., АБДУГАЛИЕВА Г.Б. **Выемочная установка.**

Рассматривается безлюдная выемка угля. Обоснованы исследования новых направлений технологических процессов и технических средств в подземной угледобычи. Разработаны и обоснованы технологические процессы подземной угледобычи с использованием силы гравитации. Реализована методика применения напряженно-деформированного состояния массива вокруг очистной выработки с учетом реакции штрековой механизированной крепи. Разработаны и обоснованы параметры предлагаемых технологических машин, обеспечивающих повышение эффективности их функционирования. Разработаны и обоснованы специальные штрековые механизированные крепи, обеспечивающие увеличение сортности добываемого угля. Разработана система обеспечения безопасной работы СПК и выявлены ее основные конструктивные схемы.

УДК 539.3:534.1. БАКИРОВ Ж.Б., АЙТМУКАНОВА П.М., ШАЛБАЕВ К. Ш. **Об одном точном решении задачи устойчивости кольцевых пластин.**

Рассмотрена задача об устойчивости кольцевых пластин при пропорциональном

тәуелділіктер алынған. Өндірістік жағдайларда сынау жүргізу арқылы орындалған зерттеулерді салыстырмалы бағалау жүргізілген. Ол жынис массивтерінің кернеулі-деформацияланған күйінің қарастырылатын параметрлерінің қанағаттанарлық ұқсастығын көрсетті. Тік бұрышты қиманы қазу үшін максимум қалыпты кернеудің анкердің көлбеу бұрышынан өзгеруінің эмпирикалық тәуелділіктері алынған.

ӨЖ 622.271: (622.682+622.684). ҚҰЛНИЯЗ С.С., АРЫСТАН И.Д., АСАН С.Ю., СКОРЯКИН А.А. **Қияқұламалы конвейерлерден құрастырылған үзілмелі-толассыз технологиялық кешеннің бейімделу жағдайлары.**

Кен массаны қияқұламалы конвейерлі таспалармен тасымалдаудағы қолданатын конвейерлердің құрылмалық түбегейлі айырмашылығы 18°-тан жоғары бұрышта тасымалданатын жүкті төменге қарай жылжып кетпеуден сақтау. Есептеулерде қияқұламалы конвейерлі таспалардың бірнеше түрлері үлгі ретінде алынған. Техника-экономикалық көрсеткіштері бойынша беті кедір-бұдырланған екінобайлы конвейер ең тиімді. Зерттеу жұмыстардың жалғасында екінобайлық қияқұламалы конвейерлі таспа қаралды. Есептеулер бойынша, конвейерлі көтергінің орнату бұрышы жоғарылауына байланысты негізгі техника-экономикалық көрсеткіштерінің өзгергені не бәсеңдеп азайғаны байқалды. Құрылыс және тау-кен дайындау жұмыстар көлемін және қаражат шығынының шамасын азайту үшін басты конвейер орналасатын орды, қия бұрыш бойынша, яғни енісі 40°-қа тең үңгіленуін ұсынамыз және есептеулер арқылы пайда болған шамаларды салыстырсақ қияқұлама ордың көлемі төрт есе кем, диагональ бойынша орналасатын ордың көлемінен, сондықтан уақыт және шығын жағынан қарағанда да бұл орды үңгілеу оңтайлы болады. Сонымен қияқұламалы конвейерлерді кен массаны көтеру биіктігі 200 м-ден жоғары болғанда және карьердің жылдық өнімділігі 10 млн т/жыл тең не жоғары болғанда қолдануға тиімді.

ӨЖ 622.28. БЕЙСЕМБАЕВ К.М., ЖЕТЕСОВ С.С., АБДУГАЛИЕВА Г.Б. **Қазу қондырғысы.**

Көмірді адамның қатысуынсыз алу қарастырылады. Көмірді жер астында өндірудің технологиялық процестерінің жаңа бағыттарын және техникалық құралдарын зерттеу негізделген. Көмірді гравитация күштерін пайдаланып жер астында өндірудің технологиялық процестері әзірленген және негізделген. Қуақазды механикаландырылған бекітпе реакциясы есепке алынып, тазарту қазбасының айналасындағы массивтің кернеулі-деформацияланған күйін қолдану әдісі емес әзірленген. Олардың жұмыс істеу тиімділігінің жоғарылауын қамтамасыз ететін, ұсынылатын технологиялық машиналардың параметрлері әзірленген және негізделген. Өндірілетін көмір сұрыптылығының ұлғаюын қамтамасыз ететін арнайы қуақазды механикаландырылған бекітпелер әзірленген және негізделген.

ӨЖ 539.3:534.1. БӘКИРОВ Ж.Б., АЙТМУКАНОВА П.М., ШАЛБАЕВ Қ.Ш. **Сақиналы тілімшелердің тұрақтылығы есебінің бір дәл шешімі туралы.**

Контурлар пропорционал радиалды жүктелгенде сақиналы тілімшелердің тұрақтылығы

considered for stressed-and-strained state of rock masses.

UDC 622.271: (622.682+622.684). KULNIYAZ S.S., ARYSTAN I.D., ASAN S.Yu., SKORYAKIN A.A. **Conditions of Using Cyclic-Line Technological Complex Formed of Steeply Dipping Conveyers.**

A great difference between conveyers used in transporting mining mass by steeply dipping belts is in not permitting the transported bulk slipping down at the angle larger than 18°. In calculations as a sample there were obtained some types of steeply dipping conveyer belts. By the technical-and-economical characteristics the most efficient appeared to be a two-scheme conveyer with rough surface. In the process of studies there was considered a two-scheme steeply dipping conveyer belt. It was noticed in calculations that the technical-and-economical characteristics didn't change with increasing the angle of the conveyer setting. There was suggested to drift a working where there was located the main conveyer on the inclination angle 40°, for decreasing the amount of construction and mining preparatory work. If we compare the dimensions obtained by calculations, the volume of steeply dipping working will be four times less than that of the working located diagonally, that's why this working drifting will be optimal in time and costs. Besides, steeply dipping conveyers will be efficiently used with mining mass rising over 200 m and mine productivity equal to or larger than 10 mln. tons a year.

UDC 622.28. BEISEMBAYEV K.M., ZHETESOV S.S., ABDUGALIYEVA G.B. **Mining Set.**

There is considered coal mass mining; substantiated the studies of new trends of technological processes and technical means of underground mining. There are developed and substantiated technological processes of underground coal mining using gravitation forces. There is realized the methodology of using stressed-and-strained state of the mass around the stopping working taking into account the powered support. There are developed and substantiated the parameters of the suggested technological machines ensuring their operation efficiency, as well as special shaft powered supports ensuring increasing mined coal grade. There is developed the system of ensuring safe operation and revealed its basic structural schemes.

UDC 9.3:534.1. BAKIROV Zh.B., AITMUKANOVA P.M., SHALBAYEV K.Sh. **Of One Accurate Solution of Annular Plates Stability Problem.**

There has been considered the problem of annular plates stability with proportional radial

радиальном нагружении контуров. Для решения задачи осуществлен переход к логарифмическим координатам и новой функции прогиба в радиальном направлении. Это позволило свести к основному уравнению устойчивости к обыкновенному дифференциальному уравнению с постоянными коэффициентами, имеющему точное решение. Получено точное решение задачи как при сжимающих, так и при растягивающих силах. Для различных вариантов опирания контуров приведены характеристические уравнения для определения критического параметра нагрузки и численные результаты.

УДК 624.131.7. МУЗДЫБАЕВА Т.К., МУЗДЫБАЕВ Е.К. **Анализ экспериментальных данных статической нагрузки основания из двух слоев грунта.**

Инженерная деятельность связана с верхними слоями земной коры, т.е. грунтовым массивом, служащим основанием или средой различных сооружений. Взаимодействие сооружений с грунтовым массивом носит сложный и пространственно-временной характер. Достоверность и точность количественной оценки такого взаимодействия во многом определяет безопасность и нормальные условия эксплуатации возводимых на них сооружений на заданный период времени. Мерой количественной оценки взаимодействия сооружений с массивом грунта является характеристика напряженно-деформированного состояния (НДС) или компоненты напряжений и деформации, возникающие в грунте и подземных конструкциях сооружения. Цель исследования – прогнозирование НДС массивов грунтов, определение параметров модели для использования в расчетах НДС численными методами.

УДК 338.22. ТАЖИБЕКОВА К.Б., ВИНС Е.С. **Сравнительный анализ газоочистных установок по показателям эффективности и экономичности.**

Рассмотрены основные теоретические проблемы вложения средств в развитие производства и сущность экономической эффективности. Инвестиционный проект сопровождается также описанием последовательно выполняемых на практике действий по срокам осуществления инвестиций. Сделан сравнительный анализ существующих установок по очистке технологических газов и методов очистки газов, показывающий неоспоримое преимущество установки А. В. Борисенко. Установлено, что технологии, положенные в ее основу, могут эффективно использоваться не только для очистки промышленных дымовых газов, но и для получения новых материалов и возобновляемых топливно-энергетических ресурсов. Реализация государственного проекта «Внедрение газоочистных установок в Республике Казахстан» носит экономическую и социальную направленность. 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. Экономический эффект заключается в резком снижении выбросов в атмосферу парниковых газов – диоксида и оксида углерода, а также пылевых (дымовых) загрязнений.

УДК 621.01.531.3. БАКИРОВ Ж.Б., ТАНИРБЕРГЕНОВА А.А., ЗЯЛАЕВ С.К. **Проектирование элементов конструкций с предварительно устроенной надежностью.**

туралы есеп қарастырылған. Есепті шешу үшін логарифмдік координаталарға және радиалды бағыттағы иілістің жаңа функциясына өту жүзеге асырылған. Бұл негізгі тұрақтылық теңдеуін дәл шешімді тұрақты коэффициенттері бар кәдімгі дифференциалдық теңдеуге келтіруге мүмкіндік береді. Қысушы да, созушы да күштер болғандағы есептің дәл шешімі алынған. Контурларды тіреудің әртүрлі нұсқалары үшін жүктеменің сындарлы нұсқаларын және сандық нәтижелерді анықтауға арналған сипаттамалық теңдеулер келтірілген.

ӨЖ 624.131.7. МУЗДЫБАЕВА Т.К., МУЗДЫБАЕВ Е.К. **Грунтың екі қабатынан тұратын негіздің статикалық жүктемесінің эксперименттік деректерін талдау.**

Инженерлік қызмет жер қыртысының жоғарғы қабатымен, яғни әртүрлі ғимараттардың негізі немесе ортасы болатын грунттық массивпен байланысқан. Ғимараттардың грунттық массивпен өзара әрекеттесуі күрделі және кеңістік-уақыттық сипатта болады. Мұндай өзара әрекеттесуді сандық бағалаудың дұрыстығы және дәлдігі көбінесе берілген уақыт кезеңінде тұрғызылатын ғимараттарды пайдаланудың қауіпсіздігін және қалыпты шарттарын анықтайды. Ғимараттардың грунт массивімен өзара әрекеттесуін сандық бағалау шамасы кернеулі-деформацияланған күйдің (ҚДК) сипаттамасы немесе грунтта және ғимараттың жер асты конструкцияларында пайда болатын кернеулер мен деформациялар компоненттері болып табылады. Зерттеу мақсаты – бұл грунттар массивтерінің ҚДК болжау, сандық әдістермен есептеулерде ҚДК пайдалану үшін модель параметрлерін анықтау.

ӨЖ 338.22. ТӘЖИБЕКОВА К.Б., ВИНС Е.С. **Газды тазарту қондырғыларын тиімділік және үнемділік көрсеткіштері бойынша салыстырмалы талдау.**

Өндірісті дамытуға қаржылар салудың негізгі теориялық проблемалары және экономикалық тиімділіктің мәні қарастырылған. Инвестициялық жоба сондай-ақ практикада жүйелі орындалатын инвестицияларды жүзеге асыру мерзімдері бойынша іс-әрекеттердің сипаттамасымен жалғасады. А.В. Борисенко қондырғысының даусыз артықшылығын көрсететін газдарды тазарту әдістерін және технологиялық газдарды тазарту бойынша қолданылатын қондырғыларды салыстырмалы талдау жасалған. Оның негізіне салынған технологиялардың өнеркәсіптік түтін газдарды тазарту үшін ғана емес, сонымен бірге жаңа материалдарды және жаңартылатын отын-энергетикалық ресурстарды алу үшін тиімді пайдаланылуы мүмкін екендігі анықталған. «Қазақстан Республикасында газды тазарту қондырғыларын ендіру» мемлекеттік жобасын іске асыру экономикалық және әлеуметтік сипатта болады. Әлеуметтік-экономикалық эффект сәйкесінде отындағы қажеттілік азайтылып, жағылған көміртектің едәуір бөлігін жоғары калориялы және таза отын ретінде энергетикалық циклге қайтарудан тұрады. Экономикалық эффект көшет-хана газдарының – көміртегі диоксиді мен оксидінің, сондай-ақ тозандық (түтіндік) ластандың атмосфераға лақтырыларының күрт төмендеуінен тұрады.

ӨЖ 621.01.531.3. БАКИРОВ Ж.Б., ТӘНИРБЕРГЕНОВА А.А., ЗЯЛАЕВ С.К. **Берілген сенімділікті конструкция элементтерін жобалау.** Мақалада есептеу әдістемесі келтірілген, ол

loading of the contours. To solve the problem there has been made a transition to logarithmic coordinates and new function of flexion in the radial direction. This permitted to reduce the main equation of stability to the normal differential equation with constant coefficients possessing an accurate solution. There has been obtained an accurate solution of the problem both for compressing and extending forces. For different variants of the contours supporting there are presented characteristic equations for determining a critical parameter of loading and numerical results.

УДК 624.131.7. МУЗДЫБАЕВА Т.К., МУЗДЫБАЕВ Е.К. **Analyzing Experimental Data of Static Loading of Two-Layer Ground Base.**

Engineering activities are connected with the top layers of the earth crust, i.e. ground mass serving a base for different structures. The structures interaction with the ground mass has a complicated and space-and-time character. The validity and accuracy of the quantitative estimate of such an interaction defines the safety and normal conditions of working structures erected on them. The measure of the quantitative estimate of the structures interacting with the ground mass is the characteristic of stressed-and-strained state (SSS) or the components of stresses and strains occurring in the ground and underground structures. The purpose of the study is predicting SSS of the ground masses, determining the model parameters for using in SSS calculations by numerical methods.

UDC 338.22. TAZHIBEKOVA K.B., VINS Ye.S. **Comparative Analysis of Gas-Purifying Sets By Efficiency and Economy Characteristics.**

There are considered the main theoretical problems of investing in the development of production and the essence of the efficiency. The investment project is accompanied by the description of the consequently performed in practice actions by the terms of investments carrying out. There has been made a comparative analysis of the existing sets for gas-purifying and methods showing the obvious advantages of A.V. Borisenko set. It was established that the technologies it is based on, can be efficiently used not only for industrial gas purification but also for obtaining new materials and renewable fuel-and-power sources. Realizing the state project "Introducing gas-purifying sets in the Republic of Kazakhstan" has an economic and social character. Its social-economical effect is in returning in the power cycle a significant part of the burnt carbon as high-calorie and pure fuel with the corresponding decrease of demand for fuel. The efficiency of the project is in sharp decrease of outbursts in the atmosphere of greenhouse gases, i.e. carbon dioxide and oxide, as well as dust (fume) pollutions.

UDC 621.01.531.3. BAKIROV Zh.B., TANIRBERGENOVA A.A., ZYALAYEV S.K. **Designing Structural Elements with Preset Reliability.** There is presented a methodology of calculating

Приведена методика расчета, по которой требуемая надежность заранее закладывается в проектируемую конструкцию. Главной задачей расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при случайных воздействиях является определение ее надежности и сравнение с нормативной. Для этого геометрические параметры конструкций должны быть определены из условия равенства ее надежности заданному значению. Надежность конструкций будем трактовать как вероятность ее безотказной работы. Она базируется на применении основных положений теории вероятностей к расчетам по предельному состоянию.

УДК 621.316.9. БРЕЙДО И.В., СМАГУЛОВА К.К., ИСКАКОВ У.К. **Выбор интегральных критериев работы системы аппарата защиты от токов утечек.**

Описаны системы, работающие на амплитудных критериях, выявлены их существенные недостатки. Основным недостатком является нечувствительность к гармоническим изменениям напряжения контролируемой сети. Разработаны модель сети с изолированной нейтралью и устройства формирования линейных интегральных и квадратичных интегральных критериев. Так как линейные интегральные оценки применяются для монотонных динамических систем, подобные критерии могут быть эффективны при линейном и ступенчатом характере изменения напряжения. Квадратичные интегральные оценки применяются для колебательных систем. Эти критерии могут быть эффективны при гармоническом характере изменения напряжения. Проведены имитационные эксперименты для фиксации значений выбранных критериев при различных изменениях напряжения контролируемой сети, получены результаты имитационных экспериментов. Полученные в ходе эксперимента результаты используются как основные для формирования алгоритма работы системы защиты.

УДК 621.34.001.572. ЮЩЕНКО О.А. **Зависимость натяжения от толщины полосы при термообработке в линии непрерывного горячего цинкования.**

Рассматривается зависимость усилии натяжения полосы от ее толщины при термообработке. Дана характеристика технологического процесса линии непрерывного горячего цинкования. Приводятся результаты имитационного моделирования. Проведен анализ результатов имитационного моделирования. Установлена прямо пропорциональная зависимость усилии натяжения полосы от ее толщины при термообработке. Полученные результаты позволяют оптимизировать режим работы ЛНГЦ. При этом может быть обеспечено демпфирование колебаний усилии натяжения полосы при термообработке в режиме сварки концов полос.

УДК 622.0025:621.314.632. КРИЦКИЙ А.Б., ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Автоматизированная система повышения эффективности эксплуатации электротехнических комплексов промышленных предприятий средствами дистанционного обучения персонала.**

Описываются принципы применения дистанционных технологий в образовании для построения автоматизированных систем обучения и контроля знаний технических специалистов, обслуживающих электротехнические комплексы

бойноша талап етілетін сенімділік жобаланатын конструкцияға алдын ала салынады. Кездейсоқ әсерлерде конструкциялар элементтерін беріктікке, қаттылыққа және тұрақтылыққа есептеудің басты міндеті оның сенімділігін анықтау және нормативтік сенімділікпен салыстыру болып табылады. Ол үшін конструкциялардың геометриялық параметрлері оның сенімділігінің берілген мәнге теңдігі шартынан анықталуы тиіс. Конструкциялар сенімділігі оның істен шықпай жұмыс істеуінің ықтималдығы ретінде түсіндіріледі. Ол шекті күй бойынша есептеулерге ықтималдықтар теориясының негізгі ережелерін қолдануға негізделеді.

ӨЖ 621.316.9. БРЕЙДО И.В., СМАГУЛОВА К.К., ЫСҚАҚОВ У.К. **Жылыстау токтарынан қорғау аппаратының жүйесі жұмысының интегралдық критерийлерін таңдау.**

Амплитудалық критерийлерде жұмыс істейтін жүйелер сипатталған, олардың елеулі кемшіліктері айқындалған. Бақыланатын желі кернеуінің үйлесімді өзгерістеріне сезімтал еместік негізгі кемшілік болып табылады. Оқшұланған бейтарап амалы желінің және сызықтық интегралдық және квадраттық интегралдық критерийлерді құру құрылғысының моделі әзірленген. Сызықтық интегралдық бағалар бірқалыпты динамикалық жүйелер үшін қолданылатындықтан, мұндай критерийлер кернеу өзгерісінің сызықтық және сатылы сипаты кезінде тиімді болуы мүмкін. Квадраттық интегралдық бағалар тербелмелі жүйелер үшін қолданылады. Бұл критерийлер кернеу өзгерісінің үйлесімді сипатында тиімді болуы мүмкін. Бақыланатын желі кернеуінің өзгерістері әр түрлі болғанда таңдалған критерийлер мәндерін белгілеу үшін имитациялық эксперименттер жүргізілген, имитациялық эксперименттер нәтижелері алынған. Эксперимент барысында алынған нәтижелер қорғау жүйесі жұмысының алгоритмін құру үшін негізгі нәтижелер ретінде пайдаланылады.

ӨЖ 621.34.001.572. ЮЩЕНКО О.А. **Үздіксіз ыстық мырыштау желісінде термиялық өңдеу кезінде тартылудың жолақтың қалыңдығына тәуелділігі.**

Термиялық өңдеу кезінде жолақтың тартылу күштерінің оның қалыңдығына тәуелділігі қарастырылады. Үздіксіз ыстық мырыштау желісінің технологиялық процесінің сипаттамалары берілген. Имитациялық модельдеу нәтижелері келтіріледі. Имитациялық модельдеу нәтижелерін талдау жүргізілген. Термиялық өңдеу кезінде жолақтың тартылу күшінің оның қалыңдығына тура пропорционал тәуелділігі анықталған. Алынған нәтижелер ҰИМЖ жұмыс режимін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен бірге жолақтар ұштарын дәнекерлеу режимінде термиялық өңдеу кезінде жолақтың тартылу күшінің тербелістерін демпферлеу қамтамасыз етуі мүмкін.

ӨЖ 622.0025:621.314.632. КРИЦКИЙ А.Б., ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр-техникалық кешендерін пайдалану тиімділігін персоналды қашықтан оқыту құралдарымен арттырудың автоматтандырылған жүйесі.**

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр-техникалық кешендеріне қызмет көрсететін техникалық мамандардың білімін бақылау және автоматтандырылған оқу жүйелерін құру үшін білім беру де аралық технологияларды қолдану принциптері сипатталады. «СИНЕРГИЯ» халықаралық жобасын құру

where the needed reliability is preset in the structure being designed. The main task of calculating the structure elements for strength, hardness and stability at random effects is defining its reliability and comparing it to the normative one. For this geometrical parameters of the structures are to be determined from the condition of its reliability equality to the preset value. The structures reliability is to be interpreted as a probability of its failproof operation. Its is based on using the principal issues of the theory of probability in the calculations on the limiting state.

UDC 621.316.9. BREIDO I.V., SMAGULOVA K.K., ISKAKOV U.K. **Selecting Integral Criteria of Operating System of Leakage Currents Protection Unit.**

There are described the systems operating on amplitude criteria, revealed their main disadvantages. The basic disadvantage is their insensibility to harmonic voltage changes in the controlled network. There is developed a model of the network with an insulated normal and units for forming linear integral and square integral criteria. As non-linear integral estimates are used for monotonous dynamic systems, such criteria can be efficient with linear and stepped character of voltage change. Square integral estimates are used for oscillating systems. These criteria can be efficient with harmonic character of voltage change. There have been carried out imitation experiments for fixing the values of selected criteria with different changes of the controlled network voltage, obtained the results of imitation experiments. The result are used as the basic ones for developing an algorithm of the protective system operation.

UDC 621.34.001.572. YUSHCHENKO O.A. **Tension Dependence on Strip Thickness in Thermal Processing in Continuous Hot Zincing Line.**

There is considered the dependence of the strip tension efforts on its thickness in thermal processing. There are given characteristics of the technological process of continuous hot zincing line, presented the results of imitation modeling. There has been carried out the analysis of imitation modeling results, established proportional dependence of the strip tension on its thickness in thermal processing. Here there can be provided the damping of the strip tension effort in thermal processing in the mode of welding the strips ends.

UDC 622.0025:621.314.632. KRITSKI A.B., PARSHINA G.I., FESHIN B.N. **Automated System of Increasing Efficiency of Industrial Enterprise Electro-Technical Complexes by Means of Personnel Training.**

There are described the principles of using distance technologies in education for building automated systems of training and technical specialists' knowledge control who serve electro-technical complexes of industrial enterprises. There has been used the experience of the international project "Synergy". There is presented a twofold system

промышленных предприятий. Использован опыт создания международного проекта «СИНЕРГИЯ». Представлена двуединая система автоматизированного расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт и оценки качества знаний персонала электротехнических служб угольных шахт. Система является многопараметрическим и многосвязным объектом. Характеризуется существенной неопределенностью свойств, параметров и состояний. Другими объектами, обеспечивающими эффективность управления средними дистанционного обучения, являются виртуальные тренажеры. Например, тренажеры для обучения и повышения квалификации операторов диспетчеров теплоснабжающих систем мегаполисов.

УДК 811.93(574.3). ХОРОШКИН В.К. **Использование паттерна Singleton в языках программирования C++, C#, Java.**

Создание программ является скорее искусством, нежели методикой, которую можно выучить. До того как приступить к написанию кода, необходимо тщательно изучить проблему, которую программист призван разрешить. В языках программирования существует множество вещей, облегчающих создание универсальных компонентов, однако сами по себе языки никак не могут помочь писать код эффективнее. Соблюдение хорошего стиля в программировании начинается еще до собственно создания программы. Каждый фрагмент программы или метод должен быть оценен в контексте всего проекта в целом. Многие студенты попадают в ловушки, расставленные сложным синтаксисом объектов и вообще объектной ориентацией. К счастью, применение технологий программирования позволяет облегчить разработку компьютерных программ.

УДК 358.11. ЖЕТЕСОВ С.С. **К вопросу создания устройств для обеспечения безопасности на транспорте и в общественных местах.**

Сотрудниками Военно-технической лаборатории им. Первого Президента РК разработаны устройства для обеспечения безопасности людей на транспорте и в общественных местах. Предлагается устанавливать газоанализаторы в местах общественного пользования. Необходимо подвесить на потолке в залах ожидания и регистрации аппаратуру для круглосуточной видеозаписи. Применение скрытых металлоискателей необходимо выполнить в структуре обмундирования спецназа. Вход в спецконтейнеры для выявления взрывчатых веществ и средство взрывания рекомендуется оснащать рампами. Предлагается конструкция вибрационных столов и ступенек на входе в транспортные средства с использованием вибраторов различного типа. Приводятся рекомендации конкретных мест контрольной аппаратуры. Это имеет важное значение для специалистов КНБ РК и спецназа.

тәжірибесі пайдаланылған. Көмір шахталарының өндіру учаскелерін электрмен қамтуды автоматтандырылған есептеудің және көмір шахталарының электротехникалық қызметтері персоналдың білім сапасын бағалаудың бірыңғай екі жүйесі ұсынылған. Жүйе көп параметрлі және көп байланысты объект болып табылады. Қасиеттердің, параметрлер мен күйлердің елеулі анықталмағандығымен сипатталады. Қашықтан оқыту құралдарын басқару тиімділігін қамтамасыз ететін басқа объектілер виртуальды жаттықтырғыштар болып табылады. Мысалы, мегаполистердің жылумен қамту жүйелерінің оператор-диспетчерлерін оқыту және біліктілігін жоғарылатуға арналған жаттықтырғыштар.

ӨОЖ 811.93(574.3). ХОРОШКИН В.К. **C++, C#, Java программалау тілдерінде Singleton паттернін пайдалану.**

Программалар жасау жаттап алуға болатын әдістерге қарағанда, дұрысы өнер болып табылады. Кодты жазуға кіріспес бұрын, программист шешуі тиіс болатын проблеманы мұқият зерделеуі қажет. Программалау тілдерінде универсал компоненттерді құруды жеңілдететін көптеген заттар болады, алайда тілдер өздерінде кодты тиімдірек жазуға ешбір көмектесе алмайды. Программалауда жақсы стильді сақтау программаның өзін құрғанға дейін басталады. Программаның әрбір фрагменті немесе әдіс жалпы алғанда бүкіл жұба контекстінде бағалануы тиіс. Көптеген студенттер объектілердің күрделі синтаксисімен және жалпы алғанда объектілік бағдарланумен қойылған қақпандарға түседі. Бақытына қарай, программалау технологияларын қолдану компьютерлік программаларды әзірлеуді жеңілдетуге мүмкіндік береді.

ӨОЖ 358.11. ЖЕТЕСОВ С.С. **Көліктегі және қоғамдық орындардағы қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін құрылыстарды құру мәселесіне.**

ҚР Тұңғыш Президенті атындағы Әскери-техникалық зертхананың қызметкерлері көліктің және қоғамдық орындардағы адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін құрылыстарды әзірлеген. Қоғамдық пайдалану орындарында газталдауыштарды орнату ұсынылады. Күту және тіркеу залдарында төбеге тәулік бойы бейнежазуға арналған аппаратураны іліп қою қажет. Арнайы мақсаттағы жасақтың киім-кешегі құрылымында жасырын металл іздегіштерді қолдануды орындау қажет. Жарылғыш заттарды және жару құралын айқындауға арналған арнайы контейнерлерге кіре берісті рампалармен жасақтауға кеңес беріледі. Әртүрлі типті дірілдеткіштерді пайдалану арқылы көлік құралдарына кіре берісте дірілдету үстелдері мен сатыларының конструкциясы ұсынылады. Бақылау аппаратурасының нақты орындарының ұсыныстары келтіріледі. Мұның ҚР ҰҚК мамандары және арнайы мақсаттағы жасақ үшін маңызды мәні бар.

of automated calculating production units electric supply and estimating coal mine electro-technical services specialists knowledge. The system is a multi-parameter and multi-tie object. It is characterized by a significant uncertainty of properties, characteristics, parameters and states. The other objects ensuring the efficiency of controlling the means of distance learning are virtual trainers, for example, trainers for training and improving qualification of operators-dispatchers of megapolises heat supplying systems.

УДК 811.93(574.3). ХОРОШКИН В.К. **Using Pattern of Singleton in Programming Languages C++, C#, Java.**

Developing programs is rather an art than a methodology which can be learnt. Before starting writing a code it's necessary to study the problem to be solved. In programming languages there exist a lot of things that simplify developing universal components, however the languages themselves cannot help to write a code more efficiently. Observing a good style in programming begins still before the program developing. Each fragment of the program or a method must be evaluated in the context of the project on the whole. A lot of students turn out in a trap of the complicated syntax of the objects and of the object orientation in general. Fortunately, using programming technologies permits to simplify computer programs developing.

UDC 358.11. ZHETESOV S.S. **To Issue of Developing Units for Providing Safety in Transport and in Public Places.**

The workers of the RK First President Military-technical laboratory developed units for providing people's safety in transport, and in public places. There is suggested to mount gas-analyzers in public places. It's necessary to hang to the ceiling in waiting and registering rooms the equipment for the daily video-recording. Secret metal-searchers must be made in special mission units uniform; the entrance to special containers for revealing explosives is recommended to equip with footlights. There is suggested a version of vibration tables and stairs at the entrance to the transport vehicles using different types of vibrators. There are given recommendations for special places of control units. This is of great importance for specialists of the RK CNS and special mission units.

*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. 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. №1. 96 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	30.03.2011	Подписано в печать
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	12,0	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	121	Заказ
Индексі	74379	Индекс
Келісімді баға		Цена договорная

Е-mail редакция: rio\_kstu@mail.ru

Отпечатано в типографии Карагандинского государственного технического университета  
100027, г. Караганда, б. Мира, 56.