республикалық ❖ *журнал* ❖ *республиканский*

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ
ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

❖ 4 (61) 2015

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

❖

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

Журнал Қазақстан Республикасының Инвестициялар және даму министрлігінің жанындағы Байланыс, ақпараттандыру және ақпарат комитетінде тіркелген (тіркеу куәлігі № 15375–ж 27.05.2015 ж.)

Журнал зарегистрирован в Комитете связи, информатизации и информации при Министерстве по инвестициям и развитию Республики Казахстан (регистрационное свидетельство № 15375–ж от 27.05.2015 г.)

МЕНШІК ИЕСІ

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті» шаруашылық жүргізу құқығы негізіндегі Республикалық мемлекеттік кәсіпорны (Қарағанды қаласы)

СОБСТВЕННИК

Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «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)*
Исагулов А.З.	*первый проректор, академик МАИН, КазНАЕН, АН ВШК, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя)*
Фешин Б.Н.	*профессор кафедры автоматизации производственных процессов, академик МАИН, д-р техн. наук, проф. (ответственный секретарь)*
Ахметжанов Б.А.	*зав. кафедрой экономики предприятия, академик МЭАЕ, д-р экон. наук, проф.*
Байджанов Д.О.	*и.о. декана архитектурно-строительного факультета, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
Брейдо И.В.	*зав. кафедрой автоматизации производственных процессов, академик МАИН, академик КНАЕН, д-р техн. наук, проф.*
Выжва С.А.	*проректор по научной работе, зав. кафедрой геофизики КНУ им. Т. Шевченко, д-р геол. наук, проф.*
Дрижд Н.А.	*профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, д-р техн. наук, проф.*
Егоров В.В.	*проректор по учебной и методической работе, академик МАИН, КазНАЕН, РАПО, д-р пед. наук, проф.*
Ермолов П.В.	*зав. лабораторией ИПКОН, академик НАН РК, д-р геол.-минер. наук, проф.*
Жетесова Г.С.	*зав. кафедрой технологического оборудования, машиностроения и стандартизации, д-р техн. наук, проф.*
Кошебаева Г.К.	*профессор кафедры менеджмента предприятия, д-р экон. наук, проф.*
Левицкий Ж.Г.	*профессор кафедры рудничной аэрологии и охраны труда, д-р техн. наук, проф.*
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.	*и.о. президента АО «Национальная компания «Казахстан гарыш сапары», академик НИА РК, МАИН, чл.-кор. АН ВШК, д-р техн. наук, проф.*
Пак Ю.Н.	*руководитель УМО-проректор, 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.	*руководитель управления послевузовского образования, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
Смирнов Ю.М.	*профессор кафедры физики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*
Тутанов С.К.	*зав. кафедрой высшей математики, академик МАИН, д-р техн. наук, проф.*

© Карагандинский государственный технический университет, 2015

100-летию со дня рождения академика А.С. Сагинова посвящается

АКАДЕМИК
ӘБІЛҚАС САҒЫНОВ

СОДЕРЖАНИЕ

ВЫДАЮЩИЙСЯ ОРГАНИЗАТОР, УЧЕНЫЙ, УЧИТЕЛЬ 8

РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ 9

ГАЗАЛИЕВ А.М., ДРИЖД Н.А., ИСАБЕК Т.К., АРЫСТАН И.Д. Этапы совершенствования горной науки и образования в период 1955-1987 гг. под руководством академика А.С. Сагинова 9

ИНТЫКОВ Т.С., КЫЗЫРОВ К.Б. Сагинов А.С. – горный инженер, ученый, общественный деятель, педагог, семьянин и Человек 14

АХМЕТЖАНОВ Б.А., МАЛЫБАЕВ С.К., ТОГАЙБАЕВ К.Б. Этапы совершенствования транспортного и экономического образования в 1955-1987 годы под руководством академика А.С. Сагинова и в настоящее время 18

КАРЕНОВ Р.С. Роль академика А.С. Сагинова в становлении и развитии экономических школ, в подготовке высококвалифицированных экономических кадров в Карагандинском политехническом институте в 1955-1987 годы 20

РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ 22

ЖЕТЕСОВА Г.С., БЕЦ М.В. Анализ современного состояния машиностроения Казахстана и перспективы развития 22

ИЛЬКУН В.И., КУНАЕВ В.А. Феноменологические модели при изучении параметров механических передач в курсе «Детали машин» 27

ИСАГУЛОВ А.З., ЖОЛДУБАЕВА Ж.Д., ИСИН Д.К., МЕХТИЕВ А.Д., ТЛЕУБЕРЛИНОВ Е.Е. Схемы процесса рафинирования металлов и сплавов фильтрованием 31

МАЗДУБАЙ А.В., ШЕРОВ К.Т., МУСАЕВ М.М., ЧЕРЕШКА А. Машинажасау өнеркәсіптеріндегі металдайындамаларды кесудің жағдайы мен мәселелері 35

РАЗДЕЛ 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 38

ЖОЛМАҒАМБЕТОВ Н.Р., МЕДЕУБАЕВ Н.Ә., ӘКІМБЕКОВА Н.Н., ЖОЛМАҒАМБЕТОВ С.Р., НАРОДХАН Д. Шаңбөлшектерінің аспирациялық жүйе ауақұбырының ішіне отырып қалу себептері 38

ВОРОБЬЕВ А.Е., ПОРТНОВ В.С., МАКАТ Д.К., САЙЛАУБЕК Н.Н., МУКАШЕВА Л.С. Особенности физико-химических свойств наноминералов железа 42

ЛАЗАРЕВА И.И. Церий в монацитах как индикатор этапности формирования редкометалльных метасоматитов и их связи с магматическими комплексами (на примере Сущано-Пержанской зоны Украинского щита) 46

БАЙДЖАНОВ Д.О., МАЛЫШЕВ О.А., ЩЕЛКУНОВ С.А., КРОПАЧЕВ П.А., ДИВАК Л.А. Технология извлечения, концентрирования и последующего применения диоксида серы из отходящих газов цементного производства 52

КУДРЯВЦЕВ С.С., ЕМЕЛИН П.В., КУДРЯВЦЕВА Е.С., ЕМЕЛИНА Н.К. Анализ причин производственного травматизма на шахтах Карагандинского угольного бассейна 55

РАЗДЕЛ 4. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ 60

ОРАЗАЛЫ Е.Е., ТОКАНОВ Д.Т., МУХАМЕДЖАНОВА А.Т. Особенности устройства оснований и фундаментов на засоленных грунтах 60

НЭМЕН В.Н., ПАСТУХОВ А.В., ГРОЗНОВ В.В., СИМ А.О., КУРОХТИНА И.А., ТОЛЕНОВ А.К. Экспериментальное исследование балок из плит OSB и MFP при действии статических нагрузок 62

ШАЙКЕЖАН А., КАЛМАГАМБЕТОВА А.Ш., ИКИШЕВА А., ИМАНОВ Е.К. К расчету вращающейся печи при обжиге безглинистого цементного сырья 67

АКАШЕВ А.З., ДАНИЯРОВ Н.А., КЕЛИСБЕКОВ А.К. О методах диагностики оборудования тягового подвижного состава 70

РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА. УПРАВЛЕНИЕ 76

ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. Разработка структуры базы данных автоматизированной системы расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт 76

ПЯСТОЛОВА И.А., ТЛЕУОВ А.Х., ТЛЕУОВА А.А. Эффективность плоского коллектора солнечной энергии в условиях Республики Казахстан 82

БРЕЙДО И.В., КАВЕРИН В.В. Экспериментальные исследования статических характеристик резонансного трансформатора 84

РЕЗЮМЕ 92

Информационное сообщение 98

Правила оформления и представления статей 99

Выявление талантливой молодежи и создание самых-самых благоприятных условий для её роста остается во все времена одной из главных задач системы образования. Лишь высокообразованные, талантливые люди способны повести общество за собой по пути гуманизма и прогресса.

А.С. Сагинов

(А.С. Сагинов в мире мудрых мыслей, 2013. С. 17.)

ВЫДАЮЩИЙСЯ ОРГАНИЗАТОР, УЧЕНЫЙ, УЧИТЕЛЬ

Абылкас Сагинович Сагинов родился в 1915 году в селе Баянаул Павлодарской области. Вся его трудовая биография связана с г. Карагандой. После окончания в 1939 году с отличием Днепропетровского горного института им. Артема, став одним из первых трех казахов инженеров-горняков, получивших высшее горное образование еще до Великой Отечественной войны, работал на шахтах начальником участка, главным инженером, директором, главным инженером комбината. С первых дней своей производственной деятельности он принимал активное участие в экспериментах по изысканию эффективной системы разработки мощного пласта «Верхняя Марианна». В 1947 году поступил в заочную аспирантуру Института горного дела АН Казахской ССР. В 1951 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук и был направлен директором Карагандинского научно-исследовательского угольного института. В этот период проявился его талант крупного организатора и ученого, сформировавшего коллектив исследователей.

В 1955 году А.С. Сагинов возглавил Карагандинский горный институт – первый в Центральном Казахстане технический ВУЗ. За 30 лет Абылкас Сагинович превратил его в мощную кузницу инженерных кадров для горнодобывающей, машиностроительной и строительной индустрии, транспорта не только Центрально-Казахстанского региона, но и всей республики. Указом Президиума Верховного Совета СССР от 18.02.1976 г. Карагандинский политехнический институт за подготовку специалистов для народного хозяйства и развитие научных исследований награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Академиком А.С. Сагиновым создана научная школа по технологии и комплексной механизации разработки месторождений полезных ископаемых, получившая широкое признание как в СССР, так и за рубежом. Научные исследования ученого обобщены в 20 монографиях, многочисленных книгах и учебных пособиях, статьях, научных докладах, изобретениях. Под научным руководством А.С. Сагинова успешно защищены 11 докторских и более 50 кандидатских диссертаций. За работу по механике горных пород А.С. Сагинову в составе авторского коллектива в 1974 г. присуждена Государственная премия Казахской ССР в области науки и техники. В 1987 г. ему в составе авторского коллектива присуждена Государственная премия как руководителю работы «Разработка теории и создание гидравлических машин ударного действия для горнодобывающих и строительных отраслей промышленности Казахской ССР».

Заслуги академика А.С. Сагинова в развитии народного хозяйства СССР и республики, высшего образования и науки отмечены шестью орденами и двенадцатью медалями. За выдающиеся заслуги в развитии высшего образования и подготовку квалифицированных специалистов в 1971 г. ему присвоено звание Героя Социалистического Труда. Указом Первого Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева в декабре 1995 г. А.С. Сагинову присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники Республики Казахстан». В 1993 г. решением Карагандинского городского Совета народных депутатов за большой вклад в области науки и техники, развитие Карагандинского угольного бассейна и подготовку кадров А.С. Сагинову присвоено звание «Почетный гражданин города Караганды». Жизнь и трудовая деятельность академика А.С. Сагинова – крупного ученого и талантливого организатора высшей школы – это пример, достойный подражания.

Сегодня он живет в нашей памяти – памяти родных, близких, коллег. С 2008 г. в КарГТУ проведен комплекс мероприятий по увековечиванию памяти академика А.С. Сагинова. Издана книга воспоминаний «Академик А.С. Сагинов: штрихи к портрету», небольшая книжка, наполненная мудростью: «А.С. Сагинов в мире мудрых мыслей», именем академика названа лучшая поточная аудитория в главном корпусе, в холле главного корпуса установлен его бюст, ежегодно проводится Международная научно-практическая конференция «Сагиновские чтения». В 2010 г. издана коллективная монография «Академик А.С. Сагинов: грани таланта», переизданная в 2013 г. Имя академика А.С. Сагинова присвоено Выставке инноваций КарГТУ.

Все достижения коллектива Университета за последние годы являются своеобразным отчетом Абылкасу Сагиновичу Сагинову – нашему Учителю, замечательные дела которого навсегда останутся в истории Республики Казахстан.

100-летию академика А.С. Сагинова посвящается

Раздел 1 | Проблемы высшей школы

УДК 378.11

Этапы совершенствования горной науки и образования в период 1955-1987 гг. под руководством академика А.С. Сагинова

А.М. ГАЗАЛИЕВ, *ректор, академик НАН РК, д.хим.н., профессор,*
Н.А. ДРИЖД, *д.т.н., профессор кафедры РМПИ,*
Т.К. ИСАБЕК, *д.т.н., профессор, зав. кафедрой РМПИ,*
И.Д. АРЫСТАН, *к.т.н., профессор кафедры РМПИ,*
Карагандинский государственный технический университет

Богата земля Казахстана, в ней скрыты все элементы таблицы Менделеева. Многочисленные месторождения ценных металлов на земле Сары-Арки были определены во многом благодаря изысканиям геологической службы республики, возглавляемой первым Президентом академии КазССР К.И. Сатпаевым. Еще в довоенные годы, и особенно в годы войны, велась довольно интенсивная разработка. Уголь Караганды, железо, марганец, свинец Карсакпая и Коунрада внесли немалый вклад в победу над фашизмом. Но мощное всестороннее развитие индустрии Центрального Казахстана и Карагандинского угольного бассейна началось в 1950-е годы, что потребовало большого количества квалифицированных кадров. По решению правительства для их подготовки в 1953 году был открыт Карагандинский горный институт, который принял 200 студентов. Ему было выделено одно небольшое здание, ректором приглашен доцент Московского горного института Ю. Нурмухамедов. Открылись 2 специальности – «Разработка месторождений полезных ископаемых» и «Горная электромеханика», профессорско-преподавательский состав насчитывал 30 человек, в том числе 8 кандидатов наук. В 1955 году ректором назначен уроженец Баян-аула, горный инженер, к.т.н. А.С. Сагинов. Перед молодым ректором была поставлена правительственная задача организовать институт для интенсивной подготовки инженерных кадров. При назначении учитывался его опыт работы на шахтах Караганды и в научно-исследовательском институте в течение 15 лет, где он вырос в крупного руководителя производства, умело совмещающего научные исследования с запросами производства.

В 1951 году А.С. Сагинов был направлен директором Карагандинского филиала Всесоюзного научно-исследовательского угольного института (ВУГИ), преобразованного под его руководством в 1952 году в Карагандинский научно-исследовательский угольный институт (КНИУИ). В этот период проявился яркий талант А.С. Сагинова как крупного организатора ученого, сформировавшего коллектив исследователей, способных решать сложные проблемы, возникшие перед шахтерами третьей угольной кочегарки. Он направил работу нового института на эффективное

решение ряда проблем Карагандинского угольного бассейна. Под его руководством институтом КНИУИ были успешно решены крупные проблемы, связанные с разработкой угольного пласта «Верхняя Марианна» и дегазацией метаноносных пластов.

Особое внимание уделялось предварительной дегазации угольных пластов, проблеме новой не только в отечественной, но и в мировой практике. Карагандинский угольный бассейн по своей газообильности превосходит известные угольные месторождения. Без технически апробированной предварительной дегазации дальнейшая разработка угольных пластов становилась крайне опасной и чрезвычайно затруднительной. При личном участии А.С. Сагинова были разработаны принципиально новые и эффективные методы предварительной дегазации, получившие в последующем широкое распространение в других угольных бассейнах.

В 1955 году А.С. Сагинов решением директивных органов назначается ректором Карагандинского горного института, преобразованного в 1958 году в политехнический институт (КарПТИ). В должности ректора он проработал в течение 33 лет, одновременно заведуя кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых.

История становления и развития Карагандинского горного (политехнического) института неразрывно связана с личностью А.С. Сагинова, выдающегося организатора высшей школы и науки, который за неполные четверть века создал мощный многопрофильный государственный технический институт, превратив его в центр подготовки инженерных и научных кадров для республики и признанный далеко за ее пределами.

На посту ректора наиболее ярко проявились его организаторский талант, широкий кругозор, удивительная работоспособность, незаурядные дипломатические, педагогические и психологические качества. Молодому ректору приходилось заниматься множеством одинаково важных проблем, таких как:

- формирование профессорско-преподавательского состава;
- создание материально-технической базы;
- организация учебно-методической и научной работы.

Безусловно, в первую очередь стояла задача обеспечения учебного процесса квалифицированными кадрами. Для увеличения численности и качества преподавателей ректор избрал два пути.

Во-первых, привлечение профессоров и доцентов из признанных учебных центров Москвы, Ленинграда, Днепропетровска, Свердловска, Новосибирска, которых ставил на руководящие должности для организации учебного и научного процесса в институте, передачи наработанного опыта молодым кадрам. Также привлекались опытные производственники, обучающие студентов практическим знаниям и навыкам.

Во-вторых, подготовка собственных кадров через целевую аспирантуру. Благодаря заботам и настойчивости ректора, ежегодно в аспирантуру центральных ВУЗов направлялись десятки человек. Помимо этого, лучших абитуриентов посылали на учебу в крупные ВУЗы России и Украины, которые затем возвращались на работу в родной институт уже остепененными.

А.С. Сагинов – достойный представитель той эпохи – интернационалист и большой труженик, человек высоких моральных качеств. В те политически не простые годы он пригласил на работу опальных для власти первого профессора математики, казаха А.Е. Ермекова и известного российского ученого А.Л. Чижевского. Это был по сути гражданский подвиг во имя справедливости, науки и образования. Их интереснейшие лекции и беседы со студентами и молодыми учеными пользовались огромным вниманием молодых, служили примером профессионализма и высокой культуры. Постепенно шел процесс укомплектования ВУЗа специалистами, имеющими ученые звания и степени. Абылкас Сагинович Сагинов находил индивидуальный подход к каждому, под его руководством работали русские, казахи, евреи, немцы, корейцы, татары. Для всех у него была одна мерка – деловые качества, которые умело использовались для общей большой цели – становления высшего образования и науки в целом по региону и, в частности, в Карагандинском политехническом институте. Из наиболее способных он формировал себе единомышленников, которые коллективно помогали ему в решении постоянно возникающих нелегких проблем. Уже в 1958 г. состоялся первый выпуск горных инженеров и механиков, ставших впоследствии крупными учеными и производственниками: профессора: А.Н. Данияров, И.А. Янцен, Р.Ш. Ходжаев, П.П. Палев, руководители угольных предприятий: И.В. Грязнов, В.П. Топилин, И.Г. Волочаев и др., которые также подключились к выполнению учебной и научной работы. В результате уже в 1970-е гг. в институте работало около 600 преподавателей и обучалось более 9000 студентов.

Созданию материально-технической базы института помогала вся страна, и на уровне Совета Министров, Госплана СССР и КазССР. Правительством были приняты специальные постановления, где предусматривалось через Министерство угольной промышленности СССР финансирование строительства для Карагандинского горного института за 1955-57 гг. учебного здания объемом 90 тыс. куб. м., студенческих общежитий на 1200 человек и жилого дома для профессорско-преподавательского состава на 48 квартир. Много упорства и сил ректора ушло на неоднократные обращения и хождения во все инстанции, вплоть до ЦК КПСС, чтобы вопрос был решен положительно. В адрес института стали непрерывно прибывать строительные грузы огромными партиями. Требовалось их принять и освоить, недостающие материалы и средства приходилось выбивать различными способами. Часто ректор обращался в правительственные органы по вопросу увеличения ассигнований и принятия мер по ускорению строительства. Он добился того, что темпы строительства были в три раза быстрее нормативных. Все это требовало колоссальных физических и психологических затрат, но целеустремленность и воля ректора принесли свои плоды. Он использовал подрядный и хозяйственный способы строительства, сумел заинтересовать и привлечь к строительству студентов, и молодежь поддержала его.

Если в 1955 г. институт имел единственный небольшой корпус, то в результате титанических усилий коллектива уже к 1980-м годам был выстроен целый комплекс зданий КарГТУ: учебные корпуса, спортивные залы, студенческая поликлиника, профилакторий, столовая, семь корпусов общежитий, из них два 9-этажных блока. Для профессорско-преподавательского состава были выстроены специальные жилые дома, помимо этого десятки преподавателей получили квартиры из городского жилого фонда. Были переоборудованы зона отдыха для преподавателей, сотрудников и студентов в живописном районе Каркаралинска, построена спортивная база в Топаре. Таким образом, проблема производственных и жилых площадей к 1975 году была закрыта полностью.

Одновременно со строительством рабочих площадей комплектовалась учебно-материальная база. По просьбам института присылались коллекции минералов, химические реактивы, учебники из старейших ВУЗов страны. Очень большое внимание уделялось организации учебной библиотеки, расширялась выписываемая номенклатура специальных периодических изданий, оборудовались рабочие читальные залы. Созданная в 1953 г. библиотека с фондом 5000 экземпляров постоянно пополнялась новыми изданиями. Сегодня библиотечный фонд включает свыше 1,5 млн экземпляров технической и общественной литературы на 5 языках, занимает значительные площади приспособленных помещений. Библиотека КарГТУ неоднократно выходила победителем всесоюзного смотра библиотек.

За счет министерского фонда и средств, полученных в результате заключения хоздоговоров с предприятиями, закупались лабораторное оборудование и приборы, что позволило открыть ряд научно-исследовательских, учебных и проблемных лабораторий, проектно-конструкторских бюро. Совершенствовалась, используя полезный опыт головных ВУЗов страны, собственная учебно-методическая база, стимулировалось написание трудов, издававшихся собственными печатными средствами.

В учебном процессе ректор внимательно следил за его оснащением современными техническими средствами, учебной и научно-технической литературой. Подразделения учебной части и канцелярская служба работали без сбоев. Созданная рабочая атмосфера, дисциплина, связь с наукой и производством, квалифицированные педагогические кадры обеспечивали высокий уровень подготовки инженерных кадров, востребованных на производстве. Преподаватели повышали свою квалификацию через научные и производственные стажировки либо на факультетах повышения квалификации крупных вузов СССР. Для этих целей в бюджете института предусматривались специальные средства. Зачастую для чтений лекций, обмена опытом приглашались известные деятели науки и производства из других регионов страны и зарубежья.

Росли и крепли международные связи политехнического института. Участвуя в межвузовских совещаниях, посещая в составе правительственной делегации вузы Канады, Австрии, социалистических стран, А.С. Сагинов намечал новые перспективные направления развития высшего образования, затем внедрял их в институте. Его конструктивные советы по совершенствованию учебного процесса и повышению качества подготовки специалистов за счет использования сквозных программ, подготовки проблемного обучения и повсеместного использования технических средств были весьма своевременны.

Подготовленный кадровый и учебно-методический потенциал института позволил расширить сферу подготовки инженеров. Открываются вечерняя и заочная формы обучения, филиалы института в Темиртау, Балхаше, Жезказгане, Экибастузе, Кокшетау, Петропавловске. Головной институт и сам ректор принимали активное участие в формировании материально-технической базы филиалов, обеспечивали учебный процесс педагогическими кадрами. Системой вечернего и заочного образования был охвачен большой регион, включающий Карагандинскую, Целиноградскую, Жезказганскую, Кокшетаускую и Северо-Казахстанскую области. Это позволило увеличить прием и выпуск инженеров для различных отраслей промышленности. Впоследствии на базе этих филиалов были открыты самостоятельные вузы.

Система дальнейшей подготовки высококвалифицированных преподавательских и инженерных кадров требовала развития научной базы вуза. А.С. Сагинов, значительное время возглавлявший первый в регионе Карагандинский научно-исследовательский угольный институт (КНИУИ), занимался проблемами совершенствования добычи угля. В вузе развернулись научные исследования по горному делу, и уже к 1965 г. объем выполняемых хозяйственных договоров достиг 500 тыс. рублей. Работы велись под руководством Абылкаса Сагиновича Сагинова и других крупных ученых.

Появилась новая тематика научно-исследовательских работ за счет отраслей металлургии, экологии, строительства, экономики. Институтом были заключены договоры о научно-техническом сотрудничестве с ведущими промышленными предприятиями – комбинатом «Карагандауголь», Балхашским, Жезказганским, Карагандинским металлургическими заводами, с некоторыми объектами и почтовыми ящиками России.

Финансирование научно-исследовательских работ в зависимости от их значимости и направленности осуществлялось из бюджета Министерства высшего и среднеспециального образования КазССР, отраслевых министерств, средств от заключенных с предприятиями хоздоговоров.

В институте были созданы 30 научно-исследовательских лабораторий, специальная научно-исследовательская часть (НИЧ) для координации их деятельности. Научные работы велись практически на всех кафедрах и факультетах. Ежегодный объем работ, выполняемых институтом, достиг 9 млн рублей. Результаты совместных научных исследований ученых и производственников внедрялись в производство, способствуя повышению производительности труда, экономический эффект от внедрения разработок превысил 250%. КарПТИ становится крупным центром, развивающим науку на производственной базе, что

явилось настоящей интеграцией науки и высшего образования в производство. Как никогда работал интеграционный процесс слияния решающих факторов технического прогресса, выстраивающийся во взаимосвязанную цепь: «Образование – наука – производство». В научной работе принимали участие сотрудники, преподаватели, студенты. Исследования оформлялись в виде тематических отчетов, на базе которых были написаны кандидатские и докторские диссертации. В институте были открыты очная и заочная аспирантуры (1960-е годы), специализированные Ученые советы по защите кандидатских (1966 г.) и докторских (1993 г.) диссертаций. Сюда потянулись аспиранты и докторанты с производства и с других регионов Казахстана. С развитием институтской науки была полностью решена проблема подготовки научных и преподавательских кадров. Появилась возможность заинтересовать студентов конкретными достижениями науки, привлекая их к работе в студенческих научных кружках (СНО). Так молодежи прививались навыки непрерывного обучения и совершенствование знаний на протяжении всей производственной деятельности.

А.С. Сагинов показывал пример целеустремленности в научной деятельности, в результате чего его многолетняя плодотворная инженерная деятельность получила высокую оценку Ученого Совета Московского горного института, который в 1967 году единогласно присудил ему ученую степень доктора технических наук по итогам защиты диссертации по теме «Исследование и совершенствование методов подземной разработки угольных пластов Карагандинского бассейна».

Ректором ежегодно утверждались графики защиты докторских диссертаций. А.С. Сагинов проводил в этом плане целенаправленную работу с Учеными советами институтов России, Украины, Казахстана. Многие кандидаты наук, доценты проходили докторантуру в академических институтах.

В 1966 году под руководством А.С. Сагинова был создан объединенный Ученый совет политехнического института по защите кандидатских диссертаций по горным и металлургическим специальностям.

Впоследствии Совет был преобразован в Совет по защите докторских диссертаций по горным специальностям, что подтверждает возросший научный потенциал региона. За период работы А.С. Сагинова ректором защитили докторские и кандидатские диссертации по разным отраслям науки свыше четырехсот сотрудников.

За эти годы было издано более 500 монографий, получено более 1300 авторских свидетельств и патентов, написаны многочисленные научные статьи, защищено 87 докторских и 523 кандидатских диссертаций.

Карагандинский политехнический институт становился по всем показателям одним из ведущих вузов страны. Подтверждением этому служит 20 правительственных наград института, особое место среди которых занимают следующие: в 1978 году, к 25-летию создания институт награжден орденом Трудового Красного Знамени за подготовку специалистов, а ректор, академик А.С. Сагинов удостоен звания Героя Социалистического Труда; в 1980 году по итогам социалистического соревнования 870-ти вузов СССР победителями названы старейший МГУ им. М.В. Ломоносова и Карагандинский политехнический институт с биографией в неполных 30 лет.

Была создана научная школа по подземной разработке угольных месторождений, получившая известность в СССР и за его пределами. Научные достижения этой школы докладывались на международных конференциях и симпозиумах в США, странах Европы и Китая. Основательный специалист горного дела и крупный ученый, А.С. Сагинов более полувека занимался проблемами эффективной технологии выемки угля и интенсификации подготовительных работ, исследованиями механики горных пород. В 1970 году был избран академиком АН Казахстана. По инициативе А.С. Сагинова в 1983 году было образовано Центрально-Казахстанское отделение наук, объединившее ученых области для совместного научного исследования в регионе и внедрения их в производство.

Пристальное внимание уделял ректор воспитательной работе среди студентов и в коллективе. В этом плане работу вели партком, комитет комсомола, студенческое самоуправление. Был организован институт кураторов, который планировал и контролировал выполнение плана воспитания студентов в духе гражданской ответственности, патриотизма, формировал культурно-социальную и общественную активную жизненную позицию.

Трудовую закалку студенты проходили в студенческих отрядах. Ежегодно формировались строительные, сельскохозяйственные, механизированные отряды для работы на селе, строительстве и ремонте своих и городских объектов. Общий труд в коллективе, совместные достижения и неудачи, наглядные результаты личного труда и благодарность граждан сплачивали коллектив. В те годы студенты «Политеха», которых часто посещали ректор и руководство института, построили около 1000 производственных и культурно-бытовых объектов. Базы отдыха и спорта в Каркаралинске и Топаре были возведены исключительно строительными отрядами, до сих пор на зданиях Каркаралинского дома отдыха сохранились автографы студенческих групп тех лет. Многим строительным отрядам был присвоен знак качества, 18 раз ССО «Политехник» был признан лучшим отрядом области и завоевывал переходящее Красное знамя.

Абылкас Сагинович Сагинов, направляя весь учебно-воспитательный процесс на формирование талантливой молодежи, воспитывал в них уважение к учебе и науке. Молодежь понимала глубину личности ректора, уважала и ждала встреч с ним. Его пример деловитости и трудолюбия, воспитанности, профессионализма, энергии давал заряд на многие годы и студентам, и молодым коллегам. Его мудрые советы, безошибочная научная интуиция помогли им при выборе жизненного пути. Многие из них стали общественными деятелями, учеными и производственниками, успешно работающими в различных сферах.

Мощное развитие вуз получает с 1956 г., которое происходит на глазах нашего поколения. Многие из нас выросли в послевоенные годы. Отцы и деды были

на фронте, женщины сутками заняты тяжелым физическим трудом. Дети в полной мере познали и голод, и холод, и болезни, многих потеряли в те годы, как потом горько шутили выжившие: мы прошли «естественный отбор». В этих тяжелых условиях дети познавали мир через учебники, школу – единственное светлое пятно в той жизни. До сих пор вспоминаем тех учителей и мудрых аксакалов, давших нам начальные знания и понятия о жизни. Но постепенно жизнь налаживалась, мы подрастали и задумывались о будущем, связывая его с получением дальнейшего образования. В 1950-е годы стали появляться специалисты-горняки в красивой форме, уверенные, обеспеченные. Они послужили нам примером, одним из них был и А.С. Сагинов. Мы стали студентами-горняками, закончили учебу, пошли на шахту, занимались научными исследованиями и экспериментами, защищали диссертации и пришли в КарГТУ, где работаем по настоящее время.

На глазах наших современников и вместе с нами рос, расширялся и преображался наш вуз. Вдохновителем и организатором всех этих преобразований был выдающийся руководитель, сочетавший глубокие знания и великолепные организаторские способности, идущие в ногу со временем и даже опережающие его. Нам посчастливилось работать на возглавляемой им кафедре «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ), где под руководством А.С. Сагинова сложился дружный научный коллектив, состоящий из его коллег и соратников, известных ученых: С.С. Квона, А.Н. Дрижда, Ю.А. Векслера, Б.Т. Беркалиева и др. При огромной загруженности делами вуза он руководил кафедрой, определяя её научную направленность и педагогическую деятельность. Мы знали его и как знаменитого ректора, и как старшего научного коллегу, и как умного, мудрого наставника. Нас поражали его энциклопедические знания, высокий интеллект, масштабы мышления, умение быстро оценивать различные ситуации и разбираться в людях. Он свободно выражал свои мысли на двух языках, кратко, ёмко, не терпел пустословия и бахвальства. В нем сочетались требовательность, даже суровость, с интеллигентными способами выражения. Он никогда не повышал голоса, уважал достоинство человека, но умел деликатно указать на недостатки в работе. Статный, внешне степенный, с острым взглядом и чувствующейся природной энергетикой и деловитостью, он всегда внушал уважение к себе. За все годы мы никогда не слышали шуток, нелицеприятных высказываний о нем, как зачастую происходит с руководителями такого ранга. Искреннее уважение, граничащее с восхищением. Подтверждением этому служит случай: одному из нас в коридоре института встречается один крупный ученый, заведующий кафедрой, солидный доктор технических наук, одетый наряднее обычного и одухотворенный. На шутливый вопрос – по какому случаю «маскарад»? – он ответил вполне серьезно, что идет на прием к ректору! Это глубочайшее уважение к А.С. Сагинову как к ученому, ректору, глубоко неординарной личности сохраняется у всех его современников.

Он организовал практически на голом месте крупнейший в республике политехнический институт, центр науки в Центральном Казахстане, приблизил его к производству; создал целые школы научных направлений, подготовил сотни научных работников и обеспечил выпуск тысяч специалистов высокой квалификации и различного профиля.

За период научно-педагогической деятельности, бессменно находясь на посту ректора и заведующего кафедрой, А.С. Сагинов внес значительный вклад в технический прогресс, в развитие горнодобывающих отраслей промышленности Казахстана, а также в подготовку специалистов высшей квалификации.

А.С. Сагиновым создана научная школа по технологии и комплексной механизации разработки месторождений полезных ископаемых, получившая широкое признание как за рубежом, так и в Союзе.

Под научным руководством и при участии А.С. Сагинова в Карагандинском угольном бассейне впервые проводились комплексные экспериментальные работы и промышленные испытания: по уступной и трехслоевой выемке мощного пологопадающего пласта «Верхняя Марианна», по технологии выемки пластов с серосодержащими газами, по физико-химическому упрочнению массива, по выбору в проектах рациональных способов вскрытия шахтных полей, по созданию нетрадиционных технологий отработки угольных пластов со сложными горно-геологическим условиями залегания (целики различного назначения, локальные участки и др.). Полученные результаты этих исследований выводы и предложения реализованы и широко применяются на практике, используются проектными и научно-исследовательскими организациями. Ряд исследований А.С. Сагинова направлен на улучшение экологической безопасности горной среды, на установление путей дальнейшего повышения уровня концентрации горного производства и интенсификации подземной технологии горных работ на шахтах и рудниках. Им разработаны научные основы надежности технологических систем горных предприятий, методы синтеза и оптимизации технологических схем шахт, методика прогнозирования основных технико-экономических показателей.

Научные исследования А.С. Сагинова обобщены в 25 монографиях, а также в многочисленных учебных пособиях, книгах, брошюрах, крупных публикациях и статьях, научных докладах, изобретениях, посвящённых проблемам разработки пластовых и рудных месторождений полезных ископаемых, обеспечивающих эффективное использование горной техники и комплексной механизации, способствующих повышению производительности труда на шахтах, улучшению состояния экологической обстановки.

Результаты фундаментальных исследований А.С. Сагинова представлялись на международных конференциях по механике горных пород в Белграде, на III национальном съезде по теоретической и прикладной науке в Варне, Международной конференции по минеральным ресурсам в 1993 году в Алматы.

За работу по механике горных пород А.С. Сагинову в составе авторского коллектива в 1974 году была присуждена Государственная премия Казахской ССР в области науки и техники.

В 1987 году ему присуждена Государственная премия Казахской ССР в области науки и техники как руководителю работы «Разработка теории и создание гидравлических машин ударного действия для горнодобывающих отраслей промышленности Казахской ССР» в составе авторского коллектива.

Под научным руководством Абылкаса Сагиновича Сагинова успешно защищены 11 докторских и более 50 кандидатских диссертаций.

В сентябре 1991 года А.С. Сагинов возглавил созданный им Институт проблем комплексного освоения недр (ИПКОН). В институте успешно решалась проблема геотехнологических методов добычи и использования шахтного метана, являющаяся развитием решения угольных пластов. Эта проблема, помимо увеличения энергоресурсов, имеет важное значение для экологии воздушной среды. Создана эколого-химическая карта Центрального Казахстана, позволяющая эффективно решать проблемы рационального природопользования и геоэкологической безопасности региона.

А.С. Сагинов совмещал научно-педагогическую работу с многогранной деятельностью, являясь депутатом Верховного Совета СССР (1966-1970), депутатом Карагандинского областного и городского совета депутатов трудящихся (1949-1961 и 1975-1987 гг.), членом Карагандинского обкома компартии Казахстана (1958-1988 гг.), председателем совета ректоров вузов Карагандинской и Жезказганской областей (1973-1987 гг.).

Указом Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева в 1995 году А.С. Сагинову присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники Республики Казахстан».

Мы, его ученики и соратники, которым посчастливилось находиться и трудиться рядом с ним, подпитывали себя той высокой энергией, которой он всегда щедро делился.

Сагинов А.С. – горный инженер, ученый, общественный деятель, педагог, семьянин и Человек

Т.С. ИНТЫКОВ, *профессор кафедры «Автомобильный транспорт»,*
К.Б. КЫЗЫРОВ, *профессор кафедры «Энергетические системы»,*
Карагандинский государственный технический университет

Об уникальности личности Абылкаса Сагиновича Сагинова говорят и будут говорить и писать многие.

Так, в частности, его ученик, ныне государственный деятель РК Н.Нигматулин отмечает: «О таких людях говорят: он оставил след на этой земле, потому что жил и трудился на благо людей. Абылкас Сагинович был не только выдающимся ученым и общественным деятелем. Он был еще и уникальной личностью, глубоко интеллигентным и порядочным человеком. От него постоянно исходила удивительная жизненная энергия, которая притягивала к нему людей. И он щедро делился с ними богатствами своей души» [1].

Почетный гражданин города Караганды, четверть века возглавлявший нашу Карагандинскую область, С.К. Досмагамбетов, хорошо знавший А.С. Сагинова, дал такую оценку академику: «Уникальная личность, уникальное явление на нашей казахстанской земле. На всём протяжении его жизни главным и великим учителем у него было и остаётся время. Его биография, весь жизненный путь показывает, что он смолоду знал цену времени. Он знал и видел, что текущее время составляет основу будущего, что из текущих дел возникает в перспективе значительное. Потерю времени он считал одним из самых тяжёлых потерь. Как все большие люди, он ничего не делал и не делает наполовину. Как человек он старался и старается быть не ниже своей эпохи, а быть, по крайней мере, на уровне её, временами опережая ее» [2].

Один из трех первых казахов инженеров-горняков, получивший высшее горное образование еще до Великой Отечественной войны, человек, посвятивший всю свою жизнь, незаурядные знания, кипучую энергию делу становления и подготовки инженерных кадров не только горной, но и всей промышленности Республики – Абылкас Сагинович, как никто другой у нас в Казахстане, был узнаваем, знаменит, уважаем и любим казахстанским народом и, прежде всего, своими многотысячными питомцами и как великий труженик, и как выдающийся ученый, и как человек, гражданин, товарищ с большой буквы и самого глубокого понимания этих слов.

Все, без исключения, кому посчастливилось быть рядом с Абылкасом Сагиновичем, говорят о нем как об Учителе, дарованном судьбой.

Проникновенные строки, исполненные величайшего почтения и гордости за честь быть рядом, посвятил ему генеральный директор ТОО «Евразия Трейд НС» К.К. Мейрамбеков – «Свет его Личности грел и вдохновлял нас, его младших современников, и мы не могли позволить себе какого-либо мелкого поступка, сверяя свою жизнь с тем высоким нравственным кодексом, который был задан нашим Учителем» [3].

Президент НАН РК, академик М.Ж. Журинов индивидуальные, своеобычные качества А.С. Сагинова видит в удивительном сочетании величия и скромно-

сти, проявлявшихся во всем – в работе, дома, в общении с друзьями, современниками и даже на проводах и встречах со служебных командировок: «В отличие от других руководителей, которых всегда сопровождала целая толпа, его провожал и встречал только его водитель. Он не любил помпезности, пустозвонства, превозносящих любого человека до небес хвалебных и пустых тостов и т.п. Несмотря на то, что он всегда находился в центре внимания, был в зените славы, Абылкас Сагинович оставался исключительно скромным, кристально чистым, простым и достойным человеком» [4].

Таким «терпеливым и прилежным тружеником», истинным Мастером, чьи труды как результат упорнейшей работы составлены «из миллиона крохотных, отдельных наблюдений», чутким другом, наставником, коллегой, умевшим восхищаться чужими находками, гордиться, «заметив в рукописном потоке что-то талантливое и дельное», необычайно чутким «даже к оттенкам чьей-то удачи» предстает в воспоминаниях современников Абылкас Сагинович Сагинов.

Он был сдержанным, немногословным, говорил глубоко и емко, изрекал так, что словам было тесно, а мыслям просторно. От его добрых и умных слов прямо-таки оттаивала душа! И молодежь любила его, любила с ним встречаться и с нетерпением ждала новых встреч с академиком.

А.С. Сагинов родился в 1915 году в селе Баян-Аул. В 1932 году поступил в Карагандинский горный техникум. По существовавшей в то время практике направления молодежи в вузы по так называемым «разверсткам» был направлен в Днепропетровский горный институт им. Артема. Все производственные практики будущий горный инженер будет проходить в г. Караганде. Будучи практикантом, он ведет занятия по техминимуму с рабочими шахты им.Кирова, работает в качестве горного десятника на участке по пласту «Верхняя Марианна» (шахта №18), преддипломную практику освоит в качестве помощника начальника участка на шахтах №31 и №19. В 1939 году Сагинов А.С. с отличием оканчивает Днепропетровский горный институт им. Артема по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых» и распределяется на работу в должности начальника участка шахты треста «Карагандауголь».

Начиная с 1939 года, вся последующая трудовая деятельность Абылкаса Сагинова будет связана с г. Карагандой.

Трудовая деятельность молодого специалиста началась с должности начальника участка (шахта №3-бис), где проводились экспериментальные работы по внедрению трехслойной системы разработки самого мощного в Карагандинском бассейне пласта «Верхняя Марианна» и где пришлось столкнуться с исключительно сложными проблемами. Было испытано немало различных вариантов технологии и средств механизации выемки этого пласта. И лишь спустя многие годы, в конце шестидесятых, ему совместно с учениками удалось достичь хороших результатов.

Работая начальником техотдела треста «Молотовуголь», А.С. Сагинов большое внимание уделял вопросам научно-технического прогресса и дальнейшему развитию шахтного фонда. В 1947 году поступает в заочную аспирантуру Института горного дела АН КазССР и вместе с научным руководителем – доктором технических наук, профессором А.С. Поповым – выбирает актуальную тему для диссертационной работы, посвященную технологии разработки пологопадающих (тонких и средней мощности) угольных пластов Карагандинского бассейна. В те годы уголь добывался преимущественно из мощных пластов, а разработка тонких и средних отставала, хотя их запасы составляли свыше 50% от всех промышленных запасов региона. Способы и системы разработки этих пластов нуждались в совершенствовании.

В 1951 г. им успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – «Современное состояние методов разработки пологопадающих, тонких и средней мощности пластов Карагандинского бассейна, их анализ и перспективы развития». Необходимо заметить, что Абылкас Сагинович стал в Караганде третьим инженером, защитившим кандидатскую диссертацию без отрыва от производства. Вскоре его направят директором Карагандинского филиала Всесоюзного научно-исследовательского угольного института (ВУГИ), преобразованного по его инициативе и под непосредственным руководством в 1952 году в Карагандинский научно-исследовательский угольный институт (КНИУИ).

Именно в этот период проявился яркий талант А.С. Сагинова как крупного организатора и ученого, сформировавшего коллектив исследователей, способных решать сложные проблемы. Вся работа нового института была направлена на эффективное решение методов освоения Карагандинского угольного бассейна, среди которых – разработка мощного угольного пласта «Верхняя Марианна» и дегазация метаноносных пластов.

В 1955 г. А.С. Сагинов назначается ректором Карагандинского горного института, преобразованного в 1958 году в политехнический (КарПТИ). В этой должности он проработает в течение 33 лет, одновременно заведуя кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых.

История становления Карагандинского политехнического института – это во многом история жизни самого Абылкаса Сагиновича Сагинова. Усилиями коллектива и его руководящего состава Карагандинский горный институт превратился в крупнейший в республике политехнический многопрофильный вуз, где подготовка инженеров велась по 24 специальностям. Были подготовлены десятки тысяч специалистов, развивались научные исследования по различным направлениям. Поэтому вполне заслуженно за достигнутые успехи в подготовке инженерных кадров для народного хозяйства и выполнении научных исследований в IX пятилетке Указом Президиума Верховного Совета СССР в 1976 году институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени. В этом же году за высокие показатели в выполнении заданий пятилетки Постановлением ЦК КП Казахстана, Президиума Верховного Совета и Совета Министров КазССР институт награжден Почетным дипломом и занесен в Золотую Книгу Почета КазССР.

За достижение наивысших результатов во всесоюзном социалистическом соревновании, повышение эффективности производства и качества работы, успешное выполнение плана экономического и социального развития в 1979 году коллективу института было присуждено переходящее Красное Знамя ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ.

Кроме того, коллектив неоднократно награждался переходящим Красным Знаменем ЦК Компартии Казахстана, Совета Министров Казахской ССР, Казсовпрофа и ЦК ЛКСМ Казахстана, переходящим Красным Знаменем Минвуза СССР и ЦК профсоюза работников просвещения, высшей школы и научных учреждений и другими наградами.

Событием исключительной важности явилось вручение Карагандинскому политехническому институту в 1980 году переходящего Красного Знамени ЦК КПСС, Совета Министров СССР. Первый заместитель министра высшего и среднеспециального образования СССР Н.Ф. Краснов в интервью популярной газете «Студенческий меридиан» отметил: «Социалистическое соревнование – это важнейший экономический рычаг, это ничем не заменимое воспитательное средство. Недавно я выполнил почетное поручение ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ – вручил Карагандинскому политехническому институту переходящее Красное Знамя. Всего в нашей стране 870 вузов, и каждый участвует в социалистическом соревновании. Но победителями в 1980 году признаны только два: старейший в стране Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова и Карагандинский политехнический институт, биография которого укладывается всего в четверть века. Но за этот незначительный отрезок времени карагандинцы успели сделать многое. Двадцать одна тысяча его воспитанников успешно трудится в народном хозяйстве страны.

Свыше 700 преподавателей, из которых каждый второй имеет ученую степень, около 11 тысяч студентов. Сегодня очевидно, что политехнический институт в огромной степени обеспечил промышленное развитие индустриального Карагандинского региона. В годы освоения целинных земель остро стояла проблема подготовки местных молодых специалистов. Эту задачу уже в первые годы существования по-целинному напористо, энергично начал Карагандинский политехнический. Уже через каких-нибудь десять лет он стал основной кузницей подготовки квалифицированных кадров для республики».

Высокий уровень научных исследований А.С. Сагинова отмечен различными правительственными наградами. В 1974 году ему в составе авторского коллектива была присуждена Государственная премия Казахской ССР в области науки и техники за работу по механике горных пород «Исследование ползучести и разрушения горных пород с целью расчета прочности и устойчивости подземных сооружений». В 1987 г. в составе авторского коллектива ему присуждена Государственная премия Казахской ССР как руководителю работы «Разработка теории и создание гидравлических машин ударного действия».

Под научным руководством А.С. Сагинова успешно защищены 11 докторских и более 50 кандидатских диссертаций.

Так закладывался фундамент нынешнего КарГТУ – ковались кадры и укреплялась материально-техническая база.

Своим личным примером А.С. Сагинов доказывал важность целеустремленности в научной работе. Его многолетняя плодотворная инженерная и научная деятельность получила высокую оценку у Ученого совета Московского горного института, который в 1967 году единогласно присуждает ему ученую степень доктора технических наук по итогам защиты диссертации «Исследование и совершенствование методов подземной разработки угольных пластов Карагандинского бассейна».

Рассказ о научных свершениях коллектива Карагандинского политехнического института, сегодня – технического университета, безусловно, будет неполным без уточнения личного вклада его первого ректора.

За период научно-педагогической деятельности, бессменно находясь на посту ректора и заведующего кафедрой, А.С. Сагинов внес значительный вклад в технический прогресс горнодобывающих отраслей промышленности Казахстана. Им создана научная школа по технологии и комплексной механизации разработки месторождений полезных ископаемых, получившая широкое признание как за рубежом, так и в Союзе.

Научные исследования А.С. Сагинова обобщены в 20 монографиях, а также в многочисленных учебных пособиях, книгах и брошюрах, статьях, научных докладах, изобретениях, посвященных проблемам разработки пластовых и рудных месторождений полезных ископаемых, обеспечивающих эффективное использование горной техники и комплексной механизации, способствовавших повышению производительности труда на шахтах, улучшению состояния экологической и горнотехнической безопасности и охраны труда горняков. Выдвигая профессора А.С. Сагинова в академики Академии наук Казахской ССР, академик АН СССР Н.В. Мельников подчеркнул: «Профессор А.С. Сагинов – ректор Карагандинского политехнического института, имеет научные труды в области разработки угольных месторождений первостепенного значения, которыми пользуются во всех угольных районах страны».

Результаты фундаментальных исследований А.С. Сагинова представлялись на международных конференциях по механике горных пород в Белграде и Денвере, III национальном съезде по теоретической и прикладной механике в Варне, Международной конференции по минеральным ресурсам в Алматы (1993 г.).

С 1991 по 2000 гг. А.С. Сагинов работает директором Института проблем комплексного освоения недр МОН РК, с 2001 года – Почетным директором этого же института. В институте была успешно реализована проблема геотехнологических методов добычи и использования шахтного метана. Создана эколого-геохимическая карта Центрального Казахстана, позволяющая эффективно решать проблемы рациональ-

ного природопользования и геоэкологической безопасности региона. Усилия коллектива института направлялись на создание прогрессивных и нетрадиционных технологий получения благородных металлов высокой чистоты из промышленных продуктов металлургического производства и бедных концентратов, исследование ресурсов металлов платиновой группы и прогноз рудных месторождений Центрального Казахстана.

Абылкас Сагинович и Биби Ергалиевна
с семьей сына Виктора. 1997 г.

В 1993 г. решением Карагандинского городского Совета народных депутатов за большой вклад в области науки и техники, развитие Карагандинского угольного бассейна и подготовку кадров для народного хозяйства А.С.Сагинову присвоено звание «Почетный гражданин города Караганды».

А.С. Сагинов с супругой

На протяжении всей своей жизни А.С. Сагинов совмещал организационную, педагогическую, научно-исследовательскую работу с многогранной общественной деятельностью. В течение 30 лет он являлся членом Карагандинского обкома партии, депутатом Верховного Совета СССР (1966-1970 гг.), депутатом местных Советов разных уровней, председателем Совета ректоров вузов Карагандинской и Жезказганской областей (1973-1987 гг.), входил в состав редколлегии ряда журналов, был членом ученых советов разных институтов. Его заслуги в развитии народного хозяйства СССР и республики, высшего образования и науки отмечены правительственными наградами – шестью орденами и двенадцатью медалями. За выдающиеся заслуги в развитии высшего образования и подготовку квалифицированных специалистов в 1971 г. присвоено звание Героя Социалистического Труда. Указом Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева в декабре 1995 года А.С. Сагинову присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники Республики Казахстан».

А.С. Сагинов с правнуком Алиханом. 2006 г.

Описывая все грани личности А.С. Сагинова нельзя обойтись без характеристики его как семьянина. Эта сторона жизни великих людей обычно скрыта от общественности. Большой удачей являются воспоминания о дедушке внучки А.С. Сагинова – Айнуры Викторовны Сагиновой в статье «Для всех вершиною остаться» [5]. Она тонко описывает его внутренний мир, отношение к супруге, детям, внукам, родственникам, близким друзьям, умение соблюдать баланс между работой и личной жизнью. А.С. Сагинов умел хорошо работать и хорошо отдыхать, но всегда ценил свое время. Дети и внуки вспоминают, что по нему можно было сверять часы. В плане быта предпочитал классику и скромность, любил посидеть за семейным столом в кругу семьи. Айнура вспоминает, что дедушка относился к той категории людей, которые думали, что детей не надо воспитывать, а их нужно «поливать» и они сами вырастут, и воспитывал детей и внуков своими поступками, приучал к чтению и бережному отношению к книгам. Нельзя не отметить, по словам детей, и то, что А.С. Сагинов многого в жизни достиг благодаря нежной заботе супруги Биби Ергалиевны, и эта забота была взаимной до самой её смерти.

Как всякий мудрый человек, Абылкас Сагинович

жил спокойно, не хваля и не проклиная ни настоящее, ни прошлое. Относился к жизни как к данности, идущей по своим законам. Относился к жизни философски. Высоко держал голову, не преклоняясь ни перед кем. Не ссорился ни с властями, ни с идеологией, ни со временем. Был достойным сыном своей эпохи.

Таким остался в памяти всех, кто его знал. Абылкас Сагинович Сагинов – человек, сотворивший себя сам, выдающийся ученый, блистательно проявивший себя в науке, талантливый организатор и педагог, незаурядный по своим дарованиям, человек высокой культуры и безупречной нравственности. Роль и масштаб Абылкаса Сагиновича Сагинова в полной мере оценят наши потомки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нигматулин Н.З. Учитель, перед именем твоим… // сб. «Штрихи к портрету: Академик Абылкас Сагинов». – Караганда: Издательство КарГТУ, 2008. 162 с.
2. Досмагамбетов С.К. Учитель созидатель, педагог // Там же.
3. Мейрамбеков К.К. Академик Сагинов – основатель, созидатель, учитель // Там же.
4. Журинов М. Величие и скромность // Там же.
5. Сагинова А.В. Для всех вершиною остаться // Там же.

Этапы совершенствования транспортного и экономического образования в 1955-1987 годы под руководством академика А.С. Сагинова и в настоящее время

Б.А. АХМЕТЖАНОВ, *д.т.н., профессор, зав. кафедрой ЭП,*
С.К. МАЛЫБАЕВ, *д.т.н., профессор кафедры ПТ,*
К.Б. ТОГАЙБАЕВ, *к.т.н., доцент кафедры ИПиМ,*
Карагандинский государственный технический университет

В конце декабря 2015 г. исполнится 100 лет со дня рождения выдающегося организатора высшего образования, науки, академика НАН РК, дважды лауреата Государственной премии КазССР, почетного гражданина г. Караганды А.С. Сагинова. О Сагинове Абылкасе Сагиновиче написано много статей и книг. В них отмечается его научно-педагогическая и общественная деятельность. В многочисленных публикациях, посвященных Абылкасу Сагиновичу Сагинову, отмечается, что он был выдающимся организатором высшего образования и науки Республики Казахстан.

Становление и дальнейшие развитие Карагандинского «политеха» тесно связано с активной многогранной трудовой деятельностью Абылкаса Сагинова, человека всесторонне образованного, талантливого, обладающего недюжинным умом и наделенного лучшими душевными качествами. Он создал сплоченный и творческий коллектив в институте. Карагандинский «политех» славился тем, что готовил первоклассных специалистов, востребованных в стране. Эффективная организация учебного процесса и научно-исследовательских работ была главным критерием оценки со стороны ректора. КарПТИ, возглавляемый Абылкасом Сагиновичем, превратился в престижный в СССР политехнический институт. Абылкас Сагинович создавал и руководил Карагандинским «политехом» в течение долгих лет и оставил после себя научную школу, многочисленных соратников и учеников, которые в настоящее время трудятся в разных отраслях экономики и сферах деятельности.

У нас, его благодарных учеников, появилась возможность рассказать молодому поколению «политехников» о роли и значении нашего Учителя – Сагинова Абылкаса Сагиновича в становлении и развитии отдельных секторов нашей экономики: транспортного и экономического образования в период ректорства нашего незабвенного Учителя – человека с большой буквы.

В середине 50-х годов прошлого века экономика Казахстана была на подъеме, особенно в Центральном Казахстане. На этот период приходится открытие и становление Карагандинского металлургического завода, названного народом Казахстанской магниткой, получил интенсивное развитие шахтный фонд Карагандинского угольного бассейна, начали развиваться автомобильный и другие виды транспорта, строиться микрорайоны г.Караганды. Советским правительством в 1953 г. было принято Поставление об открытии горного института – в целях подготовки кадров для бурно растущей горнодобывающей промышленности. Для руководства новым вузом нужен был высококвалифицированный специалист – ученый, горняк, имеющий практический опыт и организаторский талант. Этим требованиям полностью отвечал Абылкас Сагинов, который в 1955 г. и был назначен ректором Карагандинского горного института. В этой должности он поработал 33 года, одновременно заведуя кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых.

Мы, ученики Абылкаса Сагиновича Сагинова, являемся свидетелями, как «политех» под его руководством превратился в крупнейший многопрофильный вуз – кузницу кадров для страны.

Поскольку Абылкас Сагинов был назначен ректором после 2-х лет открытия вуза, то он имеет непосредственное отношение к становлению и развитию многих кафедр института. Он, как никто другой, прекрасно знал, что для подготовки высококвалифицированных специалистов прежде всего нужна подготовка преподавателей с учеными степенями в крупных научных центрах СССР, а также интенсивное проведение научно-исследовательских работ по разным направлениям экономики, особенно по отраслям горнодобывающей промышленности (угольной, рудной, нерудной и др.).

Так, Абылкас Сагинов стоял у истоков создания кафедры промышленного транспорта, выделенной из кафедры горных машин и оборудования, внес огромный вклад в создание сплоченного творческого коллектива, вырастившего плеяду ученых – транспортников, работающих во многих учебных заведениях Казахстана и России. При его непосредственном участии были проведены глубокие научные исследования по созданию новых конструкций специальных изгибающихся пластинчатых конвейеров для транспортирования крупнокусковых скальных грузов на открытых горных работах, которые были изготовлены и прошли успешные испытания на Качканарском Гоке (Российская Федерация) и прииске Кулар ПО «Якутзолото» (РФ), и рекомендованы к промышленному внедрению. Итоги исследования были опубликованы в монографии, написанной под руководством нашего учителя «Основы проектирования и расчета пластинчатых карьерных конвейеров» и являющейся одной из первых работ в области промышленного транспорта.

В научной школе, созданной при содействии ректора, по совершенствованию транспорта на открытых горных работах были защищены 8 докторских и 28 кандидатских диссертаций. Одно из направлений – создание самоходных транспортных машин – в 2009 году удостоено первой премии им. академика К.И. Сатпаева за лучшую научную работу по естественным наукам. Из сотрудников кафедры «Промышленный транспорт» в целевую аспирантуру и докторантуру были направлены: в докторантуру Данияров А.Н. – в Московский горный институт (МГИ); который успешно защитил докторскую диссертацию, Даниров Н.А., Макаров В.А., которые успешно защитили кандидатские диссертации и вернулись в свой родной вуз («политех»), а Степаненко В.Г. – по международному соглашению был направлен в Германию и тоже своевременно защитил диссертацию.

Абылкас Сагинович Сагинов постоянно работал над проблемами становления и развития вуза. Много молодых ученых и преподавателей вуза были направлены в аспирантуру и докторантуру в Москву, Ленинград и другие крупные научные центры России. Особенно это ярко проявилось в отношении подготовки экономических кадров для только созданного вуза, каким был горный институт в начале своего пути.

Ректор Абылкас Сагинов отслеживал талантливых студентов и молодых преподавателей в течение всего обучения или работы. Также он не забывал выпускников, окончивших вуз с отличием и работающих на производстве. Так, в 1961 г. работающего в строительных организациях г. Караганды К.Б. Тогайбаева: экономист-строитель был приглашен на беседу с ректором политехнического института. К.Б. Тогайбаев вспоминает: «Я впервые встретился и не предполагал, что с этим замечательным человеком я буду работать более 20 лет совместно. После короткой беседы он пояснил мне, что для меня и для института нужны квалифицированные научные кадры. Он убедил меня перейти на работу в институт ассистентом, хотя зарплата была на 50% ниже, чем в строительной организации. К этому времени у меня была семья и двое детей. Мне предложили поступать в Московский инженерно-экономический институт им. С. Орджоникидзе. В 1962 г. я был зачислен аспирантом этого вуза, успешно защитил кандидатскую диссертацию и вернулся в г.Караганду.

Многие мои сверстники, благодаря заботе Сагинова Абылкаса Сагиновича, были направлены для учебы в Москву, Ленинград, Киев, Новосибирск и другие города. Он проявлял большую заботу об аспирантах института, обучающихся в других городах. В те годы Абылкас Сагинов избирался депутатом Верховского Совета СССР. Приезжая в Москву, несмотря на свою занятость, он звонил по телефону ректору нашего института и интересовался, как идут мои дела, смогу ли я вовремя защититься и вернуться в Караганду». Ныне Тогайбаев К.Б. – профессор кафедры «Инженерное предпринимательство и маркетинг».

В числе направленных в целевую аспирантуру и успешно защитивших диссертации были: Кошебаева Г.К., Московский институт управления им. С. Орджоникидзе, ныне профессор кафедры «Менеджмент предприятия», доктор экономических наук; Мурзаханова С.А. – кандидат экономических наук, доцент, также защитившая диссертацию в вышеназванном вузе. В 1972 г. был приглашен в аспирантуру один из авторов этих строк (Ахметжанов Б.А.), работавший в то время начальником добычного участка на шахте им. Костенко, успешно защитивший диссертацию в 1976 г., ныне доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика предприятия». Также был направлен в целевую докторантуру в ЦНИУголь (г. Москва) Р.Ш. Ходжаев, который успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук, вернулся в родной вуз и более десяти лет плодотворно возглавлял кафедру «Экономика и организация горной промышленности». Одним из целевиков, направленных на учебу в аспирантуру в Московский горный институт, является ныне известный экономист, д.э.н., профессор Каренов Р.С. заведующий кафедрой «Менеджмент» КарГУ им. Е.А. Букетова.

В заключение хочется отметить, что XXI век доказал, что высококвалифицированные кадры нужны прежде всего высокоразвитым индустриальным державам с такой экономикой, где достаточно выпускают средств производства и товаров массового потребления, где преобладает экспорт товаров над импортом, наукоем-

кие технологии постоянно внедряются в производство.

Казахстан, являющийся одним из лидеров СНГ, стремится стать индустриально развитой державой, что предусмотрено ГПИИР-2 на 2015-2019 годы. Одним из основных путей решения этой задачи является повышение качества подготовки специалистов, отвечающих требованиям XXI века – века инноваций.

Жизненный путь академика НАН РК Сагинова Абылкаса Сагиновича показал, что он стал исторической масштабной личностью, проявив все лучшее, что вложено в него. И мы, многочисленные ученики, благодарны судьбе, что жизнь нас свела с этим выдающимся ученым, педагогом и его лекции и советы, на долгие годы сохранятся в нашей памяти.

Роль академика А.С. Сагинова в становлении и развитии экономических школ, в подготовке высококвалифицированных экономических кадров в Карагандинском политехническом институте в 1955-1987 годы

Р.С. КАРЕНОВ, *д.э.н., академик, зав. кафедрой «Менеджмент»,*
Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова

Память – это та сакраментальная ценность, которая дает возможность каждому почувствовать всю значимость человеческой личности. Выдающуюся роль в становлении и развитии экономических школ, кафедр экономического профиля – кафедры «Экономика и организация горной промышленности» (первый заведующий кафедрой, кандидат экономических наук, доцент Песин Н.Я.), «Экономика и организация машиностроения» (первый заведующий кафедрой, кандидат экономических наук, доцент Рахметуллин Е.Р.), «Экономика и организация строительства» (первый заведующий кафедрой, кандидат экономических наук, доцент Тогайбаев К.Б.), а также в подготовке высококвалифицированных экономических кадров в течение 1955-1987 годов сыграл ректор Карагандинского политехнического института, Герой Социалистического Труда, доктор технических наук, академик Абылкас Сагинович Сагинов.

Его имя навсегда связано с созданием и развитием экономических школ в Центральном Казахстане, независимо от того, каким перестройкам подвергались экономические кафедры КарПТИ впоследствии, потому что академик А.С. Сагинов заложил фундамент, сформировал традиции педагогического коллектива трех вышеуказанных кафедр, подобрал и воспитал профессиональную «команду» из числа профессорско-преподавательского состава, которая сумела укрепить и сохранить заложенные им традиции в последующие годы.

Яркая личность академика А.С. Сагинова была для всех нас тем образцом, на который мы равнялись. И если наша служебная карьера сложилась в целом весьма успешно и мы достигли каких-то результатов и высот в жизни, то это справедливо связываем с именем Абылкаса Сагиновича, который постоянно заботился о становлении молодых ученых-экономистов.

Мне до сих пор памятны его слова, обращенные к молодым преподавателям и студентам–экономистам во время одной из встреч с ректором: «Каждодневная деятельность потребует от Вас мобилизации духовных, нравственных сил, физической закалки, всесторонней подготовки. Не обольщайтесь тем, что знаний, полученных в стенах вуза, Вам хватит на всю жизнь. Кто хочет добиться чего-то в жизни, тот ищет пути, а кто не хочет – ищет причины своих неудач».

Неоценим его вклад в развитие казахстанской экономической науки и воспитание молодых специалистов во время его ректорства в Карагандинском «политехе». Особенно ценным было то, что в вузе в те годы (1955-1987 гг.) была обеспечена преемственность научно-педагогических кадров. На экономические кафедры он подбирал преподавателей, тщательно оценивая деловые и личные качества, чтобы они стали в дальнейшем единомышленниками ректора. Много внимания уделял воспитанию молодых преподавателей, причем не только словом, но и личным примером. За ошибки спрашивал строго, за успехи ценил высоко, помогал всячески, создавал необходимые условия работы. Хорошо знал всех членов семьи каждого из своих учеников, постоянно интересовался семейными делами, при необходимости оказывал помощь.

Жесткая требовательность вместе с отеческой заботой о воспитанниках были неотъемлемыми качествами А.С. Сагинова. Высшее учебное заведение не может существовать без науки, поэтому весь профессорско-преподавательский состав кафедр ЭГП, ЭОМ и ЭОС был задействован в исследовании комплексных экономических проблем, в рамках которых были подготовлены десятки докторских и кандидатских диссертаций.

Благодаря заботам академика Сагинова А.С., кафедры ЭГП, ЭОМ и ЭОС стали настоящей школой по подготовке научных кадров высшей квалификации. Многие из учеников Абылкаса Сагиновича, такие как

Оспанов Х., Галиев Ж., Ахметжанов Б., Щукин В., Аубакирова Г., Кошебаева Г. и автор этих строк, впоследствии защитили диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук.

Молодые ученые, когда-то получившие путевку в большую науку из рук Сагинова А.С., навсегда сохранили к нему искреннюю признательность и благодарность за то, что он привил им стремление к научной работе, по-отцовски опекал и помогал в период их становления.

Прекрасно понимая, как важно для молодого ученого приобретение опыта научных дискуссий, общения с коллегами из других вузов, он никогда никому не отказывал в научных командировках, способствовал в поездках на научные конференции и семинары в другие регионы страны. Не только маститые ученые, но и молодые преподаватели представляли экономическую школу Центрального Казахстана на всех научных форумах, которые постоянно проводились в те годы. Это был опыт научного общения, который оказал решающее влияние на формирование личности молодых ученых и который нельзя недооценивать.

Сейчас, по прошествии стольких лет, можно сказать, что научно-практические конференции были эффективной формой воспитания молодых ученых. Через эту школу прошли десятки молодых преподавателей, которые в процессе подготовки и проведения таких мероприятий приобретали неоценимый опыт научного общения, диспутов, решения теоретических и практических задач.

Он всегда отмечал, что исследования кафедры должны быть актуальными, практически значимыми: «Нам не нужна наука ради науки, нам нужны такие научные разработки, которые бы приносили пользу практике», – говорил он. И надо сказать, что ученые и педагоги трех кафедр КарПТИ внесли немало научно обоснованных, практически значимых предложений и рекомендаций по совершенствованию финансово-кредитной системы, управления предприятиями и отраслями народного хозяйства, планирования и прогнозирования экономических явлений и процессов.

Абылкас Сагинович помогал исследователю найти тот участок, который соответствовал его научным интересам. Но он никогда «не давил» на ученых, а умел тактично, логикой своего мышления подвести человека к тому выводу, который для него самого был ясен с самого начала.

А.С. Сагинов прекрасно понимал значение использования в учебном процессе технических средств обучения и много делал для решения этой проблемы. Так, под его руководством на основе творческого использования опыта ряда вузов бывшего Советского Союза был создан учебный кабинет кафедр ЭГП, ЭОМ и ЭОС, оснащенный комплексом технических средств обучения, где имитировались условия работы преподавателя в лекционном зале и учебной аудитории, имелась возможность провести семинарское занятие, моделировались различные ситуации.

Заслуга академика Сагинова А.С. в становлении и развитии экономических школ и кафедр, в подготовке экономических кадров высокой квалификации очень велика. Она дает основание думать, что память о нем будет увековечена. Он оставил неизгладимый след в судьбах многих людей.

Раздел 2 | Машиностроение. Металлургия

УДК 621.55.01.11

Анализ современного состояния машиностроения Казахстана и перспективы развития

Г.С. ЖЕТЕСОВА, *д.т.н., профессор,*
М.В. БЕЦ, *докторант гр. МСД-14,*
Карагандинский государственный технический университет, кафедра ТМ

Ключевые слова: *запасные части, производство, машиностроение, продукция, модернизация, рынок, завод, изделие, технологический процесс, единичное и мелкосерийное производство.*

Во время перехода на новый виток в рыночной экономике перед машиностроительными предприятиями Казахстана стоит ряд проблем, таких как: сокращение рынка сбыта, адаптация в условиях возрастающей конкуренции, неплатежеспособность предприятий, поиск поставщиков материала и сырья.

Современному производству РК для обеспечения конкурентоспособности необходимо обладать особыми качествами: большой гибкостью, способностью быстро менять ассортимент.

Наша машиностроительная промышленность – это совокупность отраслей промышленности, изготавливающих машины и оборудование для всех отраслей народного хозяйства и применяемая повсеместно: в промышлености, сельском хозяйстве, быту, на транспорте, в Вооруженных силах, а также определяющая темпы роста научно-технического прогресса.

В Казахстане действуют 9 центров производства машиностроения, где сосредоточено практически все производство машин и оборудования (рисунок 1).

Тяжелое машиностроение обеспечивает оборудованием энергетику, металлургию, химическую, горнодобывающую промышленность. На рисунке 2 представлены основные места дислокации тяжелого машиностроения.

Общее машиностроение Казахстана включает группу отраслей, характеризующихся средними нормами потребления металла, энергии, невысокой трудоемкостью. Предприятия общего машиностроения производят технологическое оборудование для нефтеперерабатывающей, лесной, целлюлозно-бумажной, строительной, легкой и пищевой отраслей промышленности. Как правило, предприятия этих отраслей размешаются в районах потребления продукции. Однако учитываются и такие факторы, как наличие квалифицированных кадров и близость сырьевой базы.

Среднее машиностроение включает в себя предприятия малой металлоемкости, но повышенной трудоемкости и энергоемкости. К таким относятся: приборостроение, электротехническая промышленность, производство вычислительной техники. Также включает в себя машиностроительные предприятия, отличающиеся узкой специализацией, широкими связями по кооперированным поставкам: автомобилестроение, станкостроение, производство металлорежущих станков, производство технологического оборудования для легкой и полиграфической промышленности.

Одной из основных отраслей такого машиностроения является автомобилестроение. Предприятия автомобильной промышленности Казахстана размещены во многих регионах. Производство автобусов нахо-

дится в г. Кокшетау, сборочные цеха «Азия-Авто» размещены в г. Усть-Каменогорске, производство двигателей – в г. Петропавловске.

Автомобильная промышленность включает также производство моторов, подшипников, электрооборудования и т.д. Среди факторов, влияющих на размещение предприятий станкостроения, главным образом выступает обеспеченность отрасли квалифицированными трудовыми ресурсами, инженерно-техническим персоналом.

Рисунок 1 – Центры размещения производства машиностроения

Рисунок 2 – Основные центры тяжелого машиностроения РК

Продукция приборостроения отличается небольшой материалоемкостью и энергоемкостью, но для ее производства требуются высококвалифицированная рабочая сила и научно-исследовательские кадры. Точное машиностроение в основном расположилось в городе Алматы, где производят сборку телевизоров, холодильников и стиральных машин.

В таблице 1 перечислены все крупные предприятия машиностроения Казахстана по данным статистики РК. В подотраслях машиностроения следует выделить регионы с наибольшим производством.

Сельскохозяйственное машиностроение: Центральный Казахстан (ремонт сельскохозяйственных машин), Южный Казахстан (запчасти к сельхозмашинам, прицепы, раздатчики кормов, мини-пекарни, мини-мельницы, насосные станции, мельничное оборудование) Северный Казахстан (поршневые кольца, тракторы, сеноуборочные агрегаты, зерновые сепараторы, валковые жатки), Восточный Казахстан (гусеничные транспортеры – тягачи).

Перспективными направлениями развития продуктов машиностроения Казахстана являются:

- производство станков;
- производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства;
- производство сельскохозяйственных тракторов;
- производство двигателей и турбин;
- производство насосов, компрессоров, гидравлических систем;
- производство подъемно-транспортного оборудования;
- производство металлургического оборудования.

На последующие годы положительная динамика спроса внутреннего рынка на продукцию действующих предприятий должна сохраниться, но и следует ожидать увеличения импорта некоторых видов машиностроительной продукции.

С повышением технической вооруженности труда и ростом объема выпуска продукции при переходе от единичного к серийному и массовому типам производства уменьшается доля живого труда и возрастают расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией оборудования. Это ведет к снижению себестоимости продукции, изменению ее структуры. Таким образом, при массовом производстве изделий вопросы применения прогрессивных технологических процессов, инструмента и оборудования, комплексной механизации и автоматизации решаются проще, чем в индивидуальном и серийном производстве.

При рассмотрении типов производства (таблица 2) на территории Казахстана наиболее частым встречается единичное и мелкосерийное производство.

Основным показателем при выявлении типа производства является коэффициент закрепления операций, Кз. Коэффициент закрепления операций для группы рабочих мест определяется как отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест:

$$K_з = \frac{i^{K_{оп_i}}}{K_{р.м.}}, \quad (1),$$

Таблица 1 – Крупные предприятия машиностроения Казахстана

№	Название предприятия	Территориальное расположение
	Горно-шахтное машиностроение	
1	АО «Казцинк»	г. Риддер, Восточно-Казахстанская область
2	ТОО «Казцинкмаш»	г. Риддер, Восточно-Казахстанская область
3	АО «Корпорация Казахмыс» «Карагандинский литейно-машиностроительный завод»	г. Караганда, Карагандинская область
4	Шахтинский завод НОММ	г. Шахтинск, Карагандинская область
5	Завод РГТО «Миттал Стил»	г. Караганда, Карагандинская область
6	АО «Экскаватор»	г. Кентау, Южно-Казахстанская область
7	Энергозавод «Миттал Стил»	г. Караганда, Карагандинская область
	Металлургическое машиностроение	
1	АО «АЗТМ»	г. Алматы
2	Риддерское АО «Иртышцветремонт»	г. Риддер, Восточно-Казахстанская область
3	АО «Иртышцветремонт»	г. Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанская область
4	АО «Казахское специализированное ремонтно-наладочное предприятие»	г. Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанская область
5	ТОО «Казцинк-ремсервис»	г. Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанская область
6	Усть-Каменогорское АО «Иртышцветремонт»	г. Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанская область
	Нефтегазовое машиностроение	
1	АО «Карагандинский машиностроительный завод им. Пархоменко»	г. Караганда, Карагандинская область
2	АО «Мунаймаш»	г. Петропавловск, Северо-Казахстанская область
3	АО «Востокмашзавод»	г. Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанская область
4	АО «Петропавловский завод тяжёлого машиностроения»	г. Петропавловск, Северо-Казахстанская область
	Сельскохозяйственное машиностроение	
1	ТОО «Атбасарский ремонтно-механический завод»	г. Атбасар, Акмолинская область
2	ТОО «Агротехмаш»	г. Костанай, Костанайская область
3	АО «ЮКМЗ»	с. Аксу, Южно-Казахстанская область
4	АО «Казахстантрактор»	г. Павлодар, Павлодарская область
5	АО «Семипалатинский машиностроительный завод»	г. Семипалатинск, Восточно-Казахстанская область

Таблица 2 – Характеристики типов производства

Фактор	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура	Неограниченная	Ограничена сериями	Одно или несколько изделий
Повторяемость выпуска	Не повторяется	Периодически повторяется	Постоянно повторяется
Применяемое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично – специальное	В основном специальное
Расположение оборудования	Групповое	Групповое и цепное	Цепное
Разработка технологического процесса	Укрупненный метод (на изделие, на узел)	Подетальная	Подетально-пооперационная
Применяемый инструмент	Универсальный, в значительной степени специальный	Универсальный и специальный	Преимущественно специальный
Закрепление деталей и операций за станками	Специально не закреплены	Определенные детали и операции закреплены за станками	На каждом станке выполняется одна и та же операция над одной деталью
Квалификация рабочих	Высокая	Средняя	В основном невысокая, но имеются рабочие высокой квалификации (наладчики, инструментальщики)
Взаимозаменяемость	Пригонка	Неполная	Полная
Себестоимость единицы изделия	Высокая	Средняя	Низкая

где $K_{оп_i}$ – число операций, выполняемых на i-м рабочем месте;

$K_{р.м.}$ – количество рабочих мест на участке или в цехе.

Существует три типа производства: массовое, серийное и единичное.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготовляемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Коэффициент закрепления операций для массового производства принимается равным 1.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Для мелкосерийного производства коэффициент закрепления операций от 21 до 40 (включительно), для среднесерийного производства – от 11 до 20 (включительно), для крупносерийного производства – от 1 до 10 (включительно).

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются. Коэффициент закрепления операций для единичного производства обычно выше 40.

При рассмотрении технико-экономических характеристик производства видно, что единичное и мелкосерийное производство характеризуется изготовлением большой номенклатуры деталей на рабочих местах, не имеющих определенной специализации. Такое производство должно быть очень гибким и приспособленным к выполнению различных производственных заказов. Технологические процессы в единичном производстве разрабатываются укрупненно в виде маршрутных карт на обработку деталей по каждому заказу; участки оснащаются универсальным оборудованием и оснасткой, обеспечивающей изготовление деталей широкой номенклатуры. Большое разнообразие работ, которые приходится выполнять многим рабочим, требует от них различных профессиональных навыков, поэтому на операциях используются рабочие-универсалы высокой квалификации.

Организация производства единичного производства имеет ряд особенностей. Из-за большого разнообразия деталей, способов их обработки производственные участки строятся по технологическому принципу с расстановкой оборудования по однородным группам. При данной организации производства детали в процессе изготовления проходят через различные участки. И при передаче их на каждую последующую операцию необходимо проработать вопросы транспортирования, контроля качества обработки, определения рабочих мест для выполнения последующих операций. Особенности оперативного планирования и управления заключаются в своевременных комплектации и выполнении заказов, контроле за продвижением каждой детали по операциям, обеспечении планомерной загрузки участков и рабочих мест. Поэтому возникают сложности в организации материально-технического снабжения. Разнообразная номенклатура изготовляемой продукции, применение укрупненных норм расхода материалов создают трудности в бесперебойном снабжении, из-за чего на предприятиях накапливаются большие запасы материалов, а это ведет, в свою очередь, к омертвлению оборотных средств. Структура себестоимости изделий при таком производстве отличается высокой долей затрат на заработную плату. Эта доля, как правило, составляет 20-25 %.

Для улучшения технико-экономических показателей единичного производства необходимо приблизить его по технико-организационному уровню к серийному. Применение серийных методов производства возможно при сужении номенклатуры изготовляемых деталей общемашиностроительного применения, унификации деталей и узлов, что позволяет перейти к организации предметных участков; расширение конструктивной преемственности для увеличения партий

запуска деталей; группирование близких по конструкции и порядку изготовления деталей для сокращения времени на подготовку производства и улучшения использования оборудования.

Для казахстанских машиностроительных предприятий характерен мелкосерийный выпуск деталей. Выпускается продукция инструментального производства. Инструментальное производство имеет замкнутый цикл производства со следующими технологическими переделами:

- изготовление пресс-форм и штампов: вырубные, обсеченные, ковочные, гибочные штампы для холодной и горячей штамповки, наделки гибочные, ножи для гильотин, пуансоны и матрицы практически любой сложности, пресс-формы для изготовления РТИ от круглых колец до сложнейших манжет;

- изготовление режущего инструмента и средств измерений: токарные резцы всех видов и размеров, сверла спиральные с коническим и цилиндрическим хвостовиками, зенкеры, развертки, плашки для нарезания резьбы, метчики машинные и ручные, фасонные резцы, специальный инструмент. Широкая гамма контрольно-измерительного инструмента: оправки для проверки оборудования на технологическую точность с допусками 0,003-0,001мм, калибры круглые гладкие, контркалибры, шаблоны, специальные средства измерений;

- изготовление прямозубых шестерен модуль до 10 диаметром до Ф500 мм, косозубых шестерен модулем до 8 с углом зацепления до 30 диаметром до 250 мм;

- изготовление резинотехнических изделий и пластмассовых изделий из термопластичных и термореактивных материалов. Кольца, манжеты простые, манжеты армированные, сальники, пыльники, обрезинивание поршней колец;

- изготовление запасных частей к горно-шахтному оборудованию: шнеки для угольного комбайна, резцы РСК для шнеков, пружины, запасные части ГШО;

- изготовление запасных деталей для сельского хозяйства: валы передаточные, шестерни конические, муфты зубчатые, валы карданные, оси коленчатые, болты, оси саттелит;

- изделия деталей для железной дороги, в частности: крышки буксовые для электровозов;

- изготовление геологоремонтного оборудования и запасные части к нему: ролики, приводные и натяжные барабаны, роликоопоры, дефлекторные ролики, фланцы, шкивы, крышки корпусов подшипников, втулки, детали машин и механизмов токарной и фрезерной обработки Ø до 800 мм.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы. Близкое расположение крупных рынков сбыта, внедрение новых технологий и обновление парка оборудования, рост образования и повышение квалификации сотрудников являются сильными сторонами, но есть и негативные стороны и угрозы, такие как большая зависимость от импорта сырьевых материалов и комплектующих, высокая технологическая оснащенность конкурентов, дефицит квалифицированных кадров на всех уровнях производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назарбаев Н.А. – Стратегия «Казахстан – 2050». Новый политический курс состоявшегося государства: Послание Народу Казахстана. – Астана, 2012.
2. Сайт Комитета промышлености РК, http://www.comprom.kz; Пресс-релиз по отрасли машиностроения по итогам года.
3. Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года // Казахстанская правда. – 2010. – 12 февр. – С. 16-25.
4. Косиловой А.Г. Справочник технолога-машиностроителя / Косиловой А.Г. Т. 1 и Т. 2. М.: Машиностроение, 1986.
5. Горный журнал Казахстана. Программа по развитию машиностроения в Республике Казахстан на 2010-2014 годы / http://www.mining.kz.
6. Национальное агентство по экспорту и инвестициям «Kaznex Invest» / http://www. kaznexinvest.kz.
7. Статистический сборник Агентства РК по статистике «Наука и инновационная деятельность 2006-2010».
8. Программа «Развитие регионов», утвержденная Постановлением Правительства Республики Казахстан от 26 июля 2011 года №862.

УДК 334.1(075.8)

Феноменологические модели при изучении параметров механических передач в курсе «Детали машин»

В.И. ИЛЬКУН, к.т.н., доцент кафедры «ТМиТ»,
В.А. КУНАЕВ, магистр, инженер ЛИП «ЭМиН»,
Карагандинский государственный индустриальный университет

Ключевые слова: *редуктор механический, мультипликатор, электрический трансформатор, автотрансформатор, передаточное число, коэффициент трансформации, вариатор, гиперболоидная передача, феноменологическая модель, конъюнкция.*

Системы, в которых электрические и механические функциональные блоки объединены в одном агрегате, называются электромеханическими. Примерами таких систем являются механизмы подъема груза и передвижения грузовых тележек кранов различных типов и назначения, технологических агрегатов в горношахтной, металлургической промышленности и т.п. Во всех таких агрегатах присутствует одно и то же согласующее устройство – механическая передача. Назначение такой передачи – согласовывать угловую скорость вращения якоря (ротора) приводного двигателя с угловой скоростью выходного вала понижающей (повышающей) передачи, установленной между электродвигателем и рабочей машиной, для получения на этом валу крутящего момента, необходимого для выполнения рабочих операций (подъема грузов, вращения валков прокатного стана и др.).

Механические передачи, применяемые для преобразования мощности одного крутящего момента в ту же мощность (с учетом к.п.д.) другого момента, построены на принципе применения трения, зацепления и винтовой пары. Все перечисленные принципы реализуются в открытых и закрытых механических передачах. Указанные механические передачи, в основном, одноступенчатые (кроме редукторов, работающих по принципу зацепления). Последние могут выполняться как одно-, так и двух-, трех-, четырех- и пятиступенчатыми.

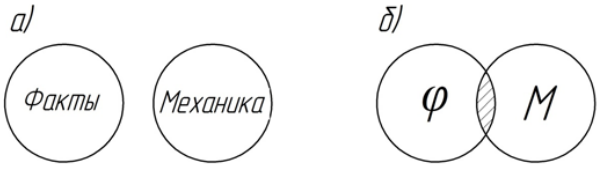
Механические передачи конструируют как с постоянным (i), так и с переменным (u) передаточным числом (отношением). В свою очередь, механические передачи с варьируемым передаточным числом подразделяют на механические передачи со ступенчатым (дискретным) изменением i (редукторы), в которых используется принцип: один корпус – одно передаточное число. Другой вариант исполнения зубчатых передач с дискретным изменением i – наличие в одном корпусе нескольких зубчатых передач с различными передаточными числами (коробки скоростей автомобилей, коробки передач металлорежущих станков). Кроме указанных, существуют механические передачи, в которых изменение передаточного отношения (u) осуществляется плавно. К ним относятся вариаторы различных конструкций.

В связи с тем, что иметь все модификации редукторов, фрикционных передач, вариаторов и других механических передач (или их моделей) в лабораториях вузов не всегда возможно по различным причинам (ограничение площадей лабораторий, недостаток средств или возможностей приобретения), что способствует снижению эффективности проведения учебного процесса, предложено проводить изучение различных параметров механических передач при помощи электрических трансформаторов и автотрансформаторов – устройств для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения (той же частоты). Такое предложение основано на аналогии, заключающейся в преобразовании механического параметра – вращающего момента меньшей величины (T_1) – во вращающий момент большей величины (T_2), т.е. при $T_1 < T_2$ в редукторах и наоборот ($T_2 < T_1$) – в мультипликаторах. Отношение $T_2 / T_1 = i$ – передаточное число. Для вариаторов дробь $T_2 / T_1 = u$ – передаточное отношение. Интервалы изменения i и u для различных механических передач приведены ниже:

Редукторы	$i > 1$
Мультипликаторы	$i < 1$
Фрикционные передачи	$i < u > 1$
Вариаторы	$i < u > 1$
Гиперболоидные передачи	$i \geq 1$
Цепные передачи	$i > 1$

В процессе моделирования механическую передачу заменяют ее электрическим аналогом – трансформатором или автотрансформатором. Из всего множества моделей, существующих в настоящее время и описанных в литературе [1, 3], представляют практический интерес феноменологические модели (греч. phainomenon – являющийся [1]). Эти модели – аналог исследуемой механической передачи в такой степени, в которой требует цель моделирования [1]. Феноменологическая модель в свою очередь делает возможным проведение математических операций, которые благодаря теории конструкций либо становятся основой алгоритма, либо используются только как еще одно средство определения особенностей изучаемого технического средства – механической передачи. Для этого используются как концептуальная информация

K_c, так и конструктивные характеристики K_s, определяющие конструкцию [1]. На рисунке 1 представлена модель такой системы как логическая конъюнкция (логическая операция – высказывание из двух простых, объединенных с помощью логической операции «и», т.е. $K_c \wedge K_s$ [1].



а) определенные факты (φ) и правила механики (М);
б) конъюнкция, включающая свойства конкретности и свойства, рассматриваемые в механике [1]

Рисунок 1 – Логические основы феноменологической модели

Трансформатор электрический – электромагнитное устройство (аппарат), преобразующее переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения (при неизменной частоте). Состоит из магнитопровода, набранного из листовой трансформаторной стали, и изолированных обмоток, охватываемых общим магнитным потоком. Различают трансформаторы однообмоточные (автотрансформаторы) и многообмоточные. Автотрансформатор – электрический трансформатор, у которого обмотка низкого напряжения является частью обмотки высокого напряжения. Недостаток автотрансформатора в наличии гальванической связи между первичной и вторичной электрическими обмотками. Трансформаторы и автотрансформаторы выполняют как понижающими, так и повышающими.

Коэффициент трансформации по аналогии с передаточным числом у редукторов и мультипликаторов, соответственно, может быть больше и меньше единицы и определяется выражениями:

а) для понижающего трансформатора и автотрансформатора:

$$i_H = U_П / U_B > 1, \quad (1)$$

где $U_П$, U_B – соответственно напряжения на первичной (сетевой) и вторичной обмотках;

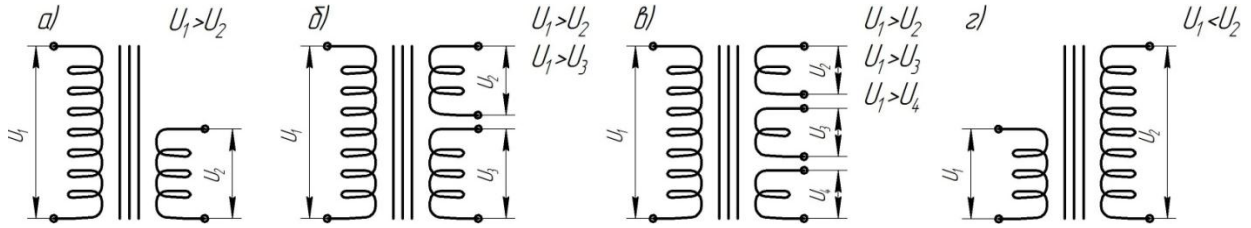
б) для повышающих трансформаторов и автотрансформаторов:

$$i_B = U_B / U_П < 1. \quad (2)$$

Общим для обоих рассматриваемых устройств является принцип обратимости, т.е. и те и другие могут быть как понижающими, так и повышающими. Кроме того, к конструктивным различиям обоих указанных устройств следует отнести изменения коэффициента трансформации n. У трансформаторов n – величина дискретная для каждой из вторичных обмоток, которые изолированы друг от друга. Для автотрансформаторов – дискретная и варьируемая в зависимости от конструкции токоотводящего устройства. На рисунке 2 показаны различные схемы трансформаторов. В таблице 1 приведено сопоставление механических и электрических размерностей механических и электрических аналогов (редукторов, трансформаторов и автотрансформаторов) [2]. На рисунке 3 показаны схемы автотрансформаторов.

На рисунке 4 показана механическая система с одной степенью свободы зубчатой передачи одноступенчатого редуктора [1].

Механические цепи, подобные показанной на рисунке 4, а, используют при ускоренном методе расчета (mobility method) [2], часто применяют при анализе установившегося движения различных механических систем. В нашем случае она применима при создании

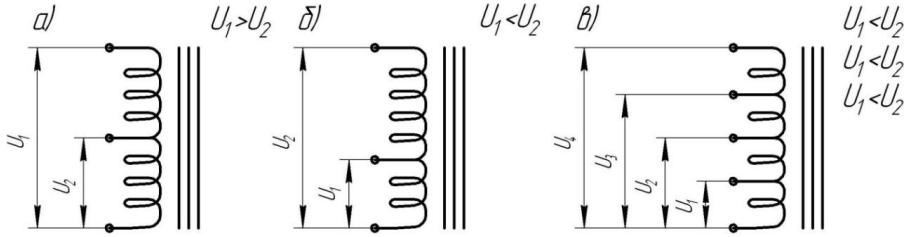


а) с одной понижающей обмоткой; б) с двумя понижающими обмотками; в) с тремя понижающими обмотками; г) с одной повышающей обмоткой

Рисунок 2 – Схемы трансформаторов

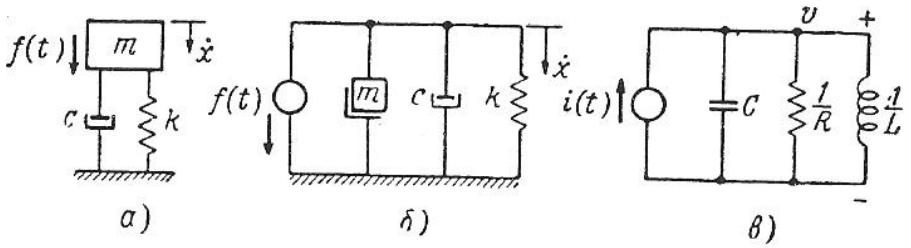
Таблица 1 – Сопоставление аналоговых величин в механических и электрических системах [2]

Механическая величина	Электрическая величина	
	Аналогия напряжение – сила	Аналогия ток – сила
Сила f (Н)	Напряжение v (в)	Ток I (а)
Скорость v (м/с)	Ток $\dot{I}$ (а)	Напряжение V (в)
Перемещение $x = \int_0^t \dot{x}dt$ (м)	Заряд $q = \int_0^t Idt (K)$	Потокосцепление (магнит-поток) $W = \int_0^t vdt$ (вб)
Масса m (кг)	Индуктивность L (гн)	Емкость C ($Ф$)
Вязкое демпфирование (Н·с/м)	Сопротивление R (Ом)	Проводимость $1/R$ (Ом$^{-1}$)
Податливость $1/K$ (м/Н)	Емкость C ($Ф$)	Индуктивность L (гн)
Передаточное число i	Коэффициент трансформации n	Коэффициент трансформации n
Мощность P (кВт)	Мощность P (кВт)	Мощность P (кВт)
Вращающий (крутящий) момент T (Н·м)	$C_{кр}\,\dot{\theta}_L$	$C_{кр}\,\dot{\theta}_L$



а) понижающего при $U_1 > U_2$; б) повышающего при $U_1 < U_2$; в) повышающего, с варьируемым коэффициентом трансформации, при $U_1 < U_2$; $U_1 < U_3$; $U_1 < U_4$

Рисунок 3 – Схемы автотрансформаторов



а) механическая система; б) механическая цепь; в) электрическая аналогия механической цепи [2]

Рисунок 4 – Сопоставление механической цепи, имеющей одну степень свободы, с аналогией ток-сила

электрического аналога зубчатой передачи одноступенчатого редуктора (рисунок 5, а) [2]. Так как возмущение $f(t)$ и инерционная сила $m\ddot{x}$ измеряются относительно земли [2], то механическая цепь построена в соответствии с рисунком 4, б. При применении аналогии ток-сила электрическая аналогия такой механической системы имеет вид (рисунок 4, в). Сравнивая рисунок 4, б и рисунок 4, в, видим, что механическое соединение идентично узлу в электроцепи и обе схемы совпадают по конфигурации.

Пользуясь таблицей 1, запишем дифференциальные уравнения движения зубчатой передачи (рисунок 4, б), принимая, что для крутильной системы электрическое напряжение является аналогией крутящего момента [2, с. 320], а контурный ток – как аналогия угловой скорости, получаем, что зубчатый редуктор (рисунок 5, а) аналогичен идеальному трансформатору [2, с. 321]. Из выражения $i = n$ следует, что

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{z_3}{z_2}, \qquad (3)$$

где V_2, V_3 – напряжение на первичной и вторичной обмотках трансформатора, в;

N_2, N_3 – число витков первичной и вторичной обмоток трансформатора;

z_2, z_3 – число зубьев соответственно ведущего и ведомого зубчатых колес одноступенчатого редуктора.

На рисунке 5 показаны кинематическая и расчетная схема одноступенчатого редуктора.

Уравнения движения механической системы (рисунок 5, б) [2]:

$$J_1\ddot{\theta}_1 + K_{кр1}\theta_1 - K_{кр1}\theta_2 = T(t),$$
$$J_2\ddot{\theta}_2 + K_{кр1}\theta_2 - K_{кр1}\theta_1 = -T_2(t),$$
$$J_3\ddot{\theta}_3 + K_{кр2}\theta_3 - K_{кр2}\theta_4 = T_3(t),$$
$$J_4\ddot{\theta}_4 + K_{кр2}\theta_4 - K_{кр2}\theta_3 = -T_4(t).$$

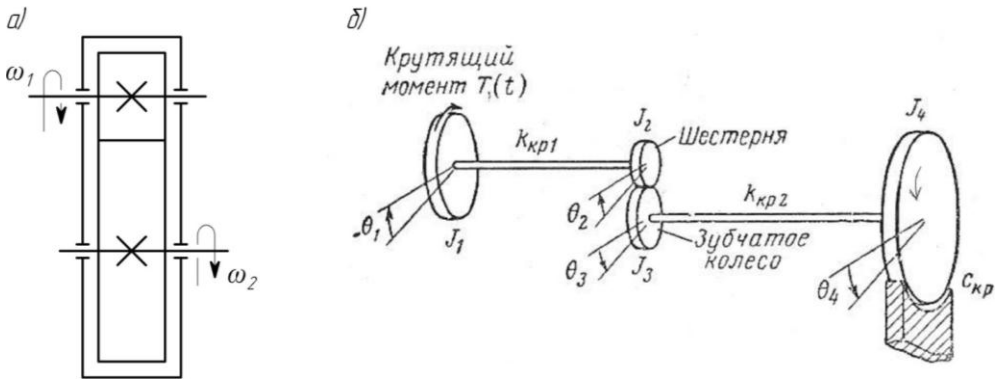
Пользуясь символом V для обозначения изменения напряжения, запишем уравнения электроцепи в виде [2]:

$$L_1\frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_1}\int i_1 dt - \frac{1}{C_1}\int i_2 dt = V_1(t),$$
$$L_2\frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_1}\int i_2 dt - \frac{1}{C_1}\int i_1 dt = -V_2,$$
$$L_3\frac{di_3}{dt} + \frac{1}{C_2}\int i_3 dt - \frac{1}{C_2}\int i_4 dt = V_3,$$
$$L_4\frac{di_4}{dt} + Ri_4 + \frac{1}{C_2}\int i_4 dt - \frac{1}{C_2}\int i_3 dt = 0.$$

На рисунке 6, а представлен идеальный трансформатор как аналог одноступенчатой зубчатой передачи (рисунок 5, а) и аналог – напряжение – крутящий момент для такого трансформатора (рисунок 6, б).

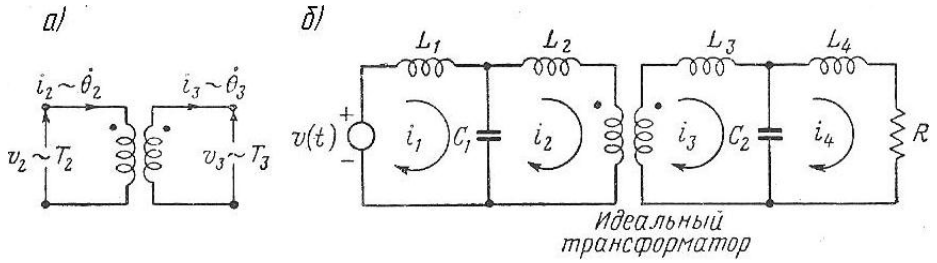
Пользуясь вышеприведенной методикой, можно моделировать процессы, происходящие в одно-, двух-, трехступенчатых механических передачах, например, зубчатых редукторах. Для этого необходимо иметь моменты инерции масс быстроходной, промежуточной и тихоходной ступеней и соответствующие им параметры, взятые из таблицы 1, электрических аналогов механических величин. Такую подготовительную работу следует проводить, пользуясь, например, данными [4,5]. В таблице 2 приведена разбивка передаточных чисел для одно-, двух-, трехступенчатых редукторов, которую можно использовать при проведении лабораторных работ для определения, например, передаточного числа редуктора по схеме (рисунок 7).

При выполнении вторичной обмотки, секционированной (с отводами) – отвод 1 – общий (рисунок 7). Тогда, используя один понижающий трансформатор, можно моделировать процессы на одном-, двух-, трехступенчатых редукторах. При проведении лабораторных работ напряжения, соответствующие заданным коэффициентам трансформации (n), выводятся на



а) кинематическая схема; б) расчетная схема [2]

Рисунок 5 – Одноступенчатый редуктор



а) идеальный трансформатор, представляющий зубчатую передачу; б) аналог напряжение – крутящий момент для идеального трансформатора

Рисунок 6 – Аналог напряжение – крутящий момент для механической системы, приведенной на рисунке 4 [2]

Таблица 2 – Разбивка передаточных чисел по ступеням механических редукторов

Редуктор	Диапазон передаточных чисел и соответствующий этим числам номер гнезд	Интервал номеров гнезд (рисунок 7)
Одноступенчатый	i_{peo} = 1,25 (***2***); 1,4 (***3***); 1,6 (***4***); 1,8 (***5***); 2 (***6***); 2,24 (7); 2,5 (***8***); 2,8 (***9***) ; 3,15 (***10***); 3,55 (***11***); 4 (***12***); 4,5 (***13***); 5 (***14***); 5,6 (***15***); 6,3 (***16***); 7,1 (***17***); 8;9 (***18***); 10 (***19***); 11,2 (***20***); 12,5 (***21***);	2-21
Двухступенчатый	i_{peo} = – – – – – 14 (***22***); 16 (***23***); 18 (***24***); 20 (***25***); 22,4 (***26***); 25 (***27***); 28 (***28***); 31,5 (***29***); 35,5 (***30***); 40 (***31***); 45 (***32***); 50 (***33***); 56 (***34***); 63 (***35***);	2-(22÷35)
Трехступенчатый	i_{peo} = – – – – – – – – – – – – 71 (***36***); 80 (***37***); 90 (***38***); 100 (***39***); 112 (***40***); 125 (***41***); 140 (***42***); 160 (***43***); 180 (***44***); 200 (***45***); 224 (***46***); 250 (***47***).	2-(36÷47)
	Общее количество передаточных чисел $i_{общ}$ = 47	

Примечания: 1 – общий вывод для всех вторичных обмоток; 2 – цифры в скобках после передаточных чисел соответствуют номерам гнезд вторичной обмотки (рисунок 7)

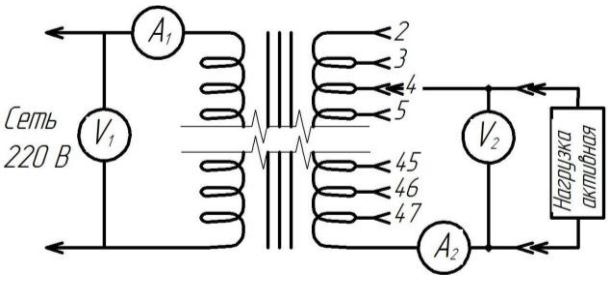


Рисунок 7 – Лабораторная установка с понижающим электрическим трансформатором как феноменологической моделью одно-, двух- и трехступенчатых редукторов (условные обозначения: *V*_1, *A*_1 – вольтметр и амперметр на первичной обмотке, *V*_2, *A*_2 – вольтметр и амперметр на вторичной обмотке)

стандартные электрические гнезда, что соответствует выбору требуемого передаточного числа и по коэффициенту трансформации *n*. В таком случае трансформатор, моделирующий работу перечисленных зубчатых редукторов, будет иметь на вторичной стороне 47 гнезд (+ один общий вывод).

В процессе проведения лабораторных работ студенты смогут глубже понять существующие электромеханические аналогии между механическими редукторами и электрическими трансформаторами. Подобная установка позволит также расширить перечень вопросов, подлежащих исследованию при изучении электромеханических систем.

Реализация работы мультипликатора с $i_м < 1$ может быть выполнена на повышающем трансформаторе со вторичной (повышающей) секционированной обмоткой. Замер передаточных отношений передач с гибкой связью (*u*) целесообразнее проводить на автотрансформаторе с одним скользящим контактом на вторичной секции обмотки. Таким образом, весь комплекс лабораторного оборудования в этом случае сводится к двум трансформаторам и одному автотрансформатору, что позволяет выполнить как минимум три лабораторные работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход / Пер. с польск.; Под ред. докт. техн. наук В.М. Броденского. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
2. Цзе Ф.С., Морзе И.Е., Хинкл Р.Т. Механические колебания / Пер. с англ.; Под ред. чл.-корр. АН СССР И.Ф. Образцова. – М.: Машиностроение, 1966. – 508 с.
3. Справочная книга по математической логике. В 4-х частях / Под ред. Дж. Барвайса. Ч. II. Теория множеств; Пер. с англ. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1982. – 376 с.
4. Харахаш В.А. Редукторы цилиндрические. Справочное руководство. М.-К. Машгиз. Южное отделение Машгиза, 1961. – 148 с.
5. Боков В.Н. и др. Детали машин. Атлас: Уч. пособие для машиностр. техникумов / В.Н. Боков, Д.В. Чернилевский, П.П. Будько; Под. ред. В.М. Журавель. – М.: Машиностроение, 1983. – 164 с.

УДК 669.04

Схемы процесса рафинирования металлов и сплавов фильтрованием

А.З. ИСАГУЛОВ, *д.т.н., профессор, первый проректор,*
Ж.Д. ЖОЛДУБАЕВА, *доктор PhD, ст. преп. кафедры НТМ,*
Д.К. ИСИН, *к.т.н., профессор кафедры НТМ,*
А.Д. МЕХТИЕВ, *к.т.н., зав. кафедрой ТСС,*
Е.Е. ТЛЕУБЕРЛИНОВ, *магистрант кафедры НТМ,*
Карагандинский государственный технический университет

Ключевые слова: *фильтр, фильтрование, гранула, неметаллическое включение.*

Процесс фильтрации металлического расплава в целом во многом аналогичен фильтрации нормальных несжимаемых жидкостей, существующих в естественных условиях, однако закономерности течения жидкого металла через каналы и поры фильтров усложняются тепловыми и химическими процессами, поверхностными и межфазными явлениями на границе раздела «металл-фильтр» и др. Одна из первых публикаций, посвящённых применению фильтрования с целью очищения меди, относится к 1912 г. В середине 40-х годов прошлого века в Советском Союзе технология фильтрования была опробована на легкоплавких баббитах. Однако целенаправленные исследования эффективности фильтрационного метода и широкое его применение в промышленности начинаются в основном с 1950-х годов и с тех пор этот способ прочно вошел в металлургическую практику. Первоначально фильтрационный метод использовали главным образом для рафинирования алюминия и его сплавов. Позднее высокая эффективность фильтрования подтвердилась и при очистке расплавов чугунов. В СССР при производстве чугунных отливок была создана и внедрена в промышленность новая технология заливки форм, названная «фирам-процесс», предусматривающая использование фильтрующей сетки из стеклоткани. В настоящее время для рафинирования литейных чугунов наряду со стеклотканными фильтрами широко используются пенокерамические, экструдированные, а также зернистые фильтры [1].

Первые работы, посвящённые фильтрованию более высокотемпературных расплавов, проведённые в Советском Союзе в 1980-е годы, доказали возможность и эффективность применения данного метода для рафинирования стали. Аналогичные работы в США, Японии, Франции и других странах в основном появляются в 90-е годы прошлого столетия. В странах СНГ фильтрационный метод применяется главным образом в России, а также Белоруссии и Украине, но, как указывают авторы сборника: «редко и в небольших объёмах и одной из причин такого положения является недостаточная информированность специалистов» об этом способе. При этом в индустриально развитых странах Европы и США более 50% продукции литейного производства производится с применением фильтрационной технологии очистки металлических расплавов. Необходимо отметить, что в цветной металлургии, в частности, при производстве слитков из деформируемых алюминиевых сплавов фильтрование расплава перед разливкой является обязательной операцией. В последние годы этот способ находит применение и в чёрной металлургии, в частности, для решения актуальной проблемы, связанной с зарастанием разливочных и погружных стаканов при непрерывной разливке металлов и сплавов путём установки фильтров в промежуточных ковшах МНЛЗ.

Данному методу присущ ряд отличительных особенностей и технологических преимуществ, а именно:

- при фильтровании рафинированию подвергается последовательно весь объем жидкого металла, а сам процесс может быть осуществлён непосредственно при разливке расплава из печи в ковш, при заливке металла в кристаллизатор, изложницу или литейную форму;

- сравнительная простота технологического процесса, поскольку данный способ не требует технически сложной подготовки специальных материалов (например, синтетических шлаков, флюсов, тонкодисперсных порошков и др.), а также капитальных затрат на приобретение дорогостоящего оборудования;

- при этом он легко вписывается в действующий на производстве технологический процесс, не занимая дефицитных производственных площадей.

Существует две принципиальные схемы процесса фильтрационного рафинирования металлов: 1) фильтрование через плоские (двумерные) фильтры (пластины, сетки) и 2) фильтрование через объёмные (трёхмерные) фильтры. Первоначально в качестве двумерного и объёмного фильтров использовали соответственно пластины с отверстиями, изготовленные формовкой из стержневой смеси и насыпные элементы, составленные из природных огнеупорных зёрен или кусков. На сегодняшний момент спектр применяемых для рафинирования металлов фильтров значительно расширился [2,3].

Конструктивно их можно разделить на следующие типы: 1) пластинчатые канальные, 2) пластинчатые ячеистые, 3) сетчатые, 4) воронкообразные, 5) пенокерамические и 6) насыпные зернистые (кусковые), (см. рисунок).

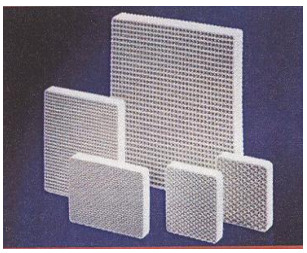
Пластинчатый канальный фильтр (рисунок, а) представляет собой керамическую пластину толщиной 15-17 мм различной геометрической формы с канально-прямоточными отверстиями диаметром от 3 до 6,6 мм, получаемую прессованием с последующим обжигом. В таких фильтрах отверстия отстоят друг от друга на расстоянии, равном половине их диаметра. Вследствие того, что в этих фильтрах поры (каналы) одинакового размера и формы и при этом параллельно ориентированы, они создают ламинарный характер истечения расплавов.

Ячеистые пластинчатые фильтры (рисунок, б) являются разновидностью канальных фильтров (с числом ячеек от 8 до 64 на 1 $см^2$), в которых проходные отверстия расположены ближе друг к другу за счёт уменьшения толщины стенок между ними. Такие фильтры производятся путём экструзии керамического материала (53% Al_2O_3, 40% SiO_2, 7% MgO) для создания ячеек заданного размера. Процесс экструзии позволяет получать ячеистые фильтры, имеющие упорядоченно расположенные прямые каналы постоянного поперечного сечения квадратной или треугольной формы. Для получения высокопрочной структуры изделие подвергается спеканию. Среди различных модификаций сетчатых фильтров (металлические, керамические, металлические с огнеупорным покрытием, металлокерамические) достаточно широкое применение для очистки цветных металлов и сплавов, а также чугуна получили фильтры в виде тканой сетки из специального стекловолокна ($SiO_2 \geq$ 97%) с квадратной или прямоугольной фильтрующей ячейкой размером от 1,5×1,5 мм до 2,0×2,0 мм (рисунок, в). Эти фильтрующие сетки за счёт пропитки синтетическими смолами и другими углеродсодержащими растворами производятся в трёх вариантах – мягком, полужёстком и жёстком. Они обладают достаточно высокой химической и термической стойкостью в жидком металле и являются, как уже указывалось выше, основой известной в мире технологии «фирам-процесс».

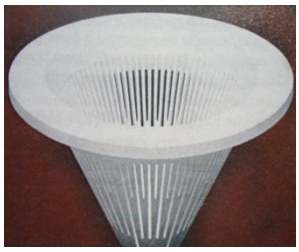
Воронкообразный фильтр, устанавливаемый непосредственно перед заливкой в форму, имеет узкие прорези трёх размеров 0,050, 0,035 и 0,020 дюйма (1,27, 0,90 и 0,51 мм) (рисунок, г). Благодаря большой площади фильтрования практически исключается его засорение и замедление потока расплавленного металла, однако в настоящее время такие фильтры не получили широкого распространения.

Рассмотренные типы фильтров (рисунок, а-г), которые из-за небольшой высоты (толщины) фильтрующего слоя можно отнести к двумерным, позволяют очищать расплав главным образом от крупных неметаллических включений, чаще всего экзогенного характера, размер которых больше размера поровых каналов фильтра. Однако общеизвестно, что в металлических расплавах мелкодисперсные включения и численно, и в объемных долях составляют большую часть неметаллических частиц. Уменьшение размеров отверстий (каналов) или применение многослойного фильтра увеличивает рафинирующий эффект, но это ограничивается возможностью протекания расплава по каналам фильтра из-за увеличивающегося противодавления, связанного с несмачиванием поверхности фильтра фильтруемым расплавом [4].

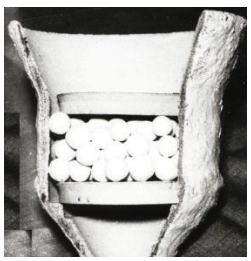
а


б

в


г

д


е

а) пластинчатые канальные (прессованные), б) пластинчатые ячеистые (экструдированные), в) сетчатые тканые, г) воронкообразные с прорезями, д) пенокерамические, е) насыпные зернистые (кусковые)

Общий вид фильтров

Таким образом, двумерные фильтры не позволяют достаточно эффективно очищать металлический расплав от мелкодисперсных включений, размер которых значительно меньше размеров отверстий в них. Этот недостаток плоских фильтров не удается устранить какими-либо методами активизации взаимодействия неметаллических включений с поверхностью фильтра. Но при этом необходимо отметить, что в чугунолитейном производстве они получили большое применение в связи с тем, что при рафинировании чугунов очень важно, чтобы в металле не было грубых неметаллических частиц, размер которых превышает размер графитных включений, поскольку последние в металлической матрице являются очагами концентрации внутренних напряжений и зарождения трещин.

Объёмные (трёхмерные) фильтры, которые практически лишены вышеперечисленных недостатков, представляют собой либо цельный блок из пенокерамики (рисунок, д), либо фильтрующий слой определённой высоты, составленный из насыпных зерен (кусков, гранул) определенного размера (рисунок, е). Технология получения пенокерамического фильтра (ПКФ) основана на воспроизведении структуры ячеистого пенополиуретана путем пропитки его керамическим составом. При сушке и последующем обжиге полиуретан удаляется и остается пористый керамический материал с общим объёмом пустот 85-95% (рисунок, д). Обычно высота пенокерамического фильтра (ПКФ) не превышает 25 мм, но при фильтровании алюминиевых расплавов при производстве деформируемых слитков она достигает 50 мм. При этом количество пор в них составляет от 4 до 20 на 1 см, т.е. их средний размер изменяется соответственно от 2,5 до 0,5 мм. В качестве огнеупорных материалов для изготовления таких фильтров используют: Al_2O_3, $Al_2O_3 \cdot SiO_2$, $Al_2O_3 \cdot ZrO_2$, $ZrSiO_4$, SiC и др. За рубежом пенокерамические фильтры производят такие известные фирмы, как «Foseco» (Англия), «Drache» (Германия), «Hi-TechCeramics» (США), Selee» (США), Consolidated Aluminium (Швейцария), «Posco» (Корея), «Lanik» (Чехия) и др. В странах СНГ такие фильтры изготавливают НИИ Стройкерамика (г. Москва), РИТЦ ПМ (г. Пермь), ГНУ «Институт порошковой металлургии» (г. Минск). Пенокерамические фильтры хорошо зарекомендовали себя при рафинировании цветных металлов, в первую очередь алюминиевых расплавов, а в последние годы их стали активно применять при литье чугуна и стали. Это потребовало налаживания промышленного производства пенокерамических фильтров из высококачественных огнеупорных материалов, например, на основе диоксида циркония или смеси последнего и глинозёма, стабилизированного оксидами кальция, магния или иттрия, упрочненных твёрдофазным спеканием. Достоинством этих фильтров является компактность и технологичность в смысле удобства их установки и необязательности предварительного подогрева перед разливкой. Недостатками этих фильтров является: сложность технологии изготовления, склонность к быстрому закупориванию каналов фильтра и к разрушению в связи с очень малой толщиной стенок поровых каналов с образованием мелкой крошки, увлекаемой потоком металла в форму, а также необходимость применения неэкологичного полиуретана.

Отличительной особенностью насыпных зернистых фильтров, составленных из кусковых или гранулированных элементов, является большая поверхность их контакта с расплавленным металлом в процессе фильтрования и наличие протяжённых межзеренных каналов с широкими и тонкими сечениями, что обусловливает удаление из расплава как крупных, так и мелких неметаллических включений. Кусковой фильтр получают путем дробления огнеупорного материала с последующим его просеиванием с целью получения кусочков определенного размера. Такая упрощённая технология отличается низким выходом нужной фракции кусков и экономически не рациональна при фильтровании в производственных условиях. Фильтрующие элементы в виде гранул получают или путем прессования [5], или методом окатывания соответствующих порошков. Первый способ позволяет получать качественные фильтрующие элементы, но является трудоёмким и малопроизводительным, при этом получаемые элементы отличаются очень низкой пористостью.

Изготовление фильтрующих элементов методом окатывания экономичнее и производительнее, чем прессование, не требует дорогостоящего оборудования, при этом сам процесс гранулирования легко поддаётся механизации и автоматизации. Достоинством этого способа является также то, что фильтрующие элементы можно получать как однородного состава, так и из смеси различных материалов, причём различной пористости и практически любого размера. Метод окатывания позволяет изготавливать гранулы, содержащие в своём составе специальные компоненты с целью раскисления, модифицирования или легирования фильтруемого металла, производить двухслойные элементы, т.е. внутреннее ядро окатыша из недефицитного и дешевого огнеупорного материала, а наружный слой – из специального адгезионно-активного состава, обеспечивающего его высокую рафинирующую способность или из высокоэффективного, но дефицитного материала. В связи с последним зернистые фильтры подразделяют на активные и пассивные по отношению к удаляемым примесям. Кроме того, зернистые фильтры делятся на свободные (свободно плавающие) и жёсткие. Первые представляют собой фильтр, составляющие элементы которого, засыпаемые в какую-либо ёмкость типа воронки (с нижней сеткой), свободно плавают в расплаве в процессе фильтрации. Достоинством таких фильтров является максимальная пропускная способность, необязательность предварительного их подогрева перед фильтрацией, стопроцентный контакт всей поверхности фильтрующего элемента с металлическим расплавом. Недостатком свободных фильтров является образование каналов, имеющих тенденцию увеличиваться в размерах в процессе разливки, что приводит к снижению рафинирующего эффекта очистки расплава от НМВ. К жёстким фильтрам относятся зернистые фильтры с нижней и верхней сетками, между которыми размещены фильтрующие элементы, а также ПКФ. В качестве недостатка зернистых фильтров можно назвать

относительно низкую технологичность в практическом применении в сравнении с другими типами фильтров [6].

Исследованиями сравнительной эффективности фильтров различных типов при рафинировании высокопрочного магниевого чугуна установлено, что пенокерамические и зернистые фильтры обеспечивают значительно более высокую степень очистки, чем кремнезёмистые сетки. Одним из основных дефектов, присущих изделиям из этого чугуна, является наличие в них так называемых «чёрных пятен», представляющих собой крупные скопления неметаллических включений – продуктов взаимодействия магния с кислородом и серой. Экспериментально доказано, что зернистые фильтры по достигаемой степени очищения расплава от «чёрных пятен» эффективнее пенокерамических фильтров.

Суммируя вышесказанное, в качестве достоинств зернистых фильтров можно отметить следующие [7]:

- высокая комплексная рафинирующая способность, не уступающая пенокерамическим фильтрам,

- простота технологии изготовления фильтрующих элементов в виде гранул различной пористости из доступных и недорогих материалов,

- уникальная возможность варьирования состава фильтра в зависимости от природы фильтруемого расплава и удаляемой примеси,

- возможность управления степенью рафинирования и регулирования пропускной способности фильтра за счёт изменения размера насыпных элементов, их пористости, высоты фильтрующего слоя и др.

Важно отметить, что фильтрационный способ с использованием объёмных фильтров, в отличие от многих других методов, позволяет очищать металлический расплав как от первичных, так и вторичных включений, образующихся к моменту фильтрации, а при заливке отфильтрованного металла сразу в какую-либо форму фактически устраняет явление вторичного окисления.

Таким образом, в мировой практике использование фильтрации совершенно необходимо для получения высококачественных отливок, а также при производстве слитков из деформируемых алюминиевых сплавов. В последние годы этот способ находит применение и в черной металлургии, в частности, при непрерывной разливке металлов и сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киманов Б.М. Разработка научных основ и технологии фильтрационного рафинирования черных и цветных металлов и сплавов: Дис. … д-ра техн.наук; 05.16.12. – Караганда, 2010. – 211 с.
2. Тен Э.Б., Рахуба Е.М., Киманов Б.М., Жолдубаева Ж.Д. Ресурсы повышения рафинирующего потенциала фильтров для жидких металлов // Литейщик России. – 2013. – № 11. – С. 38-42.
3. Тен Э.Б., Рахуба Е.М., Киманов Б.М., Жолдубаева Ж.Д. Повышение рафинирующего потенциала фильтров для жидких металлов // Материалы VII межд. науч.-практ. конф. «Прогрессивные литейные технологии». – М.: МИСиС. – 2013. – С. 368-374.
4 Киманов Б.М. Оценка факторов осаждения на фильтре взвешенных в расплаве неметаллических включений // Труды 3-й международной Казахстанской металлургической конф. – Темиртау: КГИУ. – 2010. – С. 103-106.
5 Shayakhmetov B.K., Kimanov B.M., Ten E.B., Issagulov A.Z., Zholdubayeva Zh.D., Issagulova D.A. Gravimetrik and Dilatometric Researches of Elements Action three Dimensional filter by termal effects // Metalurgija. – 2013. – Vol. 53. – № 1. – P. 44-46.
6 Тен Э.Б., Киманов Б.М. Исследования рафинирующих эффектов фильтрования жидких металлов // Труды межд. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». – Караганда, 2003. – С. 299-301.
7 Тен Э.Б., Бибиков А.М., Гришин В.М., Киманов Б.М. Управление формированием качественных отливок //Литейное производство. – 2003. – №5. – С. 5-8.

ӘОЖ 621.9.02 = 512.122

Машинажасау өнеркәсіптеріндегі металдайындамаларды кесудің жағдайы мен мәселелері

А.В. МАЗДУБАЙ[1], *докторант,*
К.Т. ШЕРОВ[1], *т.ғ.д., профессор,*
М.М. МУСАЕВ[1], *докторант,*
А. ЧЕРЕШКА[2], *профессор,*
[1]Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті
[2]Гедиминас атындағы Вильнюс техникалық университеті

Кілт сөздер: *термофрикциялық кесу, лазермен кесу, экзотүйіспелі кесу, кесу түрлері, диск, үйкеліс дискісі, қиыстырылған кесу тәсілі.*

Машинажасау кез келген индустриалды дамыған мемлекет экономикасының маңызды саласы болып табылады. Сан-алуан жабдықтарды, машиналарды, білдектерді, аспаптарды, сонымен қатар, халыққа арналған тауарларды жасау арқылы машинажасау саласы агроөнеркәсіптік кешеннің, энергетикалық және металлургиялық секторлардың, көліктің және басқа да экономиканың маңызды салаларының тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Машинажасау саласының тұрақты дамуы мен сенімді қызмет етуі көп жағдайларда экономиканың қуатсыйымдылығы мен материалсыйымдылығын, еңбек өнімділігін, өндіріс өнеркәсіптерінің экологиялық қауіпсіздігін және елдің экономикалық қауіпсіздігін негіздейді.

Қол еңбегін азайтып, өндірістік процестерді автоматтандыру арқылы өндірісті ұлғайту ғылыми техникалық төңкерістің халықтық шаруашылықтағы негізгі бағыты. Машинажасаудағы, тау-кен және металлургия саласындағы, аспап жасау және жеңіл машинажасау өнеркәсіптеріндегі ең еңбексыйымды операцияларының бірі материалдарды кесу, яғни жалпы технологиялық процестің бірінші операциясы болып табылады. Дайындау цехтарына келіп түсетін материалдар механикалық әдістерді (жүзді төсемелер, таспалы аралар, кескіштер, жоңғыштар, қайшылар, абразивті дөңгелектер және т.б.) қолдану арқылы кесіледі.

Кесудің тәсілдерін араның көмегімен өңдейтін және түрлі физикалық-техникалық және химиялық эффекттерді қолданумен өңдейтін деп бөлуге болады. Ара [1] түріндегі құралды қолданумен кесудің тәсілін қолданылатын білдек түріне байланысты келесіден бөлуге болады:

1. Пышақты-кескіш.
2. Жоңғылай-кескіш.
3. Таспалы-кескіш.
4. Абразивті-кескіш.

Алғашқы екеуі кеңінен қолданылады, қарапайымдылығымен, кесудің қанағаттандырарлықтай сапасымен ерекшеленеді, бірақ өнімділігі айтарлықтай аз және құралды жиі қайта қайрауды қажет етеді. Қолданылатын жүзді төсемелер немесе кескіш жоңғылардың сегменттерін қайта қайраудың жіберілетін санының аз екенін ескерсек, құралға кететін шығындар білдек құнынан артып кететін болады. Қайта қайрау процесі де күрделі болып табылады. Таспалы-кескіш білдектер қымбат және аралау таспаларын тұрақты түрде жаңалап тұру үлкен қиындықтармен орындалады. Абразивті-кескіш білдектердің технологиялық шектелумен аз қолданыс табуы кесілетін дайындаманың қимадағы максималды өлшемі 50 мм аспайтын абразивті жұмысшы бөлігінің енімен анықталуымен түсіндіріледі [1]. Бұдан басқа, абразивті дисктерге кететін шығын да мәнді болып саналады, себебі олардың шыдамдылығы өте аз (50 мм енді кесу кезінде < 50).

Бірақ, осы кемшіліктерге қарамастан, олар өнімді болып табылады, кесу бетінің жоғары сапасын қамтамасыз етеді және дерлік барлық металды кесіп тастауға мүмкіндік береді (пластикалық материалдардан басқа).

Қолданылатын жабдықтардың күрделілігі бойынша соңғысы ең қарапайым болып табылады.

Қарастырылып отырған әдістер 20 ғасырдың екінші жартысында кең қолданыла бастады. Дәнекерлеу әдісін пайдалана отырып кесу ерекше. Газ және электро дәнекерлеу арқылы кесу 19 ғасырда қолданылды. Екі әдісте де кесу бетінің сапасы біршама төмен болғандықтан, оны қарастырмаса да болады.

Белгілі әдістерді жүйелілікпен талдап көрейік.

Лазер сәулесін пайдаланып кесу. Бұл әдістің келешегі бар, себебі ол сәйкес қуатты (N > 100 кВТ) қамтамасыз ете отырып, жоғары өнімділік пен кесу бетінің жоғары сапасын қоса атқарады. Қазіргі уақытта соңғы жағдай кең қолданылады.

Мүмкін жақын болашақта, ғылым мен техниканың тиісті дамуына байланысты, бұл қуат мөлшерін сәуленің көп бөлігін шектеу арқылы азайтуға болады. Кесудің мұндай әдісі ең көп таралған әдіс болады, бірақ қазіргі таңда шынайы қолданысты кеңейтуге көп электроэнергия мен капитал шығындалады. Сонымен қатар, кесу бетін шынықтыру мәселесі де шешілмеген.

Ультрадыбыс және электроэрозиялық тәсілдер кесудің жоғары сапасын қамтамасыз етеді және металдардың физикалық-механикалық қасиеттеріне байланысты мүмкіндіктері шексіз болады [2]. Бірақ олардың өнімділігі оларды қолдану экзотикалық болардай

(өте қатты металдарды кесу және еріту үшін ғана, мысалы, шыңдалған және металлокерамикалық) өте төмен, яғни басқа әдістерді қолдану мүмкін емес.

Химиялық және химия-термиялық тәсілдер де аз таралған. Себебі, мұнда өте қымбат білдектер мен химиялық компоненттерді қолданады.

Ағынмен кесу – дайындамаға өте жоғары қысыммен түйісу ағынымен үрлеу есебінен жүзеге асырылатын тәсіл. Ағын сұйықтық пен ұсақдисперсті қатты бөлшектердің қоспасынан тұруы мүмкін. Кесу сапасы жоғары, бірақ өнімділік ағын жылдамдығына немесе сол ағынның қысымына тура пропорционал болып келеді.

Экзотүйіспелі тәсіл кесуші диск катод пен кесілуші металл анодтың арасында 40 А-ге дейін токты өткізу арқылы жүреді. Дисктың айналу саны – 3000 айн/мин. Үлкен электр шығыны мен қиын электрлік қайта жасаушы жабдықтарды қолдануды талап етеді. Кесу сапасы тұрақтылыққа тәуелді, сондықтан өндірісте көптеп қолданылмайды.

Дәстүрлі термофрикциялық кесу – бұл тәсіл айналушы дисктің жиегіндегі аймағындағы сыртқы үйкелісті пайдалану арқылы орындалады. Сонымен қатар, сызықтық жылдамдық қанша жоғары болса, оның өнімділігі де сонша жоғары болады. Кесу барысында жылдамдықтың ең аз шегі $V\min > 100$ м/с болады. Мұнда диаметрі 350 мм дисктің айналу саны 6000 айн/мин кем емес. Дисктің диаметрін тым үлкейту тиімсіз. Шпиндельге $n > 6000$ айн/мин қамтамасыз ететін станокқа жоғары талап қойылады, оның қымбат болуы осыған байланысты. Бұл әдісті жүзеге асыру үшін 40 кВт/сағ энергия қажет. Бірақ, жоғары жылдамдықты пайдалану қажеттілігі шектен тыс шудың 150 дБ пайда болуына, кесу қабілетінің төмендеуіне әкеп соғады. Бұл кесілуші материалдың кесу зонасында балқу температурасына жетуімен түсіндіріледі. Осыған байланысты кесілу беті 0,5 – 1 мм тереңдікке шынықтырылады және дисктің кесу аймағынан шығатын жерінде үлкен өлшемді қылау пайда болады. Бұл факторлар құралдың беріктігіне әсер етеді және кесу бетін өңдеу барысында дайындаманың келесі операцияларда тиімді орналасуына кедергі келтіреді.

Дәстүрлі термофрикционды кесу – бұл әдіс айналушы дисктің жиегіндегі өңделетін материалмен сыртқы үйкеліс жұмысын пайдалану арқылы орындалады [3, 170-176 б.]. Сонымен қатар, сызықтық жылдамдық қанша жоғары болса, оның өнімділігі де сонша жоғары болады (сол жерде, 226 б.). Кесу барысында жылдамдықтың ең аз шегі $V\min > 100$ м/с болады [3, 251 б.]. Мұнда диаметрі 350 мм дисктің айналу саны 6000 айн/мин кем емес. Дисктің диаметрін тым үлкейту тиімсіз. Айналдырыққа $n > 6000$ айн/мин қамтамасыз ететін білдекке жоғары талап қойылады, оның қымбат болуы осыған байланысты. Бұл әдісті жүзеге асыру үшін 40 кВт/сағ энергия қажет. Бірақ, жоғары жылдамдықты пайдалану қажеттілігі шектен тыс шудың 150 дБ пайда болуына, кесу қабілетінің төмендеуіне әкеп соғады. Бұл кесілуші материалдың кесу зонасында балқу температурасына жетуімен түсіндіріледі [4, 21-22 б.]. Осыған байланысты кесілу беті 0,5 – 1 мм тереңдікке шынықтырылады және дисктің кесу аймағынан шығатын жерінде үлкен өлшемді [5, 6] қылау пайда болады [4, 12 б.]. Бұл факторлар құралдың беріктігіне әсер етеді және кесу бетін өңдеу барысында дайындаманың келесі операцияларда тиімді орналасуына кедергі келтіреді.

Қалыпты металл дайындамаларының қималарын Қазақстан Республикасының машинажасау өндірісінде өңдеу мәселелерін зерттеу мақсатында, қолданылатын технологиялар, техникалық құрал-жабдықтар, кесуші құралдар мен ірі өндірістегі құралдарды жабдықтау кәсіпорындары зерттелген болатын. Олар ӨФ «KSPSteel» ЖШС – құбыр жасау зауыты және ӨФ «Кастинг» ЖШС – арматура зауыты (Павлодар қ.); Комсомол жөндеу зауыты (Ақкөл); «Құрылысмет» ЖШС, №2 өндіріс (Шахтинск); «Қарағанды машинажасау консорциумы» ЖШС, «КарГорМаш-М» ЖШС, «Машзауыт №1» ЖШС, «Булат» ЖШС, «Пархоменко атындағы Қарағанды машинажасау зауыты» және Қарағанды құю-механикалық зауыты (Қарағанды).

ӨФ «KSPSteel» ЖШС – құбыр жасау зауыты, ӨФ «Кастинг» ЖШС – арматура зауыты кәіпорындарында технологиялық циклдарға сәйкес бірнеше кесу операциялары қолданылады:

- қыздыру алдында дайындаманы қалыпты ұзындықта кесу;
- жұқартудан кейін дайындаманы қалыпты ұзындықта ыстық кесу;
- дайындаманың шеттерін кесу;
- дайын өнімді тапсырыс берушінің өлшемдері бойынша кесу.

Кәсіпорындардағы (ӨФ «KSPSteel» ЖШС – құбыр жасау зауыты) дайындамаларды кесудің негізгі тәсілдері металдарды ыстықтай кесу болып табылады. Құбырларды ыстықтай кесу процесінде араның тістерінің пластикалық деформациясы байқалады, бұл араның уақытынан бұрын тозуына, дірілдің пайда болуына, кесу процесінің тұрақсыздығына, сонымен қатар, толықтай технологиялық процесін қиындатып, сәйкесінше оның қымбаттауына себеп болатын құбырдың бүйіріндегі ірі қылаудардың пайда болуына алып келеді.

Илемдерді өндіру кезінде әртүрлі мақсатта тағайындалған аралар қолданылады (ӨФ «Кастинг» ЖШС – арматуралық зауыты). Технологиялық сызықтардың негізгі операциясы илемдеуден кейінгі дайындамаларды бөлу, яғни илемдерді кесу болып табылады. Аталған операция дайындаманың сапасы дайын бұйымның сапасына тигізетін үлкен әсеріне байланысты технологиялық тізбектерде әрдайым маңызды орын алады.

Шыбық түрінде түсетін арматуралық болатты механикалық қозғалтқыш білдекте қажетті ұзындықтағы өзекшелерге кеседі. Аз көлемдегі жұмыс кезінде, осы мақсаттар үшін қол пресс-қайшылар қолданылады.

Құбырды кесу кезіндегідей өлшемдік дайындамаларды кесу кезіндегі негізгі мәселелер: қылаудың пайда болуы, дайындаманың жапырылуы, кесудің дұрыс емес бұрышы және т.с.с., жоғарыда айтылған мәселелер өнімнің өзіндік құнына әсерін тигізеді.

Келтірілген талдаулар көрсеткендей дайындамаларды кесудің тәсілдерінің дерлік барлығының айтарлықтай кемшіліктері бар. Өндіріс өзі үшін экономикалық жағынан ең тиімді болатын тәсілді таңдап алуға

мәжбүр. Бірақ кесу сапасы, өңдеу жылдамдығы сияқты технологиялық талаптар төмендеуі мүмкін.

Осыған байланысты қазіргі уақытта материалдарды кесудің экологиялық, тиімді және өнімді технологиялық тәсілдері өзекті болып келеді.

Осындай тәсілдердің бірі металл дайындамаларды импульстік салқындатумен термофрикциялық кесу тәсілі болып табылады.

Қазақстан Республикасындағы дамушы зауыттардың құрамына кіретін орта машинажасау жағдайында лазерлік, химиялық-термиялық және плазмалық сияқты прогрессивті тәсілдерді қолдану тиімсіз болады, өйткені, олар үлкен капиталдық немесе энергиялық шығындарды, үлкен өндірістік алаңдарды керек етеді.

Дәстүрлі тәсілдермен термофрикциялық кесуді жүзеге асыру кескіш дөңгелектің жиегінде сызықтық жылдамдықты 100 м/с және одан да артық дәрежеге қол жеткізу қажеттігімен байланысты. Дөңгелектің жиегі мен кесілетін материалмен түйісу орнындағы сырғанау жылдамдығының шамасы дайындаманың толықтай беріксіздену шартын қанағаттандыруы керек. Сол уақытта кесуші құрал сәйкесінше пішін тұрақтылық және қаттылық талаптарына жауап беруі керек.

Кесілетін материалдың балқу температурасы қаншалықты жоғары болса, түйісу орнындағы сырғанау жылдамдығы соншалықты жоғары болуы қажет.

Орын алған экономикалық жағдайға байланысты Қазақстан экономикасының салаларының приоритетті даму қажеттілігі арнайы қасиеттерге ие металдарды кеңінен қолдануды қажет етеді. Олар өзінің төмен жылу өткізгіштігімен λ және жоғары балқу температурасымен $T_{пл}$ ерекшеленеді. Осындай материалдарды кесу процесін практикалық жүзеге асыру жабдыққа кететін үлкен материалдық шығындарды қажет етеді, себебі, білдек айналдырығы 10000 айн/мин артық айналу жиілігіне ие болуы керек, ол дірілге төзімділік талаптарын арттырады. Өңделетін материалды беріксіздендіру үшін қажетті түйісу орнындағы жоғары температура кесуші дисктің беріксізденуіне алып келеді. Мұның алдын алу кесуші құралдың диаметрін үлкейту есебінен жүзеге асырылады. Бұл өлшем құралдың кесуші жүзінің кесу аймағында болу уақыты, салқындатушы ауа үру есебінен беріктік қасиеттерін қалпына келуі орын алатын бос жүру уақытынан қажетті шамада аз болатындай таңдалып алынады.

Кесудің жасалған тәсілі басқа кесу механизміне тіреледі. Оның мәні дайындамадағы жылулық және деформациялық өрістерді оқшаулау болып табылады. Ол құрал мен кесілетін материал арасындағы сыртқы үйкелісті ішкіге ауыстыруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда үйкеліс кесілетін материал қабаттары арасында жүреді. Үйкеліс бетінің түйісетін қабаты кесу теориясының дәстүрлі түсінігінде шор болып табылады және құралды тозудан қорғайды. Шор кесу аймағына импульстік салқындатуды енгізу есебінен жүзеге асырылады. Сол уақытта салқындатқыш сұйықтық еркін жүру аймағында құралды толықтай қамтиды. Осы факторды ескере отырып, құралдың диаметрі айтарлықтай кіші өлшемде таңдалуы мүмкін ($\approx$ 400 мм). Сонымен қоса, айналдырықтың айналу жиілігі сырғанау жылдамдығын қамтамасыз ету деңгейіне дейін төмендеуі мүмкін $\approx$ 50 м/сек. Бұл тәсілді тәжірибелік сынаулар көрсеткендей, кесілетін беттің сапасы кең шектерге дейін өзгеруі мүмкін. Қаттылық арқылы бағаланатын бетті беріксіздендіру, кедір-бұдырлық және дайындамадағы қылаулар сияқты осындай сапа көрсеткіштерінің шамалары шын технологиялық процестердегі осы операцияның тағайындалу мүмкіндігін анықтайды.

Қорытындылар.

1. Өлшемдік дайындамаларды кесудің негізгі мәселелері, құбырларды кесу кезіндегідей қылаулардың, дайындаманың бұзылуы, кесудің дұрыс емес бұрыштары және т.б. пайда болуы болып табылады; бұл барлық мәселелер өнімнің өзіндік құндылығына әсер етеді.

2. Металл дайындамаларды импульстік салқындатумен термофрикциялық кесу тәсілі аз үйренілген ресурс үнемдеуші тәсілдердің бірі. Өңдеудің дәстүрлі тәсілдерімен салыстырғанда, қарастырылып отырған тәсіл қарапайымдандырылған білдектерде ($n_{шп}$ < 3500 айн/мин) жүзеге асырылғандықтан жабдыққа кететін шығындарды 4-5 есеге азайтады, құралдың шыдамдылығын 10-20 есеге арттырады.

3. Оларды өндіріске кеңінен енгізу үшін кесуші құралдың тәртіптері мен геометриясының өзгеруі кезінде өңделген бет сапасының көрсеткіштерінің өзгеру заңдылықтарын үйрену қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. Косилова А.Г. – М.: Машиностроение, 1985. – 490 с.
2. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинируемые процессы резания. – М.: Машиностроение, 1977. – 304 с.
3. Кузнецов В.Д. Физика резания и трения металлов и кристаллов. Избранные труды. – М.: Наука, 1977. – 320 с.
4. Покинтелица Н.И. Расчет температуры режущего диска с использованием элементов САПР (Автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении) // Тезисы докладов конференции. – Ворошиловград. 1989. – С. 90.
5. Полухин П.И. Физические основы пластической деформации. – М.: Металлургия, 1982.
6. Талантов Н.В., Зарубицкий Е.У. Термофрикционная обработка сталей // Машиностроитель. – 1988. – № 5. – С. 21-22.

Раздел 3 | Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности

ӘОЖ 622.807(043.3)=512.122

Шаңбөлшектерінің аспирациялық жүйе ауақұбырының ішіне отырып қалу себептері

Н.Р. ЖОЛМАҒАМБЕТОВ, *т.ғ.к., КА және ЕҚ кафедрасының доценті,*
Н.Ә. МЕДЕУБАЕВ, *т.ғ.к., Қ және ДӨ кафедрасының доценті,*
Н.Н. ӘКІМБЕКОВА, *т.ғ.к., КА және ЕҚ кафедрасының доценті,*
С.Р. ЖОЛМАҒАМБЕТОВ, *т.ғ.к., ҚазКСЖДИ бөлім бастығы, сарапшы,*
Д. НАРОДХАН, *КА және ЕҚ кафедрасының оқытушысы,*
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті

Кілт сөздер: *шаңбөлшектері, желдету, аспирация, ауа ағыны, ауақұбырлары, газ, қауіпсіздік, дисперсия.*

Аспирациялық жүйелердің ауақұбырлары ішіне шаңбөлшектерінің отырып қалуының басты себептерінің бірі болып, шаңбөлшектерінің құбыр қабырғасымен және құбыр ішінде пайда болған шаңқабатындағы бөлшектердің өзара әсеріне байланысты. Бұл құбылыстың біріншісі адгезия (жабысу), ал екіншісі аутогезия деп аталады [1].

Шаңбөлшектерінің адгезиясы, онымен түйісетін беттерге және қоршаған ортаға байланысты. Адгезияның пайда болуына әсер ететін күштерді екі топқа бөлуге болады. Біріншісі, денелердің бір-бірімен түйіскендеріне дейінгі, ал екіншісі қандайда жазық бетпен түйіскен кезінде пайда болатын күштер. Бірінші топқа молекулярлық және кейбір жағдайда кулондық күштер жатады. Молекулярлық күштің өлшемі, түйісетін бөлшектердің өзара арақашықтықтарымен, нақты түйісу аумағына байланысты болады. Екінші топқа өзара байланыстағы электр күштер мен капилляр күштерді жатқызуға болады. Олар, тек қана денелердің өзара түйісуі кезінде байқалады. Электр күштері, шаңбөлшектерімен жазықтық беттерінің қасиеттеріне байланысты болады. Құбыр ішіндегі ылғалдылық жоғары болған жағдайда, шаңбөлшектері мен жазықтық бетінің арасында капилляр күштер пайда болады. Қалыпты жағдайда осы күштердің барлығы бірдей немесе қолайсыз жағдайда біреуінің әсері барлығынан асып байқалуы мүмкін. Түйісу жазықтығы бетінің қасиетіне, шаңбөлшегінің пішіні мен өлшеміне, жазықтық бетінің кедірбұдырлығына және түйісу ауданымен бөлшектердің өзара түйісу уақытына байланысты, осы немесе басқада күштердің әсерлері арта түсуі мүмкін [2,3].

Ауақұбыры ішінде пайда болған шаңқабатын, ауа ағынымен үрлеу кезінде байқалатын денудациялық және эрозиялық процестер, шаңбөлшектерінің құбыр қабырғасымен адгезиялық–аутогендік әсеріне тәуелді. Сондықтан, осы әсерлесу күшін азайту арқылы, отырып қалған шаңбөлшегінің ұшырылып әкетілуі үшін қажетті ауа-ағыны жылдамдығын да азайтуға болады. Бұл ойды іске асыру үшін адгезия және аутогезия күштерінің әсерін азайту жолдарын қарастырайық [1].

Егерде, шаңбөлшегінің жазықтық бетімен түйісуін қарастыратын болсақ, дененің серпінділік қасиетіне байланысты түйісудің үш түрі байқалады. Біріншісі, жазықтық бетінің түйіскен аймағының деформацияла-

нуы, екіншісі шаңбөлшегінің түйісу аймағының деформациялануы және үшіншісі шаңбөлшегінің және жазықтық беттерінің өзара түйісуі кезінде екеуінің де деформациялануы. Деформациялану барысында, шаңбөлшегінің жазықтық бетімен түйісу ауданы ұлғаяды, бұл өз кезегінде адгезия күшінің өсуіне әкеледі, ал егерде дене серпінді деформация қалпында болса, онда серпінділік күші пайда болып, адгезиялық байланыс күшінің азаюына әкеледі. Денелердің өзара түйісуі кезінде «жұмсақ» материалдар қолданылса, адгезия күші жоғарылай түседі, мысалы, мөлшері 100 мкм шаңбөлшегінің «жұмсақ» жазықтық бетімен түйісуімен, деформацияланбаған жазықтық бетімен түйісуін салыстырсақ, адгезия күшінің 200 есеге көп болатындығын байқаймыз.

Материалдың құрылымына және үгілгіштігіне байланысты шаңбөлшектерінің пішіні ине, жіп, көп бұрыш, дөңгелек және басқада түрлерде болады. Пішіні дұрыс емес және сфера түріндегі шаңбөлшектерінің кедір-бұдырлы жазықтық беттерімен өзара байланыстарының айырмашылығы соншалықты емес. Бірақ, пішіні дұрыс емес және шар түріндегі шаңбөлшектерінің тегіс жазық бетпен өзара қатынастары өзгеше. Пішіні дұрыс емес шаңбөлшектерінің жазық бетпен түйісуі кезіндегі, түйісу ауданының ұлғаюы, адгезиялық қарым-қатынастың күшеюіне себеп болады. Пішіні дұрыс емес шаңбөлшектерінің адгезиясын, орташа адгезия күшінің көмегімен сипаттауға болады. Шаңбөлшегінің өлшемін үлкейту, орташа адгезия күшінің өсуіне әкеледі және де бұл көрсеткіш белгілі бір мөлшерде ең жоғарғы максималды көрсеткішке жетеді. Сондай-ақ, шаңбөлшегі өлшемінің өсуі, керісінше адгезия күшінің азая түсуіне де әкеледі. Бұған себеп, шаңбөлшегі өлшемінің өсуіне байланысты, жазық бетпен түйісу аймағының үлкейе түсетіндігі белгілі, бірақ өлшемі үлкен бөлшектердің сәйкесінше салмағының да өсуіне байланысты, жазық бетпен түйісу нүктелерінің азая түсетіндігі байқалған. Сонымен қатар, түйісетін жазықтық бетінің өзіндік кедір-бұдырларының болуы. Мысалы, аспирациялық жүйенің қабырғасы металл ауақұбырлары бетінің кедір-бұдыры, микрон өлшемінен, бірнеше миллиметрге дейін болатындығы белгілі. Құбыр бетінің кедір-бұдырлығының жоғары болуы, шаңбөлшегінің жазық бетпен әсерлесуін жақсарта түседі. Себебі, екі қатты дененің түйісуі, белгілі бір нүктелерде жүзеге асатындығынан, бұл нүктелер саны жазық беттің кедір-бұдырлығына тікелей байланысты болады. Шаңбөлшегінің жазық бетпен түйісуін қарастыратын болсақ, түйісудің үш түрі бар. Біріншісі, түйісу жазықтығының беті өте жақсы, теп-тегіс, екіншісі жазықтық бетінің кедір-бұдырлық биіктігі шаңбөлшегі биіктігінен биік емес, үшіншісі кедір-бұдырлық биіктігі шаңбөлшегінің биіктігінен биік. Сол себептен түйісу ауданы үлкейген сайын, түйісу нүктелерінің де саны көбейеді, бұл адгезия күшінің өсуіне әсер етеді.

Сондай-ақ, аэрозол ауа ағыны жылдамдығын зерттеу кезінде белгілі болғандай, құбыр ішіне отырып қалған шаңқабаты бетінің кедір-бұдыры, құбыр қабырғасы бетінің кедір-бұдырынан жоғары болуы да кездеседі. Мысалы, диаметрі 0,1-1,5 м құбыр қабырғалары бетінің кедір-бұдыры, 100 мкм таяу болады. Ал шаңқабатының кедір-бұдыры, отырып қалған шаңбөлшектерінің орташа өлшеміне байланысты, үлкен аралықта өзгеріп тұрады. Өнеркәсіп шаңдарының дисперсиялық құрамының негізін, өлшемі 10-250 мкм шаңбөлшектері құрайды. Известь шаңының құрамындағы өлшемі 40-250 мкм шаңбөлшектері 85% құраса, өлшемі 250 мкм-ден үлкен шаңбөлшектері 7,96% құрайды. Ал көмір шаңында өлшемі 40 мкм дейінгі шаңбөлшектері 97% дейін болуы мүмкін [3].

Адгезияның өзара әсерлесу күшіне, осы байланыс жүретін қоршаған ортаның физикалық жағдайы және әртүрлі технологиялық процестер кезінде пайда болуы мүмкін температура, ылғалдылық, газ және бу әсерін тигізеді.

Шаңұстағыш аппараттардың тұрақты және тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін факторлардың бірі, тазаланатын газ температурасының шық нүктесінен 20-25°С, ал аппарат қабырғаларының температурасы 10°С жоғары болуы. Газ температурасы шық нүктесінен төмен болса, онда ылғалдылық конденсациялануы басталып, шаңбөлшектері циклондармен ауақұбырларының қабырғаларына жабыса бастайды. Газдағы ылғалдылықтың пайда болуын мына көрсеткіштерден байқауға болады;

- құрғақ газдағы су буының концентрациясы (газдың абсолюттік ылғалдануы);
- жұмыс аймағындағы қалыпты немесе ылғалды ауа кезіндегі, ылғалды газ құрамындағы су буының концентрациясы;
- су буының үлестік қысымдық көрсеткіші.

Шаңұстағыш аппараттармен, аспирациялық жүйелерді жобалау және қолдану барысында, тазаланатын газ температурасы туралы жан-жақты мәлімет қажет болады. Мысалы, ылғалдылығы 65% шаңбөлшектерін ауа-ағынымен үрлеу кезінде, ұшырылып әкетілген шаңбөлшектерінің мөлшері, жоғары ылғалдылық кезінде аз болатындығы байқалған. Бұл капилляр күштердің басқа күштерге қарағанда әсерінің басым болуынан [2].

Әртүрлі жазық беттерге қатысты, 20-400°С температура аралығында, алтын шаңбөлшектерінің адгезиялық әсерінің, температура ұлғайған сайын тез арада ондаған есеге өсетіндігі байқалған. Мұның себебі, шаңбөлшегімен жазық беттің түйісу ауданының жоғары температура әсерінен жұмсаруы болған [4].

Сондай-ақ, қоршаған орта температурасының төмен болуынан, шаңбөлшегімен жазықтық бетінің түйісуі кезінде, ылғалдылықтың шоғырлануынан «қатып қалу» пайда болып, адгезия күші тез арада өседі [2].

Ылғалдылық пен температураның бірқалыпты қолайлы көрсеткіштері кезінде, отырып қалған шаңқабатын көбейтпей, керісінше ұшырылып әкетілуін қамтамасыз ету мүмкіндігі жоғарылайды [1].

Ылғалдылықтың конденсациялану мүмкіндігі кезінде, шаңбөлшектерінің аутогезиясы, капилляр күштермен байланыста болады. Егерде газдың құрамында SO_3 буы болса, онда осы будың 145-170°С температурада конденсациялануынан капилляр күштер пайда болады.

Шаңұстау процесі кезінде капилляр күштердің пайда болуы жағымсыз фактор болып саналады. Себебі бұл күштер аутогезияның артуына әкеледі. Сондық-

тан шаңұстау процесін ылғалдылық конденсациясын болдырмау мақсатында ұйымдастыру қажет.

Шаңұстағыш аппараттардың жұмыс істеу температурасы, шаңбөлшегінің аутогезиясын реттеуші басты көрсеткіш болып саналады. Мысалы, төмен температура кезінде кейбір металлургиялық және басқада өндірістік шаңдардың ағымдылығы төмендейді. Сондықтан мұндай аппараттардың сыртын қаптау немесе қосымша жылыту, аутогезияның әсерін төмендетіп, шаңбөлшектерінің ағымдылығын жоғарылатады.

Суытылатын немесе жылытылатын ауақұбырларын және осы тектес құрылғыларда температуралық градиенттің болуы, ағындаған газ жағынан қосымша күштің әсер етуі салдарынан, қалықтаған бөлшектердің газ ағынының суық бөлігіне қарай қозғалуына мәжбүр етеді. Бұл көрініс термофорез деп аталады.

Құбыр немесе канал қабырғаларындағы термофорез әсерінен, изотермиялық емес газ ағынымен, аэрозоль бөлшектерінің тасымалдануы кезіндегі, турбуленттік отырып қалу жылдамдығын нақты анықтауға қатысты, сандық есептеулердің болмауы көп қиындық туғызады. Алайда ертеректе, жүргізілген бірнеше салыстырмалы есептеулермен, эксперименттік жұмыстар нәтижелері бойынша, изотермиялық емес турбуленттік ағын кезіндегі, аэрозоль бөлшектерінің отырып қалуына, термофоредің әсер ету рөлі бойынша мынадай қорытынды шығаруға болады:

- термофорез көрінісі, аэрозоль бөлшектерінің жоғары дисперсиялық және кей жағдайда, диаметрі 2-3мкм дейінгі ұсақ дисперсиялы болуы кезінде ғана айқын байқалады;

- турбуленттік ағыннан аэрозоль бөлшектерінің отырып қалу жылдамдығына, термофоредің әсері айқын байқалады, егерде құбыр қабырғасымен газ температурасы көрсеткіштерінің айырмашылығы елеулі болса.

Мысалы, Красноуральск мыс қорыту комбинатында жүргізілген зерттеулер нәтижелері көрсеткендей, жаз мезгілінде ылғалдылығы 8-10% кеннен бөлінетін шаң мөлшері онша көп болмаған. Ал қыс мезгілінде қар аралас және қатқан кеннен бөлінген шаң мөлшері өте жоғары болған. Құбыр ішіндегі ауа ағынының жылы болуынан, руда шаңының ылғалдануы жоғарылап, шаңбөлшектерінің ауақұбыры қабырғасына жабысып қалатындығы байқалған.

Қыс мезгілінде жүргізілген арнайы қадағалау жұмыстарының нәтижелері кестеде келтірілген. Шаңбөлшектерінің жазық бетпен түйісуі кезінде ғимарат атмосферасында әртүрлі газдардың болуы, адгезия күшін ұлғайтуы немесе керісінше азайтуы мүмкін. Мысалы, өлшемі 70 мкм шаңбөлшектерінің, гидрофобизденген шыны бетімен әсерлесуі кезінде атмосферада аммиактың болуы, адгезия күшін ондаған есеге өсірген [3].

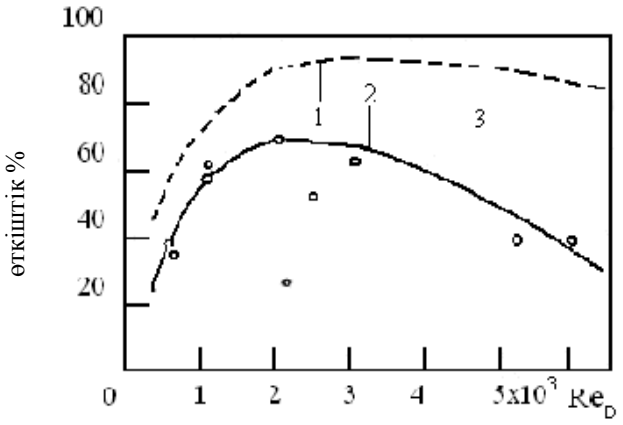
Сондай-ақ, шаң-ауа ағыны кезінде, бөлшектердің құбыр қабырғасымен адгезиялық әсерлесу күші ауа ағыны жылдамдығымен тығыз байланысты. Егерде, ауа ағыны жылдамдығы көрсеткішін жоғарылату бастапқыда, адгезия әсерінің азаюына әкелсе, келесі бір уақыт аралығында ауа ағыны жылдамдығын белгілі бір көрсеткішке жеткізген кезде, адгезия күшіне әсер етуі байқалмады. Мұндай күрделі өзгеріс адгезия күшінің, үйкеліс, серпінділік күштеріне қарсы кедергісіне байланысты.

Шаңбөлшектері кейбір жағдайларда, атмосфералық шаң зарядынан бірнеше есеге көп электр зарядын өз бойында ұстайды. Осы электр күштері шаңбөлшектерінің аутогезиялығына үлкен әсерін тигізеді. Нақты жағдайға байланысты бұл күштер, шаңқабатының беріктігін күшейтіп немесе керісінше шаң массасының қозғалғыштығын жоғарылатады. Мысалы, электр сүзгі бункеріндегі жаңа ұсталынған металл шаңбөлшегі өзінің электр зарядын сақтап, сұйықтық қалпында болады. Мұндай жағдайда, шаңбөлшегінің тығыздығы 1120 кг/м^3-тан 96-128 кг/м^3 дейін төмендеп, табиғи еңкіштік бұрышы нөлге жақындайды, ал электр зарядының төмендеуіне қажетті уақыттың өтуіне байланысты табиғи еңкіштік бұрышы 90°-қа дейін жетеді. Сондықтан, бункерлерден шаңбөлшектерін аз уақыт ішінде (зарядтың таралып кету уақытынан аз) үздіксіз тазалап тұру қажет [1].

Бөлшектердің меншікті электрзарядының болуынан, құбыр немесе канал қабырғаларына отырып қалуын анықтау мақсатында алынған қисықтар суретте көрсетілген. Бұл жүйедегі зарядталған бөлшектердің отыру жылдамдығы, зарядталмаған бөлшектердің отыру жылдамдығынан 5-6 есеге жоғары болатындығы анықталған [4].

Қыс мезгіліндегі аспирациялық жүйенің ауақұбыры ішіне отырып қалған шаңқабатының қалыңдығы (см)

Люктар	Ауақұбырын бақылап, тазалаған күндер									
	29/I	30/I	1/II	2/II	3/II	6/II	9/II	10/II	11/II	12/II
1	ауақұбырын тазалау жұмыстары жүргізілді	1	1,5	1,5	1	3	ауақұбырын тазалау жұмыстары жүргізілді	7	тазалау	
2		1	4	4	16	9		15	2	10
3		0,5	2	6	9	6		3	6	5
4		6	4	2	11	5		-	10	10
5		6,5	5	тазалау				-	3	3
6		10	16	5	12	Бітеп тастады		5	7	8
7		10	16	7	22			8	3	10
8		-	-	-	-			10	15	4
9		-	-	-	-			тазалау		
10		-	-	-	-			2	12	10
11		-	-	-	-			3	5	6
12		-	-	-	-			3	6	7
13		-	-	-	-			-	2	2
14		-	-	-	-			10	6	7



Аэрозоль бөлшектерінің меншікті зарядтарының, аралық сынаусұрыптау модельдік жүйесінде отырып қалуына тигізетін әсері:
1 – зарядталмаған бөлшектер үшін;
2 – зарядталған бөлшектер үшін;
3 – заряд бөлшектері үшін эксперимент нүктелері

Сонымен қатар, шаңбөлшектерінің аутогезиясына әсер ететін басты факторлардың бірі-газ ортасының химиялық құрамы. Мысалы, мазутты отын ретінде пайдаланған кезде, оның толық жанып кетпеуінің салдарынан, шаңбөлшектерінің құрамында смола түріндегі заттың пайда болуынан, салыстырмалы төмен температура кезінде шаңұстағыш аппараттар қабырғаларының бетінде қою қабыршақтардың пайда болуы, аутогезия әсерін күшейтіп, шаңбөлшектерінің аппарат қабырғаларына қатып қалуына әкеледі. Мысалы, күл шаңына қандайда бір мөлшерде мазут қосқанда, ауақұбыры ішіне отырып қалған шаңқабатының беріктігі 90 Па-дан 270 Па көбейіп, аутогезия қасиетінің жоғарылағаны байқалған. Ал, электр заряды көлемінің тығыздығы керісінше 20 есеге азайған. Бұл екі көрініс аутогезияның өсуіне әкеледі [3].

Көп жағдайларда аппараттармен, ауақұбырлары қабырғаларында шаңбөлшектерінің отырып, қатып қалуына, шаңұстау процесі кезінде жүруі мүмкін химиялық реакциялар әсер етеді. Мысалы, магний тотығын өндіру кезінде, отырып қалған шаңбөлшектерінің құрамында оксисульфат және оксихлорит цементінің жиналатындығы байқалған. Осы құрам ішіне байлаушы құрал болып саналатын бруситте кіреді. Ылғалдылық кезінде ол қоюланып, магний тотығымен түйісуі салдарынан қатты қатып, механикалық жоғары берік қалыпқа айналады.

Сонымен, мынадай қорытынды шығаруға болады: шаңұстағыш құрылғылардың қабырғаларымен ауақұбырларының ішіне шаңбөлшектерінің отырып қалуына әсер ететін басты себептер – жұмыс аймағындағы қолайсыз микроклимат, тасымалданатын шаңбөлшектерінің концентрациясымен өлшеміне байланысты ауақұбырларының техникалық көрсеткіштерінің дұрыс таңдап алынбауы және шаңбөлшектерінің ауақұбырымен тасымалдануы барысында пайда болуы мүмкін химиялық, физикалық процестердің әсері.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Терентев Н.В. Курников А.А. Результаты исследования критических скоростей движения твердых частиц в горизонтальных воздухопроводах. – В кн.: Тр. ВНИИ ж.д. трансп. Вып. 526. М., 1974. – С. 45-85.
2. Медников Е.П. Миграционная теория осаждения аэрозольных частиц из турбулентного потока на стенках труб и каналов // Докл. АН СССР. 1972. Т. 206. № 1 – С. 51-54.
3. Әкімбеков Ә.К., Әкімбекова Н.Н., Жолмағамбетов Н.Р. Аспирациялық жүйедегі құбыр ішіне отырған шаңмен күресу жолдары // «Қазақстандағы тау-кен ісі мен металлургия. Бүгінгі күні және болашағы». III том «ТМК-ін қамтамасыздандыру мен басқару», Қазақстан Республикасы тәуелсіздігінің 15-жылдығына арналған Екінші Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының еңбектері. Алматы, 2006. – С. 165-167.
4. Харьковский В.С., Балабас Л.Х., Байтуганова М.О., Жолмагамбетов Н.Р. Оценка влияния динамики движения пылевого потока на эффективность работы пылеулавливающих средств // Международная научно-практическая конференция «Повышение качества образования и научных исследований» в рамках VI Сатпаевских чтений, 12-14 апреля 2007 года. – Экибастуз, 2007. – С. 214-217.

УДК 615.011.4

Особенности физико-химических свойств наноминералов железа

А.Е. ВОРОБЬЕВ, *д.т.н., профессор, зав. кафедрой Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН, РФ,*
В.С. ПОРТНОВ[1], *д.т.н., профессор, руководитель управления послевузовского образования,*
Д.К. МАКАТ[1], *докторант,*
Н.Н.САЙЛАУБЕК[1], *магистрант,*
Л.С. МУКАШЕВА[1], *магистрант,*
[1]Карагандинский государственный технический университет, кафедра ГиГ

Ключевые слова: *наноминерал, наночастица, железо, физико-химические свойства, строение, фактор, наножелезо, модификация.*

К настоящему времени в специализированной геологической литературе выросло число публикаций о находках различных металлов в самородном состоянии, что обусловлено существенным повышением уровня развития локально-инструментальных методов экспериментальных (лабораторных) и натурных исследований. Расширение аналитических возможностей современной высокоразрешающей аппаратуры (позволяющей детально изучать отдельные зерна размером менее 100 мкм) значительно расширяет область применения традиционной минералогии.

Именно с достижениями в сформировавшемся новом научном направлении – наноминералогии – оказались связанными имеющиеся открытия новых наноминеральных фаз, представленных самородными металлами.

Ранее чаще всего сообщалось о находках самородного железа в виде довольно крупных валунов и желваков (наиболее крупные из них были найдены на о. Диско у берегов Гренландии, вблизи г. Касселя в Германии и в штате Орегон, США), то к настоящему времени, во-первых, значительно расширился круг обнаруживаемых самородных металлов, а во-вторых, изменился (в сторону существенного уменьшения) и размер минеральных объектов выявляемых самородных форм (вплоть до нанообъектов) [1].

В частности, в специализированной геологической литературе сообщается об обнаружении железистых микроглобул и железо-хромовых и хром-железо-никелевых сплавов в виде глобул, агрегатов самородной меди глобулярного строения, о наночастицах самородной меди с примесью цинка (как наиболее часто встречающихся), также описаны наночастицы природных сплавов группы железа (*Fe–Cr–Ni*), имеющих состав от самородного железа и гематита до самородного хрома и хромита [1].

Совсем уникальной является находка в локальной зоне золото-палладиевого рудопроявления однородной глобулы сплава довольно необычного состава – железомедного, с содержанием *Cu* более 30 % (масс.) [1].

В результате произошел стремительный переход к изучению различных (как геогенных, так и техногенных) минеральных наноформ и наночастиц различных металлов, в том числе – железа (рисунок 1), способствующий их эффективному поиску, разведке и последующей переработке (обогащению).

К настоящему времени уже известен широкий набор нанокластеров оксидов железа различных размеров (от одного до нескольких сотен нанометров), со своим спектром межкластерных взаимодействий и разнообразной надкластерной структурой.

Наночастицы железа, как и наночастицы других металлов, характеризируются физико-химическими свойствами, которые зачастую принципиально отличны от свойств железа в макрокристаллическом состоянии. При этом удельная поверхность наночастицы железа диаметром 13,4 нм составляет 7,8 10^{-4} $м^2$/кг.

В частности, было установлено, что температура плавления, значение электропроводимости, энергии активации электронных переходов, каталитической активности и многих других физико-химических свойств зависят от размера наночастиц железа.

Характерной особенностью макрокристаллического железа является существование его нескольких полиморфных модификаций [1]: низкотемпературной (α-*Fe*) и высокотемпературных (β-*Fe*, γ-*Fe* и δ-*Fe*). Все эти модификации имеют разные температурные интервалы своей устойчивости и значительно отличаются друг от друга типом своих кристаллических решеток, а также некоторыми физическими и химическими свойствами: плотностью, особенностями ферромагнетизма, способностью растворять углерод, азот и т.д.

● α-*Fe* представляет собой ферромагнитное железо, с объемно-центрированной решеткой. Плотность α-железа составляет 7,571 г/$см^3$ [1]. Оно устойчиво до температуры 769°C (точка Кюри, выше которой металл теряет свои магнитные свойства);

α-железо отличается от других его модификаций способностью незначительно растворять азот, причем при повышении температуры значение растворимости резко возрастает от 0,02 % (при 300°C) до 0,4 % при температуре эвтектики (590°C) [1]. Кроме этого, α-железо образует твердый раствор с углеродом, называемый ферритом [1]. При комнатной температуре растворимость углерода в α-Fe незначительна (~0,008 %), но при увеличении температуры до 723°C (эвтектика) концентрация углерода растет до 0,02 %.

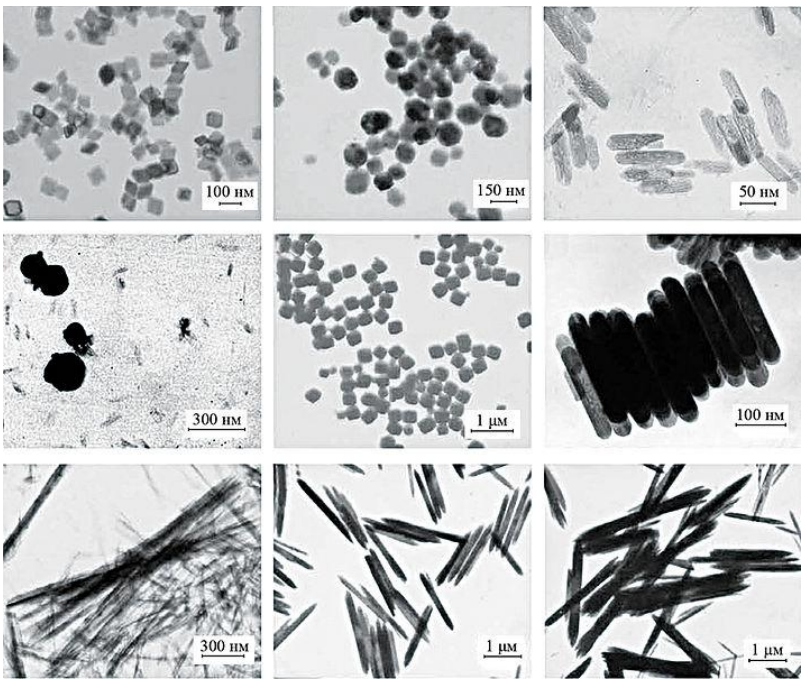


Рисунок 1 – Морфология наночастиц α-Fe_2O_3 [7]

● β-*Fe* – антиферромагнитное железо, устойчивое в небольшом интервале температур со значениями 769-906°С [1]. Повышение давления на 1 атмосферу снижает температуру фазового перехода в таком железе на 0,008 градусов. Однако такая зависимость отмечается лишь для довольно небольшого интервала давлений. Это железо образует твердый раствор с углеродом – аустенит, а по растворимости углерода значительно превосходит α-Fe (до 0,8 % при температуре около 770°С).

● γ-*Fe* представляет собой полиморфную модификацию железа с кубической гранецентрированной решеткой и интервалом устойчивости, равным 906–1400°С. Плотность γ-железа составляет 7,633 г/см^3. Необходимо отметить следующие особенности его свойств [1]: растворяет азот значительно лучше, чем α-железо (при температуре 590С – до 10,3 % азота). Образует твердый раствор с углеродом (аустенит), растворяя его значительно лучше, чем α-железо. При температуре эвтектики растворимость углерода составляет 2,06 %. При повышенных концентрациях углерода образуется карбид железа, цементит (Fe_3C), с предельным содержанием углерода в железе – 6,67 %.

● δ-*Fe* – высокотемпературная модификация железа с объемно-центрированной решеткой, устойчивая от 1400°С до температуры плавления [1]. Образует устойчивые соединения с фосфором, а при избытке углерода дает твердый раствор с углеродом – Fe_3C (цементит).

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что у наножелеза часть катионов Fe^{3+} формирует фазу у-*FeOOH* на поверхности его наночастиц, а оставшаяся часть образует фазу нестехиометричного магнетита в суперпарамагнитном состоянии, расположенного ближе к центру подобных частиц. В наночастицах железа доля γ-*FeOOH* в оболочке («рыхлый» ее поверхностный слой) существенно уменьшается с увеличением среднего размера.

На рисунке 2 приведено схематическое строение наноразмерных частиц железа (полученное И.Б. Бычко и др.): центр (ядро) подобной наночастицы состоит из элементарного железа, окруженного оксидной оболочкой с гидроксильными группами на поверхности.

Рисунок 2 – Схема структуры наночастиц железа

Анализ данных электронограммнаночастиц железа также показывает существование 3-х различных фаз, которые отвечают металлическому *Fe* и 2-м оксидам: Fe_3O_4 и γ-Fe_2O_3. Кристаллическим решеткам оксидов железа Fe_3O_4 и γ-Fe_2O_3 соответствуют следующие рефлексы: (220), (311), (400), (422), (511) и (440). Наличие таких рефлексов позволяет сделать предположение в отношении размера оксидной оболочки, которая окружает металлическое ядро наночастицы железа. Так, если принять во внимание, что каждая плоскость отвечает одному атомарному слою, то, вероятно, окисление металлического железа происходит на глубину не менее 6 атомарных слоев.

Тонкодисперсные оксидные нанокристаллы железа еще интересны и тем, что их фотокаталитическая активность сдвинута в длинноволновую область по сравнению с соответствующими реакциями в газовой фазе [4].

Оксидные наноминералы железа позволяют создавать наноразмерные активные слои [4]. В этом плане практический и теоретический интерес представляют результаты исследований окислительно-

восстановительных реакций в системе «газ – тонкодисперсные минеральные системы» с участием поверхностно-активных центров и фотосорбированных молекул газовой фазы (например, молекул кислорода).

Как показали дальнейшие инструментальные исследования, сохранность наножелеза в открытой атмосфере, как правило, обеспечивается за счет его высокой чистоты и собственно – атомарности.

Этот аспект объясняется отсутствием в нем кристаллической решетки или амонолитностью аморфной массы. В таком виде наножелезо представляет собой ансамблевую структуру (рисунок 3) или частицы-гроздья «слабо» связанных атомов, находящихся в псевдохимическом взаимодействии.

Специалисты из Аргоннской национальной лаборатории и Чикагского университета (США) синтезировали полые наночастицы оксида железа (рисунки 4 и 5), что позволяет целенаправленно изменять их первоначальные физико-химические свойства: путем введения в их полости различных химически активных веществ и соединений.

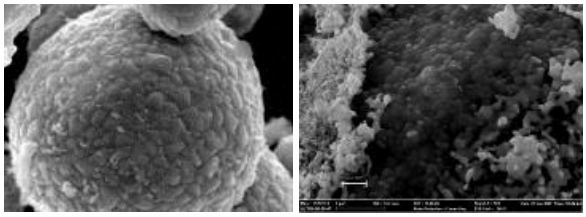


Рисунок 3 – Поверхность крупнодисперсного железа с осажденными на поверхность наночастицами

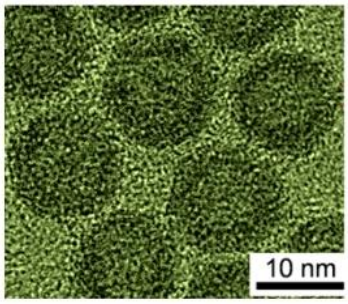


Рисунок 4 – Микрофотография полых наночастиц оксида железа

Магнитные свойства наночастиц железа определяются многими факторами, среди которых следует выделить химический состав, тип кристаллической решетки и степень ее дефектности, размер и форму частиц, морфологию (для частиц с комплексной структурой), взаимодействие частиц с окружающей их матрицей и соседними частицами [2]. Изменяя размеры, форму, состав и строение наночастиц железа, можно в определенных пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе.

Необходимо отметить, что имеющийся незначительный размер первичных нанокластеров и величина межкластерного взаимодействия позволяют в довольно широком диапазоне существенно изменять магнитные свойства наноструктур на основе железа: от свойств парамагнетика до свойств магнитоупорядоченного материала.

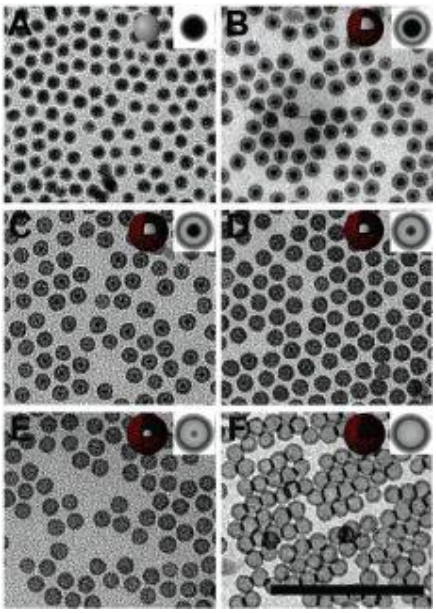


Рисунок 5 – Наночастицы железа (A) в процессе окисления кислородом превращаются в полые наночастицы оксида железа (F), что предположительно объясняется эффектом Киркендала [2]

В частности, изучение магнитных свойств сферических наночастиц железа (в зависимости от их размера) показало, что значение удельной намагниченности растет с увеличением их размеров и достигает максимума (215 А*м^2/кг) на наночастицах со средним размером, равным 75 нм. При уменьшении размеров наночастиц намагниченность насыщения несколько уменьшается (из-за увеличения доли магнетита и немагнитных фаз, а также в связи с появлением суперпарамагнитной составляющей).

Следует отметить, что при уменьшении размеров частиц ферромагнетика (при достижении определенной критической точки) происходит переход в суперпарамагнитное состояние, в котором магнитные моменты частиц разупорядочиваются из-за тепловых флуктуаций.

Для сферических наночастиц железа значение этого размера составляет около 5 нм. Однако если наночастицы железа имеют нитевидную форму, то происходит фиксация магнитного момента вдоль длинной оси такой наночастицы и магнитноупорядоченное состояние может сохраняться, если эти наночастицы закреплены в системе упорядоченных пор (система перпендикулярной записи информации).

В последующем группа ученых из США сделала открытие относительно того, как нанокристаллы железа движутся через углеродные нанотрубки, имеющие переменный диаметр. Необходимо отметить, что нанокристаллы железа перемещаются в направлении потока электронов. При этом направление их движения может быть легко изменено переключением полярности накладываемого электрического тока, а скорость их перемещения зависит от величины этого тока.

В ходе экспериментов нанокристаллы железа, оставаясь твердыми (т.е. продолжая быть именно кристаллами), так или иначе, проскальзывают через

узкий проход, не демонстрируя при этом никаких признаков своей деформации. Оказалось, что был обнаружен процесс реконструкции кристаллов железа на атомарном уровне.

Так, в рамках этих экспериментов было обнаружено, что при встрече с сужением в нанотрубке нанокристаллы железа изменяют свою первоначальную форму атом за атомом, чтобы пройти через это сужение, без какого-либо внешнего воздействия, которое могло бы вызвать их плавление или деформацию сжатия.

Наблюдалось это явление с помощью электронного микроскопа высокого разрешения. Дополнительно с помощью анализа дифракционной картины электронов было подтверждено, что нанокристаллы железа не расплавились и не изменили геометрию своей конфигурации.

В экспериментах были использованы углеродные нанотрубки, имеющие внутренний диаметр 20 нм, наполненные железными нанокристаллами**.** В середине нанотрубок создавалось искусственное сужение (где их диаметр составлял примерно 5 нм). При условии приложения к нанотрубке внешнего напряжения электрического тока, через это сужение проходили нанокристаллы железа гораздо большего диаметра.

Ранее полагалось, что при приложении электрического напряжения электрического тока к нанокристаллам железа они будут (при преодолении встреченного сужения) расплавляться от тепловой энергии приложенного электрического тока или аннигилировать (по причине сил, которые их проталкивают через отверстия по размерам меньшим, чем собственный диаметр нанокристалла) [3].

Пока не установлено, каким образом нанокристаллы могут проходить сквозь сужение в нанотрубках, однако предполагают, что их атомы на тыловой стороне кристаллической решетки неустановленным пока образом мигрируют, переносятся и проникают во фронтальную часть нанотрубок, где реконструируют и воссоздают нанокристаллы в конце сужения, которое препятствует их продвижению [3].

Хотя самые малые частицы обычно имеют шарообразную форму, многие наночастицы достаточно велики, чтобы обладать кристаллической структурой [6]. Поверхностные химические и магнитные свойства наночастиц сильно зависят от конкретного типа наружных поверхностей, а также – для химически активных металлов, таких как железо, – от структуры оксида, формирующегося на поверхности.

Результаты работы исследователей из Национальной Лаборатории Тихоокеанского Северо-Запада (Pacific Northwest National Laboratory) и Университета Айдахо (University of Idaho) показали, что морфология наночастиц железа, приготовленных методом распыления и газовой агрегации, зависит от температуры такого процесса [6]. В частности, при нормальной температуре получаются различные наноструктуры: от кубов, ограниченных шестью плоскостями {100}, до усечённых ромбических додекаэдров с шестью гранями типа {100} и двенадцатью – типа {110}.

Структура обычного ромбического додекаэдра (12 граней {110}) при нормальной температуре не наблюдалась, в то время как в исследованиях при более высоких температурах наблюдались структуры от такой до усечённого ромбического додекаэдра [6]. Частицы кубической формы при более высоких температурах обнаружены не были.

Таким образом, температура процесса может быть использована для управления формой наночастиц и оптимизации их последующих химических и магнитных свойств [6].

В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном (рисунок 6) и взвешенном состояниях.

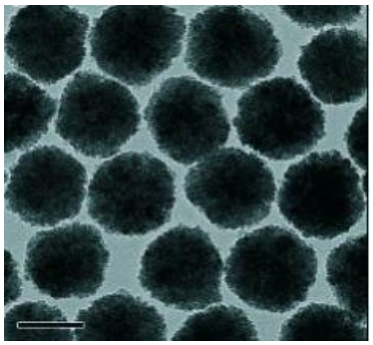


Рисунок 6 – Коллоидные кластеры нанокристаллов оксида железа. Шкала 100 нм

Коллоидная форма железа наименее изучена, она представляет собой гидрат оксида железа $Fe(OH)_3$ и комплексы с органическими веществами. Магнитные свойства коллоидных растворов, содержащие наночастицы оксидов железа, изучались методом ЭПР- и ЯМР-спектроскопии.

При кластеризации железа особо важное значение имеет реакция химической конденсации, осуществляемой при получении нанокристаллов магнетита Fe_3O_4 [5].

Химическая конденсация заключается в осаждении наночастиц магнетита из водного раствора солей 2- и 3-валентного железа избытком концентрированного раствора щелочи [5]:

$$2FeCl_3 + FeCl_2 + 8NaOH \xrightarrow{\text{избыток } NaOH} Fe_3O_4\downarrow + 8NaCl + 4H_2O$$

Полученный осадок коллоидных частиц переводится в жидкость-носитель при помощи метода пептизации, суть которого заключается в образовании на поверхности наночастиц слоя молекул ПАВ [5]. В результате происходит разъединение наночастиц и последующее диспергирование в жидкости-носителе.

Пептизацию проводят, добавляя (при подогревании до 70-100°С и перемешивании) к осадку магнетита раствор жидкости-носителя и ПАВ [5]. Применяемые наиболее часто для получения магнитных жидкостей магнетит и олеиновая кислота являются оптимальными компонентами в отношении максимальной намагниченности и с учетом простоты технологии.

Олеиновая кислота $C_8H_{17}CH = CH(CH_2)_7CO– O\,H^+$ своим полярным концом O^-H^+ притягивается к поверхности твёрдой фазы, образуя на ней плотный мономолекулярный слой толщиной $\delta \approx 2$ нм (рисунок 7, а) В

неполярных дисперсионных средах (масло, керосин, додекан, октан и т.д.) гибкие неполярные концы ПАВ, сродственные жидкости-носителю, направлены от частицы к жидкости [5].

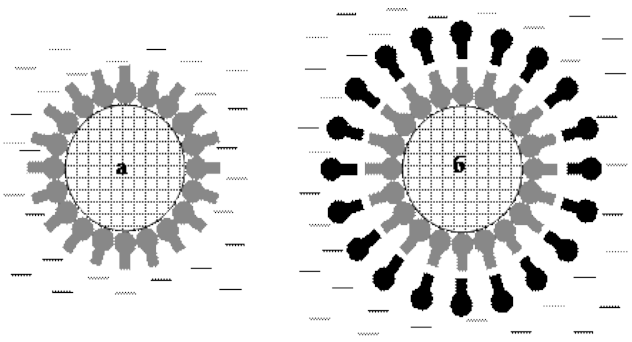


Рисунок 7 – Наночастица в неполярном (а) и полярном растворителе (б) [5]

Устойчивость диспергированных наночастиц в полярной жидкости достигается характерным расположением 2-х слоев ПАВ (рисунок 7, б): первый слой состоит из молекул олеиновой кислоты, а второй – из молекул олеата натрия (при этом сродственные полярной жидкости-носителю полярные концы второго слоя ПАВ направлены от частицы к жидкости) [5]. В этом случае толщина защитной оболочки вдвое превышает толщину защитной оболочки магнетита, стабилизированного в углеводородных средах.

Существуют магнитные жидкости на основе вакуумного, трансформаторного, вазелинового и некоторых других масел [5]. Для создания электропроводных магнитных жидкостей используют такие жидкости, как ртуть или эвтектический сплав «индий – галлий – олово (ингас)», в которых диспергируют частицы Fe, *Ni* и *Co*, стабилизированные оловом, висмутом и литием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликова Г.И., Салихов Д.Н. О самородном состоянии металлов (на примере железа) // Материалы VII Межрегиональной геологической конференции. М., 2007. С. 177-180.
2. Магнитные наночастицы: проблемы и достижения химического синтеза // http://www.nanometer.ru/2008/11/02/12255844853611_54400.html.
3. Новые способности нанокристаллов // http://www.innoros.ru/news/13/05/novye-sposobnosti-nanokristallov.
4. Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006.
5. Углеродные нанотрубки // http://studopedia.net/6_51214_uglerodnie-nanotrubki.html.
6. Управление структурой наночастиц железа // http://www.nanonewsnet.ru/news/2007/ upravlenie-strukturoi-nanochastits-zheleza.
7. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nano_Morph.jpg?uselang=ru.

УДК 549.06+549.08+550.4

Церий в монацитах как индикатор этапности формирования редкометалльных метасоматитов и их связи с магматическими комплексами (на примере Сущано-Пержанской зоны Украинского щита)

И.И. ЛАЗАРЕВА, *канд. геол. наук, доцент,*
Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко

Ключевые слова: *монацит, метасоматиты, флюид, индикатор, геохимия, моделирование, этапы, церий.*

Введение. Оценка потенциальной рудоносности метасоматитов в значительной степени определяется достоверностью знаний о характере, последовательности и направленности процессов их формирования. Особую важность эти данные приобретают при изучении древних (докембрийских) объектов метасоматического генезиса, характеризующихся сложностью строения и длительным полиэтапным развитием. Достоверное выделение соответствующих этапов открывает возможность оценки их рудной нагрузки и определения источника (источников) рудного вещества. В практике исследований для решения этих задач широко используются минералого-геохимические критерии и индикаторы. ***Проблема*** состоит в выявлении и выборе наиболее информативных из них. В качестве одного из возможных вариантов решения поставленной проблемы предлагается рассмотреть индикаторные возможности микроэлементного состава монацита. Этот минерал, как известно, достаточно широко распространен в метасоматитах и отличается

чуткой реакцией на изменение физико-химических условий с образованием новых типов (генераций), которые в геохимическом отношении наследуют особенности минералообразующей среды. Необходимо также отметить, что монацит, несмотря на его потенциально высокую информативность, в метасоматических комплексах на настоящий момент исследован явно недостаточно, что определяет актуальность работы.

Цель работы. Оценка возможности применения геохимических особенностей монацита и, в первую очередь, отношения *Ce*/*Ce** (*Ce* и *Ce** – модальная и нормативная концентрации элемента, соответственно) в этом минерале в качестве минерало-геохимических критериев для выделения этапов (в т.ч. рудных) формирования метасоматитов, а также для установления источников их рудного вещества.

Объект исследования. Исследования проведены на примере рудоносных (*Li*, *Be*, *Nb*, *Ta*, *Zr*, *W*, *Sn*, *Mo*, *Zn*, *Pb*, *Cu*, *Bi*, *Cd*) метасоматитов Сущано-Пержанской зоны (СПЗ), которые характеризуются сложностью строения, дискуссионностью истории формирования (по данным Безбородько М.И., Металиди С.В., Безпалько Н.А., Нечаева С.В., Галецкого Л.С., Зинченко О.В., Белоуса О.И. и др., 1929-1995 гг.) и пространственно ассоциируют с докембрийским Коростенским плутоном (КП) в пределах северо-западной части Украинского щита (УЩ).

Задачи работы. Сформулированная цель работы потребовала последовательного решения следующих задач: 1) геохимическая типизация исследованных индивидов монацита; 2) моделирование микроэлементного состава монацита, образовавшегося в результате функционирования предположительно рудогенерирующей магматогенно-гидротермальной системы гранитоидов КП; 3) сопоставление состава реальных монацитов из метасоматитов СПЗ и модельных композиций этого минерала; 4) подтверждение принадлежности выделенных типов минерала к главной («рудной») и другим этапам формирования метасоматитов СПЗ путем сравнения ориентировочных датировок (метод «общего свинца») с существующими изотопными оценками абсолютного возраста КП и вмещающих метасоматиты геологических образований.

Методика исследований. Комплекс методов и методик [1, 2, 3] получения первичных минерало-геохимических данных включал:

1. Методики подготовки и изучения представительных минералого-геохимических проб, которые, за счет использования магнитогидростатической и фотолюминесцентной сепарации, а также современных инструментальных диагностических средств (электронно-зондовый микроанализ, люминесцентная микроскопия, рентгено-флуоресцентный (XRF) и рентгеноструктурный (XRD) анализы) обеспечили: надежную диагностику фаз, минимальные потери при выделении мономинеральных фракций монацита, предварительную типизацию индивидов, выбор представительных статистических выборок зерен и минимизацию заражения примесями, которые мешают элементному анализу.

2. Аналитические методы исследований: количественное определение концентраций главных индикаторных микроэлементов (*Y*, *LREE*, *Th*, *U*, *Pb* и др.) в единичных зернах монацита ($n = 759$) проводилось при помощи специализированного сублокального варианта энергодисперсионного рентгено-флуоресцентного метода (milliprobe/single grain X-ray fluorescence analysis: XRF-MP/SG), который позволил инструментально определять массу каждого проанализированного зерна [2, 3].

В качестве основного средства интерпретации использован метод геохимического моделирования, примененный вариант которого, учитывая важность этой процедуры в структуре работы, ниже охарактеризован отдельно.

Исходные данные для моделирования состава монацита из рудоносных гидротермально-метасоматических образований, рассмотренных в данной работе, предоставила геохимическая модель формирования гранитоидной серии КП [2, 3], в которой в качестве ведущего механизма магматической эволюции принята фракционная кристаллизация гранитоидного расплава в глубинной магматической камере. Кроме того, использованы: 1) данные о распределении петрогенных и микроэлементов в серии гранитоидов КП; 2) экспериментальные данные [4, 5, 6] о растворимости апатита, циркона и монацита, а также H_2O в расплавах; 3) температурная зависимость [2] распределения *Y* между парагенными апатитом и цирконом. Поведение микроэлементов в зависимости от f (массовой доли остаточного расплава) аппроксимирована уравнениями релеевского типа:

$$C = C_0 \times f^{(D-1)}, \qquad (1)$$

где C – концентрация элемента в остаточном расплаве, C_0 – исходная концентрация элемента в первичном расплаве, D – эффективный комбинированный коэффициент распределения элемента ($D = C^S/C^L$, C^S и C^L – концентрации элемента в твердой фазе и расплаве, соответственно). Полученная система уравнений является идеализированной моделью поведения (монотонное – *Zr*, *Sr*, *Ba* и др.; инверсионное – *LREE*, *Y*, *F*, *Cl*, *Nb*, *Zn* и *Pb*) элементов в процессе магматической эволюции. Поведение инверсионных элементов описывается двумя уравнениями релеевского типа (до и после инверсии).

Моделирование магматогенно-гидротермальной системы и её продуктов предполагало расчет коэффициентов распределения флюид/расплав для микроэлементов [3], используя выражение:

$$K^{F/L} = \frac{\Delta S_n (D' - D) + D' \Delta F_n}{\Delta F_n}, \qquad (2)$$

где $K^{F/L}$ – коэффициент распределения флюид/расплав элемента с инверсионным типом поведения; ΔF_n – доля флюидной фазы в системе, которая отделилась за период Δf_n ($\Delta f_n = f_{n-1} - f_n$, $n = 1,2,3 \ldots n$ – количество условных периодов эволюции системы протяженностью Δf от начала отделения водного флюида; $\Delta F_n = 0.01 \cdot \Delta C^{f_n}_{H_2O} \cdot \Delta f_n$, где $\Delta C^{f_n}_{H_2O}$ – количество водного флюида, отделившегося за любой период Δf_n; $\Delta C^{f_n}_{H_2O} = C^{f_n}_{H_2O} - C^{L}_{H_2O}$, где $C^{f_n}_{H_2O}$ и $C^{L}_{H_2O}$ – концентрация воды в системе в определенный момент f_n и максималь-

ное значение растворимости H_2O в гранитном расплаве (мас. %), соответственно); D и D' – эффективные комбинированные коэффициенты распределения для участков магматической эволюции до ($f > f_{inv.}$) и после ($f < f_{inv.}$) инверсии, соответственно; ΔS_n – доля твердой фазы, образовавшейся за период Δf_n ($\Delta S_n = S_{n-1} - S_n$); $S_n = 1 - (f_n + F_n)$, где S_n, f_n, F_n ($F_n = \sum_{n=1}^{n} \Delta F_n$) – доли твердой, жидкой и флюидной фаз в системе, соответственно [3]. Для элементов с монотонным типом поведения: $K^{F/L} = D$ (из выражения 2).

Моделирование состава минералов из высокотемпературных метасоматитов. Принимается, что флюид был насыщен относительно минералообразующих компонентов уже с начала своего отделения от остаточного расплава магматической системы. В этом случае простейшую оценку концентраций элементов, выбранных для модельных построений, дает выражение: $C_i^N = D_i^{N/F} \times C_i^F$, где C_i^N и C_i^F – концентрации элемента i в минерале N и во флюиде, соответственно, а $D_i^{N/F}$ – его коэффициент распределения минерал/флюид. Последний, в свою очередь, можно оценить исходя из модельных значений $K_i^{F/L}$, которые закономерно варьируют согласно выражению (2), и средних значений коэффициента распределения минерал/расплав ($D_i^{N/L}$), который оценивается в каждом конкретном случае индивидуально:

$$D_i^{N/F} = D_i^{N/L} \Big/ K_i^{F/L} = \left(C_i^N / C_i^{L^*}\right) \Big/ \left(C_i^F / C_i^{L^*}\right) = C_i^N / C_i^F .$$

Моделирование микроэлементного состава акцессорных минералов из низкотемпературных метасоматитов. Согласно разработанной модели, принимается, что низкотемпературные метасоматиты являются результатом полного осаждения элементов, экстрагированных флюидом из расплава. При условии, что минерал, состав которого моделируется, является единственным минералом-концентратором главных минералообразующих компонентов, расчет проводится следующим образом: 1) используя известные схемы изоморфизма, определяем, какие компоненты модельного флюида могут войти в структуру данного минерала и на какие катионные и анионные позиции; 2) рассчитываем атомные количества каждого из элементов катионной части минерала (A_i); 3) определяем их атомные соотношения в пределах каждой катионной позиции ($X_i = A_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} A_i$, где X_i – атомная доля элемента в составе катионной части, n – количество элементов, входящих на рассматриваемую катионную позицию); 4) полученные значения для катионов и стехиометрические коэффициенты анионной части, согласно идеализированной формуле минерала, умножаем на их атомные массы; 5) рассчитываем массовые доли каждого элемента в минерале. От массовых долей легко перейти к массовым концентрациям в необходимых единицах.

Поскольку Y (в значимых концентрациях) может входить в состав нескольких акцессорных минералов СПЗ, а именно: монацита (*LREE*, *Y*, Th_n, Ca_n) [PO_4] (*Mnz*), циркона (*Zr*, *Hf*, *Y*) [($Si_{(1-n)}$, P_n) O_4] (*Zrn*) и флюорита (*Ca*, *Sr*, Y_n) $F_{(2+n)}$ (*Fl*), требует отдельного объяснения принцип оценки пропорций распределения элемента между этими акцессорными фазами. Главным фактором, определяющим кристаллохимически обусловленную способность минерала к накоплению *Y*, следует считать относительную разницу между ионными радиусами замещаемого (R_k) и замещающего (R_i) [2, 3] катионов (в работе использованы значения ионных радиусов Р.Д. Шеннона в координации замещаемого катиона). Эта величина может быть охарактеризована как [2]: $\Delta R_i'' = 100 - |\Delta R_i'|$, где $\Delta R_i' = 100 \Delta R_i / R_k$, $\Delta R_i = R_k - R_i$. Концентрацию элемента i в модельном флюиде, вошедшую в состав минерала N_1 ($C_{i(N_1)}^F$), находим, используя выражение:

$$C_{i(N_1)}^F = \frac{\Delta R''_{i(N_1)}}{\Delta R''_{i(N_1)} + \Delta R''_{i(N_2)} + \Delta R''_{i(N_3)}} \times C_i^F .$$

Расчет состава монацита (*LREE*, *Y*, *Th*, *Ca*) [PO_4] проведен, руководствуясь изложенной выше методикой, принимая следующие изоморфные схемы: $Y^{3+} \rightarrow LREE^{3+}$; $Th^{4+} + Ca^{2+} \rightarrow 2LREE^{3+}$. Значение коэффициента распределения монацит/флюид ($D_i^{Mnz/F}$), при отсутствии экспериментальных данных, оценено, исходя из результатов исследования зерен минерала из типичной (опорной) пробы гранитов КП следующим образом: $D_i^{Mnz/F} = C_i^{Mnz} / C_i^{Rock}$, где C_i^{Mnz} – концентрация элемента i (*La*, *Ce*, *Nd*, *Th*, *Y*) в наиболее раннем по времени образования модальном монаците (зерна имеют минимальные концентрации элементов, которые, вследствие их несовместимости, накапливаются в остаточном расплаве и, соответственно, поздних индивидах), C_i^{Rock} – валовая концентрация элемента i в пробе, из которой извлечен монацит.

Допускаем, что некоторая часть общей суммы церия в расплаве пребывает в четырехвалентном состоянии ($C_0^{\Sigma Ce} = C_0^{Ce3+} + C_0^{Ce4+}$) и будет себя вести подобно Th^{4+} – несовместимому элементу, в поведении которого отсутствует инверсия. Поэтому для расчета смены концентрации Ce^{4+} в составе остаточного расплава, модельного флюида и монацита из высоко- и низкотемпературных метасоматитов можно воспользоваться значениями – D_{Th}, $K_{Th}^{F/L}$, $D_{Th}^{S/F}$, $D_{Th}^{Mnz/F}$, которые получены в ходе моделирования для *Th*. Таким образом, пользуясь уравнением (1), отдельно рассчитываем концентрации Ce^{3+} и Ce^{4+} в составе остаточного расплава, а далее, приведенным выше способом, – монацита (рисунок 2) для нескольких случаев состава первичного расплава [$Ce^{4+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+})$=0,00-0,04]. Расчет модельного микроэлементного состава монацита из гранитоидов КП (линия *L* на рисунке 2) сделан исходя из того, что кристаллизация гранитного расплава в объеме, соответствующем исследованной для гранитов КП пробе, в целом (в том числе по температурному режиму) повторяет процесс кристаллизационной дифференциации во всей магматической системе этого комплекса. Проба, в которой исследовался монацит, по значениям f фактически отвечает достижению насыщения расплава этим минералом ($f = 0{,}185$ – инверсия в поведении *LREE*).

Полученные результаты и их обсуждение. Для монацитов из главных минеральных типов метасоматитов СПЗ («пержанские граниты», кварц-полевошпатовые и сидерофиллит-полевошпатовые метасоматиты) получен блок данных по распределению *Y, U, Th, Pb* и *LREE* ($N = 759$). Как показали проведенные исследования, в пределах каждой пробы наблюдаются индивиды разного микроэлементного состава (2-3 разновидности), которые, вероятно, образовались на разных этапах минералообразования (рисунок 1).

Результаты обобщения данных из разных минеральных типов метасоматитов (рисунок 1) позволяют выделить для монацита три отдельных геохимических типа. Наилучшая дискриминация выделенных типов наблюдается в следующих координатах: *Ce/Ce* – Y; Ce/Ce* – La/Nd; Y – Th* и *U – Th* (*Ce* та *Ce** – модальная и нормативная концентрации элемента, соответственно; $Ce^* = Ce^{Ch}(2La_N + Nd_N)/3$, где La_N и Nd_N – хондрит-нормализованные концентрации *La* и *Nd*, а Ce^{Ch} – концентрация *Ce* в хондрите, согласно Anders E. et all, 1989). С целью сравнения на рисунке приведены данные о микроэлементном составе монацита, извлеченного из гранитоидов КП и флювиогляциальных отложений северо-западной части Украинского щита.

Исходя из гипотезы о генетической связи КП и гидротермально-метасоматических образований СПЗ, которая с ним пространственно тесно ассоциирует, результаты моделирования сравнивались с модальным составом монацитов, извлеченных из метасоматитов СПЗ. Как видно из рисунка 2, модальный состав монацитов СПЗ второго геохимического типа полностью отвечает модельной области при $Ce^{4+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+})=0.04$, что соответствует существующим независимым оценкам степени окисления *Ce* в магматических расплавах (по данным John M. Hanchar et all, 2003: $Ce^{4+}/(Ce^{3+} + Ce^{4+}) = 0.04 - 0{,}06$). Монациты I и III геохимических типов в модельную область не попали.

Поэтому можно считать, что монациты именно II типа образовались за счет флюида, отделявшегося в процессе магматической эволюции КП. Этот вывод подтверждается и оценками возраста, полученными методом «общего свинца» [1], для каждого из выделенных типов (рисунок 3, *в*). К первому геохимическому типу (несомненно, реликтовому) отнесены монациты, которые по составу, в целом, подобны монациту гранитоидов КП. Исследования же возрастных соотношений демонстрируют довольно серьезные отличия.

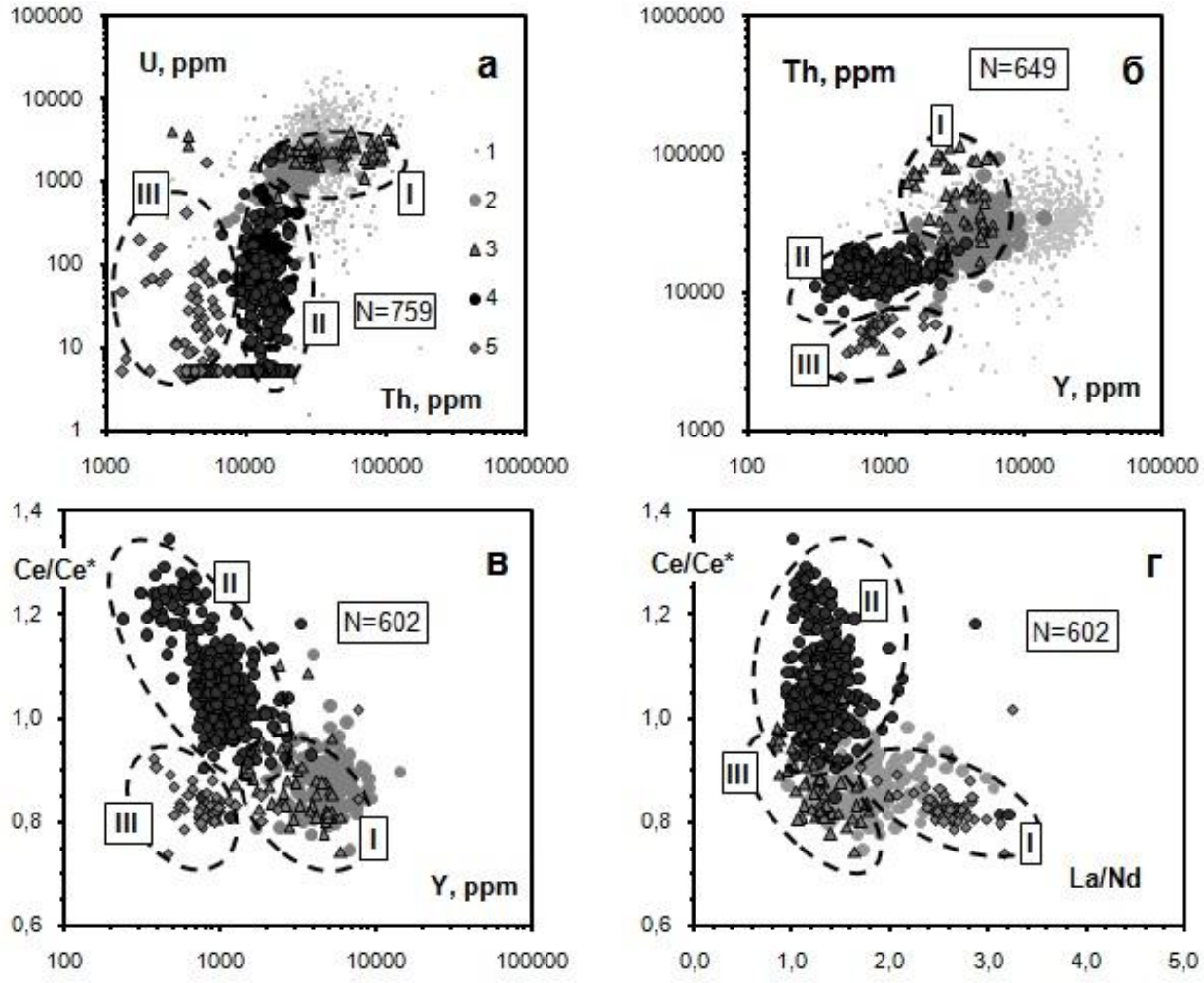


Рисунок 1 – Обобщенная геохимическая типизация изученных монацитов в координатах *U – Th* (*а*), *Th – Y* (*б*), *Ce/Ce* – Y* (*в*), *Ce/Ce* – La/Nd* (*г*) из:
1 – флювиогляциальных отложений северо-западной части Украинского щита; 2 – гранитоидов КП; 3, 4 и 5 – метасоматитов СПЗ (I, II, III – геохимические типы, соответственно).

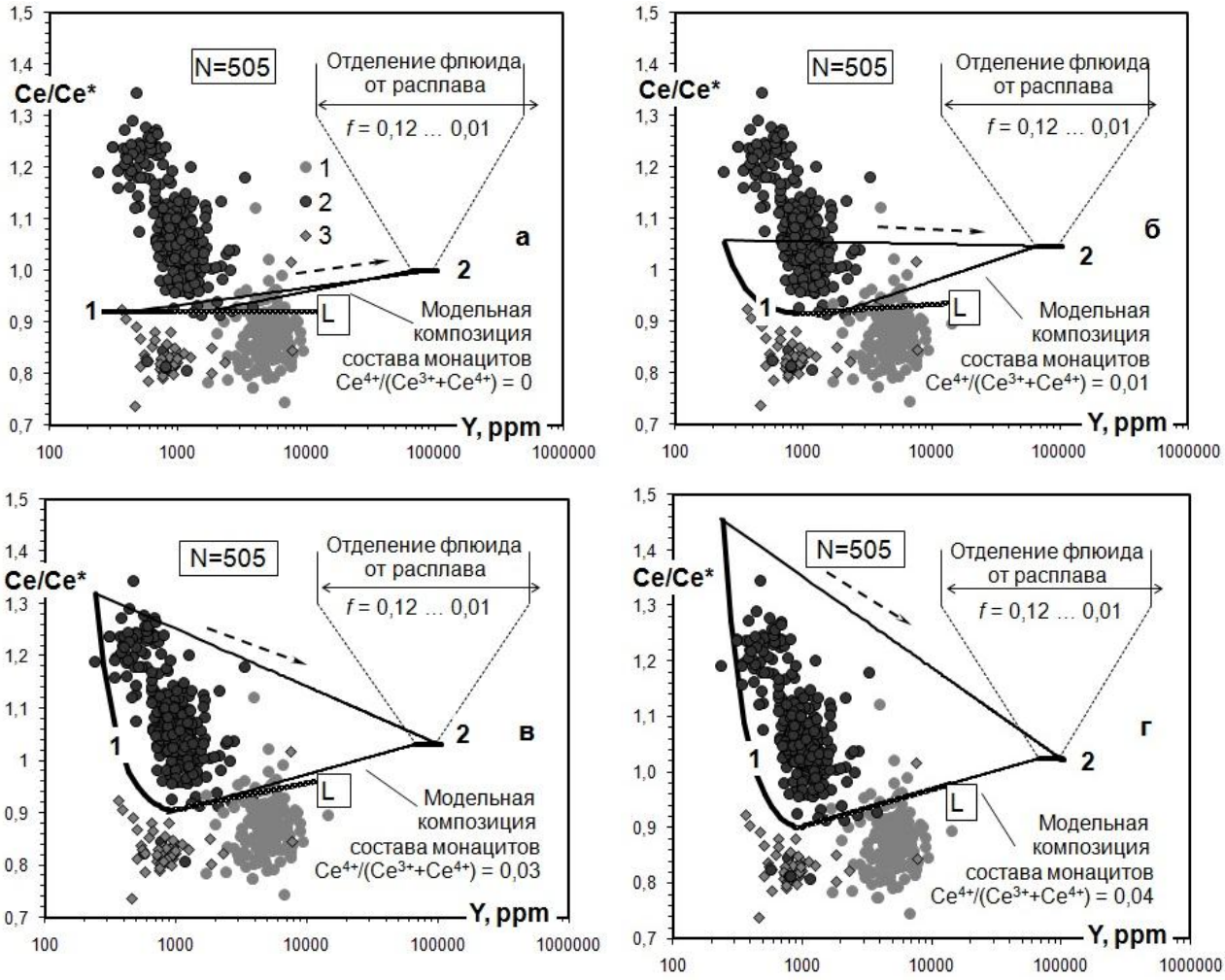


Рисунок 2 – Сопоставление микроэлементного состава монацитов из гранитоидов КП (1) и метасоматитов СПЗ I (1), II (2) и III (3) геохимических типов в координатах *Ce/Ce** – *Y* для случаев: *а* – $Ce^{4+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+}) = 0$; *б* – $Ce^{4+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+}) = 0{,}01$; *в* – $Ce^{4+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+}) = 0{,}03$; *г* – $Ce^{4+}/(Ce^{3+}+Ce^{4+}) = 0{,}03$. *L* – тренд изменения концентраций в расплаве. Линии 1 и 2 – графики изменения состава монацита из высоко- и низкотемпературных монацитов, генетически связанных с магматогенно-гидротермальной системой гранитоидов КП. Стрелки показывают направление снижения температуры формирования метасоматитов

Оценки возраста монацита I геохимического типа из «пержанских гранитов» (рисунок 3, *в*) действительно отвечают периоду формирования Коростенского плутона (1850±80 млн лет), в отличие от монацита того же типа из «сидерофиллитовых метасоматитов», возраст которого (2000±60 млн лет), в целом, совпадает с возрастом монацитсодержащих пород (по данным Зинченко О.В., 1986 и др.) окружающих СПЗ (житомирский комплекс, тетеревская серия). Этот факт свидетельствует о петрографическом разнообразии геологических образований, послуживших субстратом для различных минеральных типов метасоматитов СПЗ. Монациты II геохимического типа (1660±60 млн лет) синхронны образованию СПЗ, а зерна III типа (1540±20 млн лет) — связаны, вероятно, с процессами более поздней гидротермальной переработки (по данным Скобелева В. М., 1985: «посткоростенский этап интенсивной вулканической деятельности в регионе», 1,5 – 1,3 млрд лет), что подтверждается присутствием низкотемпературных (собственно гидротермальных) минералов, обнаруженных при минералогическом изучении метасоматитов.

Корректность приведенных оценок возраста подтверждается соответствием аналогичной оценки для монацита, извлеченного из гранитоидов КП (рисунок 3, *а*) данным изотопного датирования (1770±15 млн лет) [7]. Кроме того, их надежность подтверждена результатами контрольного исследования стандарта канадской геологической службы (рисунок 3, *б*), проведенного тем же методом (паспортные данные изотопного определения возраста стандарта – 1766±1,2 млн лет). Как видим из рисунка, оценки, полученные методом «общего свинца», совпадают с соответствующими изотопными определениями.

И хотя такие оценки возраста требуют уточнения, полученный «рой» изохрон однозначно свидетельствует о наличии нескольких этапов минералообразования, причем интенсивность процесса в каждом случае была разной. Наиболее «влиятельным» был этап образования зерен второго типа, синхронный по времени образованию метасоматитов СПЗ [7]. Следующий этап (образование монацитов III типа) тоже фиксируется очень четко, особенно учитывая их геохимические отличия от близких по возрасту зерен II типа.

Влияние других этапов было, как видно из рисунка 3, *в*, незначительным, и «собственный» монацит в это время, скорее всего, не образовывался.

Выводы:

1. Установлено, что метасоматические образования СПЗ сформировались вследствие многоэтапного процесса (как минимум: коростенский и посткоростенский этапы).

2. Выделенный по соотношениям всех исследованных элементов-примесей II геохимический тип монацита, который, в целом, доминирует в составе метасоматитов СПЗ в количественном отношении, по полученным для монацита возрастным оценкам (1660±60 млн лет) соответствует имеющимся изотопным оценкам возраста формирования зоны (1760±5 млн лет [7]), что позволяет считать его синпетрогенным, то есть отвечающим главному этапу формирования метасоматитов.

3. Для монацитов, отнесенных к главному («рудному») этапу формирования метасоматитов (II геохимический тип), значение индикаторного отношения *Ce/Ce** хорошо согласуется с модельными оценками для этого минерала, которые получены в результате геохимического моделирования рудогенерирующей магматогенно-гидротермальной системы гранитоидов КП. Положительные результаты сопоставления расчетного (модельного) и исследованного (модального) составов монацита (рисунок 2) подтверждают как гипотезу о генетической связи рудоносных образований СПЗ с гранитоидами КП, так и достоверность разработанной для них геохимической модели.

Полученные данные позволяют предложить отношение *Ce/Ce** монацитов как один из эффективных и довольно простых в применении критериев выделения разновозрастных этапов формирования магматогенно-гидротермальных образований, а параллельное применение геохимического моделирования позволяет рассматривать его в качестве надежного инструмента при решении генетических и прогнозно-поисковых задач.

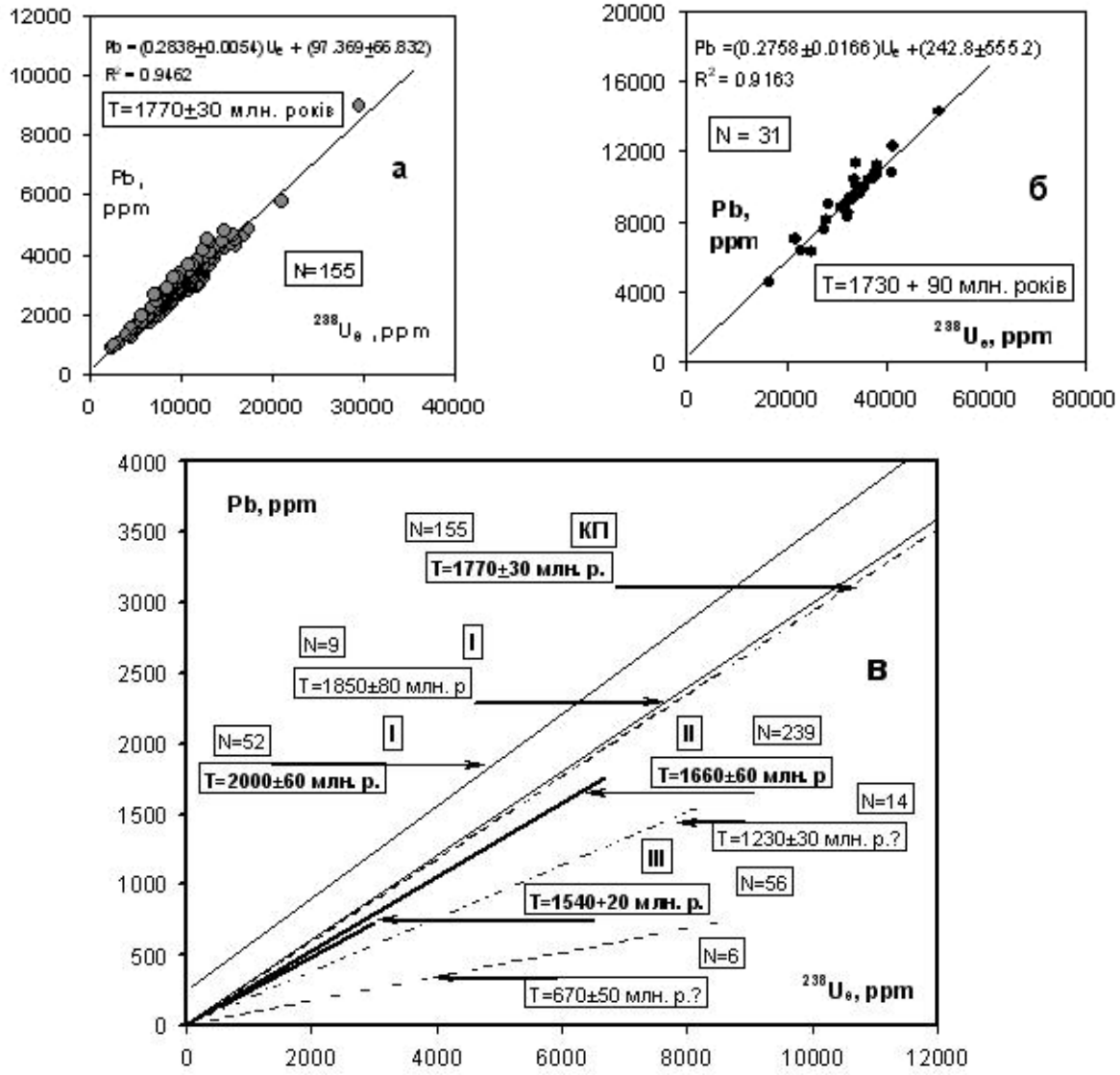


Рисунок 3 – Зависимости Pb и $^{238}U_e$ для монацитов из: *а* – гранитоидов КП; *б* – стандарта Канадской геологической службы (паспорт: 1766±1,2 млн лет); *в* – всех исследованных минеральных типов метасоматитов (жирними линиями выделены главные изохроны для I, II и III геохимических типов монацита). Возраст монацита оценен методом «общего свинца»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.В. Современные возможности метода общего свинца в радиогеохронологических исследованиях // Геол. журн. – 1992. – № 6. – С. 125-130.
2. Шнюков С.Е. Геохимические модели эволюции магматических систем и земной коры: потенциальный источник петрофизической и рудогенетической информации // Геофизический журнал. – 2002. – Т. 24. – № 6. – С. 201-219.
3. Шнюков С.Є., Лазарева І.І. Модельна оцінка мікроелементного складу акцесорних мінералів метасоматитів, пов'язаних з магматичними комплексами // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2004. – № 2. – С. 116-122.
4. Harrison T.M., Watson E.B. The Behavior of Apatite During Crustal Anatexis: Equilibrium and Kinetic Considerations // Geochim. et Cosmochim. Acta. – 1984. – 48, N 7. – P. 1467-147.
5. Montel J.M. A Model for Monazite / Melt Equilibrium and Application to the Generation of Granitic Magmas // Chemical Geology. – 1993. – 110. – P. 127-145.
6. Watson E.B., Harrison T.M. Zircon Saturation Revisited: Temperature and Composition Effects in a Variety of Crustal Magma Types // Earth and Planetary Science Letters. – 1983. – Vol. 64. – P. 295-304.
7. Щербак М.П., Артеменко Г.В., Лісна І.М., Пономаренко О.М., Шумлянський Л.В. Геохронологія раннього докембрію Українського щита. Протерозой. – Київ: Наук. думка, 2008. – 239 с.

УДК 666.9407, 691.54., 66.07, 631.4:574

Технология извлечения, концентрирования и последующего применения диоксида серы из отходящих газов цементного производства

Д.О. БАЙДЖАНОВ[1], *д.т.н., профессор кафедры СМиТ,*
О.А. МАЛЫШЕВ[2], *к.т.н., генеральный директор,*
С.А. ЩЕЛКУНОВ[2], *к.х.н., ведущий научный сотрудник,*
П.А. КРОПАЧЕВ[1], *к.т.н., доцент кафедры СМиТ,*
Л.А. ДИВАК[1], *магистр, преподаватель кафедры СМиТ,*
[1]Карагандинский государственный технический университет,
[2]ООО «Инновационный ресурс», г. Москва, РФ

Ключевые слова: *производство, цемент, сернистый газ, диоксид серы, абсорбент, хемсорбент, гипс, выброс, загрязнение.*

Наиболее эффективным путем решения технологических задач, стоящих перед промышленностью разных стран, в настоящее время принято считать использование предложений из списка «лучших доступных технологий», ежегодно публикуемого официальными органами стран ЕС, США и России. В этом смысле не является исключением и цементная промышленность: Федеральный Закон № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. определяет общие принципы нормирования предельно допустимых выбросов и сбросов на основе учета экономических и социальных факторов [1,2].

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха и отравления окружающей среды являются сернистые газы, в частности диоксид серы. Сернистые выбросы цементной промышленности можно примерно оценить в пересчёте на CO_2 следующим образом.

В большинстве печей на 1 т клинкера образуется около 1000 м^3 отходящих газов. При мировом производстве клинкера около 1,2 млрд т общий выброс отходящих газов составит 1,2 х 10^{12} м^3. Принимая среднюю концентрацию CO_2 в отходящих газах 0,3 об. %, при плотности SO_2 2,9 кг/м^3 получаем массу CO_2 в отходящих газах цементной промышленности – 10,44 млн тонн. Таким образом, суммарный годовой объем «цементных» выбросов антропогенных сернистых газов составляет около 1 % общих сернистых выбросов промышленности и транспорта [3].

В настоящее время в цементной промышленности наиболее распространённым методом очистки от SO_2 является известковый метод.

Метод основан на нейтрализации сернистой кислоты, получающейся в результате растворения двуокиси серы, содержащейся в дымовых газах, щелочными реагентами: гидратом окиси кальция (известью) или карбонатом кальция (известняком). При этом протекают следующие реакции:

$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$$
$$CaCO_3+SO_2=CaSO_3+CO_2$$

В результате этих реакций получается сульфит кальция, частично окисляющийся в сульфат. **Преимуществами** известнякового (известкового) метода являются простота технологической схемы, доступность и дешевизна сорбента, относительно малые капитальные затраты, возможность очистки газа без предварительного охлаждения и обеспыливания.

К **недостаткам** данного метода относятся: низкий коэффициент использования известняка, зависящий от типа применяемого минерала и достигающий, как

правило, 40-50 %; **подверженность забиванию кристаллическими отложениями абсорбционной аппаратуры и жидкостных коммуникаций;** получение в качестве продукта утилизации неиспользуемого шлама.

В связи с этим, авторы считают, что в цементной промышленности необходим другой подход, основанный на физических абсорбентах и получении в качестве продукта очистки отходящих газов диоксида серы, легко превращаемого в серную кислоту, а затем – в гипс.

В настоящее время для этих целей, как правило, используется **Cansolv процесс** [4,5,6]. Поглощение SO_2 в этих процессах представляет собой химическое взаимодействие аминогруппы с диоксидом серы, ведущее к образованию сульфитной соли. Нагревание сульфитной соли приводит к её распаду и выделению диоксида серы. Основными **преимуществами** этих процессов являются: отсутствие потерь абсорбента, высокая термическая стабильность, гомогенность, низкая токсичность, минимальная цена и высокая селективность по отношению CO_2. Однако наличие кислорода, используемого при окислительном обжиге сульфидов металлов, неизбежно ведёт к превращению аминных солей из сульфитов в сульфаты, не способные к термическому разложению и, следовательно, регенерации SO_2. В результате часть абсорбента становится отходом производства. Кроме того, термическое разложение сульфитных солей и электродиализ сопровождаются значительным расходом энергии, увеличивающим себестоимость процесса.

Помимо высоких энергозатрат на процесс, составляющих от 4000 кДж/м^3 (это возможный оптимум, который зависит от pH раствора, указанные затраты могут быть в 10 раз больше), к основным **недостаткам Cansolv процесса** относятся: низкая поглощающая способность в оптимизированном температурном режиме, составляющая 100 г на литр хемсорбента (в патенте указано не менее моля на моль воды в растворе); присутствие кислорода в процессе, который приводит к окислению хемсорбента и выводит его из процесса (увеличивается расход абсорбента); хемсорбент – соли аминов деградируют и выводятся из процесса в зависимости от количества присутствующего кислорода от 10 %; требуется дополнительная очистка хемсорбента (применяемые технологии очистки увеличивают расход электроэнергии на ионообменные процессы); процесс осуществим только при положительных температурах окружающей среды (водный раствор); в ходе процесса образуются твердые и жидкие отходы.

Целью предлагаемого способа является уменьшение энергетических затрат при очистке отходящих газов от диоксида серы за счёт увеличения поглотительной способности абсорбента [7].

Для этого улавливание SO_2 производят N-метил- или N-этилпирролидоном с содержанием воды от 0 до 15 масс. % в интервале температур от –20°С до +18°С, с добавкой 2-пирролидона до 30 масс. %, под давлением в интервале 1,2-1,5 ата.

Проведение процесса очистки в интервале давлений 1,2-1,5 ата позволяет совместить десорбцию диоксида серы с его термокомпрессией и транспортировать концентрированный продукт к месту переработки без затрат электроэнергии на его компрессию. Ограничение верхнего предела применяемого давления обусловлено нежелательностью использования более дорогого высокопотенциального тепла. Нижний предел давления является минимальным для транспортировки диоксида серы.

Для снижения себестоимости абсорбента и увеличения его поглотительной способности в качестве добавки к N-алкилпирролидону может применяться 2-пирролидон в количестве до 30 масс. %. Ограничением его количества является увеличивающаяся вязкость смеси.

Отгонку диоксида серы в предлагаемом техническом решении производят путём нагревания до 110-140°С при отдувке водяным паром, испаряющимся из раствора.

Для проведения очистки отходящих газов от SO_2 применяют следующую схему поглощения и регенерации: устанавливая в верхней части регенератора зону ректификации смеси абсорбента и воды, а в верхней части абсорбера – зону улавливания паров абсорбента частью отгоняемой из регенератора воды.

Принципиальная схема осуществления процесса показана на рисунке.

Газ, содержащий диоксид серы, подается снизу в абсорбер поз.1. Абсорбер заполнен насадкой из нержавеющей стали. Абсорбент подается сверху на орошение абсорбера. Абсорбент содержит N-алкилпирролидон и добавки воды и/или 2-пирролидона (далее 2-Р). Очищенный газ, содержащий менее 0,1 масс. % SO_2, подается в верхнюю часть абсорбера, предназначенную для промывки очищенного газа от паров и брызг абсорбента. Для этого указанная часть аппарата заполнена клапанными тарелками и орошается флегмой (водой), отогнанной в аппарате поз.2. Насыщенный раствор абсорбента, выходящий из абсорбера, подаётся насосом поз. 3 в теплообменник А поз.4 в насадочный десорбер (регенератор) поз.5, в котором при нагревании в кипятильнике поз. 6 происходит десорбция диоксида серы с частичным испарением воды. Регенерированный раствор охлаждается в теплообменнике В поз.7 и в холодильнике поз. 8. Далее абсорбент подается насосом вновь в абсорбер. Парогазовая смесь, содержащая пары воды и SO_2, поступает в верхнюю тарельчатую часть десорбера. Эта часть предназначена для ректификации смеси N-алкилпирролидона с добавкой 2-Р и воды. Сконденсированные пары воды частично подаются в виде флегмы в ректификационную зону десорбера и частично – на промывку в промывную зону абсорбера.

Примеры осуществления способа приведены ниже.

Пример 1. Газовый поток (P_{SO2} = 3×10^3 Па, $P_{\text{общ.газ смеси}}$ = 1×10^5 Па) направляют в абсорбер, содержащий 200 мл NMП, при температуре 20°С до прекращения поглощения SO_2. При этом поглощается 28,80 г SO_2. Абсорбент направляют в регенератор, десорбция SO_2 осуществляется нагреванием до 110°С при атмосферном давлении.

Остаточное содержание SO_2 в абсорбенте состав-

ляет 1,80 г. Энергетические затраты на десорбцию 1 г SO_2 составляют 1,49 КДж.

Аналогично проводят процесс с NMП, содержащим 3 и 15 масс. % воды. Полученные результаты представлены в таблице.

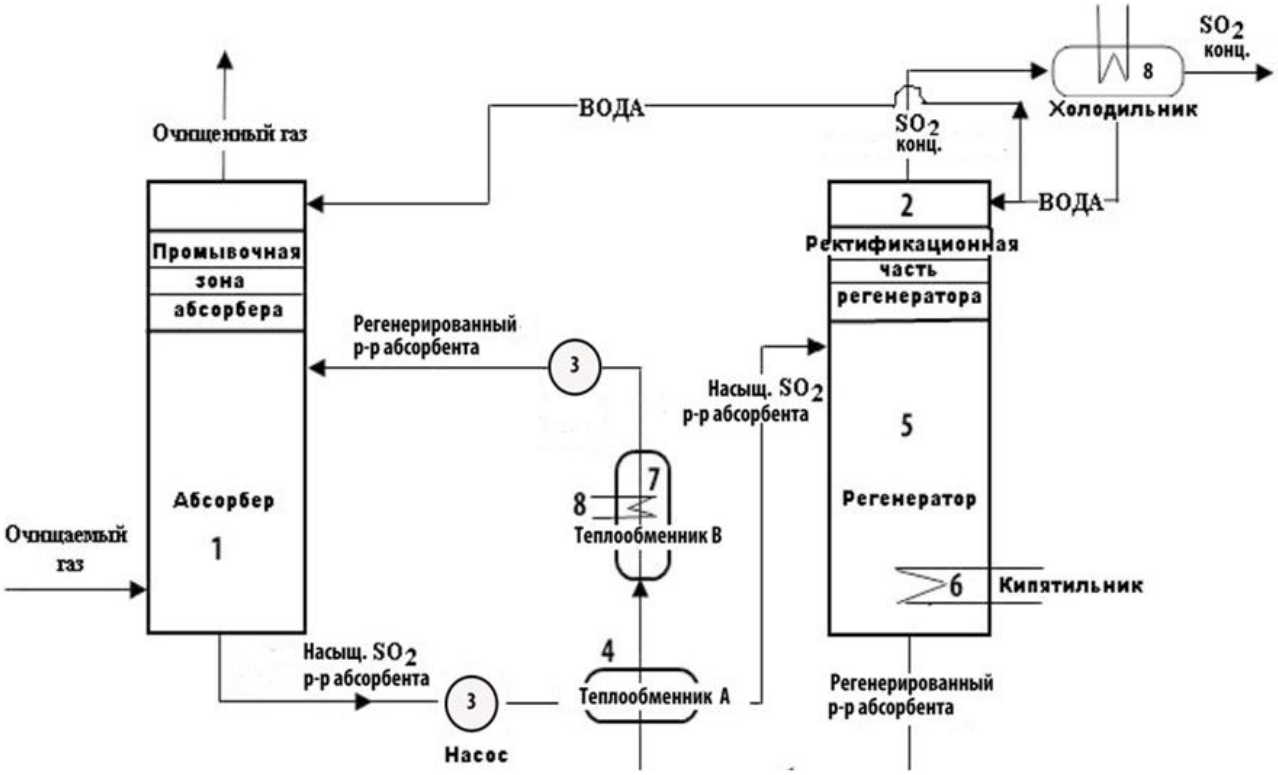
Из таблицы следует, что проведение процесса очистки отходящих газов от диоксида серы в условиях предлагаемого способа при равных степенях обводнения абсорбента позволяет уменьшить удельные энергетические затраты по десорбции диоксида серы, а также его компримированию с целью транспортировки.

Пример 2. Процесс проводят на установке, изображённой на рисунке. Газовый поток (P_{SO2} = 3×10^3 Па, $P_{общ.газ\ смеси}$ = 1×10^5 Па) направляется в абсорбер, содержащий 200 мл NMП, предварительно охлаждённый до температуры 0°С, до прекращения поглощения SO_2. При этом поглощается 54,70 г SO_2. Абсорбент направляют в регенератор, десорбцию SO_2 осуществляют нагреванием до 110°С под давлением 1,2 ата. Остаточное содержание в абсорбенте SO_2 составляет 2,2 г. Энергетические затраты на десорбцию 1 г SO_2 составляют 1,00 КДж. Аналогично процесс проводят при температурах насыщения от –20°С до +18°С, с добавкой воды и/или 2-Р от 0 до 30 %. Полученные результаты показаны в таблице.

Пример 3. Процесс проводят, изменяя параметры аналогично примеру 2. При этом в качестве абсорбента используют N-этилпирролидон (далее NEP).

Следует отметить, что получение концентрированного диоксида серы с последующей переработкой его в производные серной кислоты делает возможным получение не только строительного гипса, но и гипса более высших, вплоть до гипсов медицинских марок.

Таким образом, предлагаемый нами способ очистки отходящих газов делает реальным снижение зависимости цементных заводов от поставок гипса сторонними организациями.



Принципиальная схема осуществления процесса концентрирования SO_2

Затраты энергии на десорбцию 1 г SO_2

Состав	$P_{отг.}$, ата	$T_{нас.}$, °С	$T_{десорб.}$, °С	Затраты энергии на десорбцию 1 г SO_2, КДж
NMP	1	20(прототип)	110	1,49
97 масс.% NMP+ 3 масс.% воды	1	20(прототип)	110	1,79
85 масс.% NMP +15 масс. % воды	1	20(прототип)	110	4,27
NMP	1,2	0	110	0,90
NMP	1,5	-15	140	0,90
70 масс.% NMP+30 масс. % 2-P	1,2	18	110	1,24
97 масс.% NMP+ 3 масс.% воды	1,5	-15	140	0,94
85 масс.% NMP +15 масс. % воды	1,2	-20	110	1,58
NEP	1,2	-20	110	0,85
85 масс.% NEP +15 масс. % воды	1,4	0	130	1,76
67 масс.% NEP + 30 масс. % 2-P + 3 масс.% воды	1,2	10	110	1,00

Примечание: $P_{отг.}$ – давление при отгонке SO_2, $T_{нас.}$ – температура насыщения абсорбента, $T_{десорб.}$ – температура десорбции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивков С.П., Энтин З.Б. Проблемы технического регулирования и охраны окружающей среды при производстве цементов. Часть II. Применение принципа наилучших доступных методов для охраны окружающей среды при производстве цемента // Цемент и его применение. 2008. № 1. С. 134-138.
2. Грюдгорд П. Пути снижения выбросов CO2 цементными заводами // Там же. 2009. – №1. – С. 22-25.
3. Брокар Ж. Химия окружающей среды. М.: Химия, 1982. С. 270-272.
4. Циклический способ удаления диоксида серы из газового потока. Патент РФ № 2018353 по заявке 4742509/26, от 09.11.1989 г.
5. Removal and Recovery of Sulphur Dioxide from Gas Streams U.S. Pat. No. 5019361 по заявке US07/360, 404 от 2 июня 1989 г.
6. Розенкроп З.П. Извлечение двуокиси серы из газов. М.-Л.: ГНТИ, 1952.
7. Патент РФ № 2467788 «Способ очистки отходящих газов от диоксида серы» по заявке № 2011122378 от 02 июня 2011 г.

УДК 613.62

Анализ причин производственного травматизма на шахтах Карагандинского угольного бассейна

***С.С. КУДРЯВЦЕВ[1],** к.биол.н., ст. преподаватель, каф. РАиОТ,*
***П.В. ЕМЕЛИН[2],** д.т.н., зав. НИЛ прогнозирования и моделирования ЧС,*
***Е.С. КУДРЯВЦЕВА[2],** ст. научный сотрудник НИЛ прогнозирования и моделирования ЧС,*
***Н.К. ЕМЕЛИНА[3],** к.э.н., зав. кафедрой высшей математики,*
[1]Карагандинский государственный технический университет,
[2]«Карагандинский научно-исследовательский институт промышленной безопасности», филиал АО «ННТЦПБ», научно-исследовательская лаборатория (НИЛ),
[3]Карагандинский экономический университет

***Ключевые слова:** производственный травматизм, несчастный случай, травма, авария, шахта.*

Горнодобывающая промышленность имеет большое значение для республики как отрасль, позволяющая строить и реализовывать стратегию устойчивого экономического развития страны. С другой стороны, она является одной из наиболее проблемных, так как здесь вопросы безопасности труда, аварийности и высокого уровня производственного травматизма продолжают оставаться особенно актуальными. Для горнодобывающей промышленности вопросы безопасности труда, аварийности и высокого уровня производственного травматизма являются особенно актуальными, 25-30% персонала горнодобывающих предприятий, работает во вредных и неблагоприятных условиях [1, 2]. На долю горнодобывающей промышленности приходится от 30 до 50% всех зарегистрированных пострадавших в результате несчастного случая в процессе трудовой деятельности по республике [1 – 4].

Проведённый ретроспективный анализ статистических данных за последние 10 лет, на основании данных Департамента по чрезвычайным ситуациям Карагандинской области РК, позволил сгруппировать несчастные случаи по причинам, количеству происшествий и пострадавших, представленным в таблице и в графическом виде на рисунках 1 и 2. Анализ показал, что примерно 3 из 10 (29,81%) несчастных случаев на угольных шахтах происходит вследствие воздействия на человека движущихся, вращающихся предметов (см. таблицу 1).

Травматизм от воздействия движущихся, вращающихся предметов связан с их механическим воздействием на людей. Это объясняется, прежде всего, стесненностью рабочего пространства, а также невозможностью укрытия всех движущихся частей машин и механизмов. Определенное значение имеют аварии машин и механизмов, при которых последние становятся полностью или частично неуправляемыми, что существенно повышает их опасность для окружающих. Во многих случаях травмирование работников происходит в ходе профилактического обслуживания или ремонта машин и механизмов, находящихся в работающем состоянии (например, смазка, осмотр движущихся частей и др.).

Наряду с воздействием движущихся и вращающихся предметов одной из основных причин несчастных случаев на шахтах является обрушение или вывалы кусков и глыб угля и вмещающих пород (25,96%).

При этом несчастные случаи происходят при установке крепи, погрузке породы и угля, оформлении забоев, бурении шпуров. Объясняется это тем, что подрабатываемый выработками горный массив создает на кровлю выработок большое давление, вызываемое действием силы тяжести. При несоответствии прочности крепи этому давлению, крепь разрушается и происходит обрушение пород кровли. Причиной разрушения крепи обычно является ее старение и

несвоевременный ремонт. Крепь может разрушиться также в результате скрытых дефектов в ее элементах, несоответствия ее паспорта горно-геологическим условиям. Последнее, в свою очередь, может быть следствием неточного знания геологических условий и, в частности, горного давления.

Рисунок 1 – Структурная характеристика причин несчастных случаев на шахтах Карагандинского угольного бассейна

Рисунок 2 – Количество пострадавших на угольных шахтах

Опасность обрушений в значительной мере зависит от скорости подвигания забоев. Большое влияние на опасность обрушений оказывает способ механизации очистных работ, так как каждому типу выемочной машины соответствует определенная ширина образующегося при ее работе незакрепленного выработанного пространства. Для того чтобы заранее убедиться в устойчивости кровли, необходимо периодически проводить ее опробование.

Третьей по распространённости причиной несчастных случаев на шахтах является падение пострадавшего с высоты (13,46%). В условиях угольной шахты можно выделить 3 группы причин падения работников с высоты: технические (недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие защитных ограждений, техническое состояние подъёмных устройств и др.), технологические (недостатки в проектах производства работ, нарушения технологии ведения работ) и психологические (нарушение координации движений, неосторожные действия, низкий уровень трудовой дисциплины).

Четвёртая по распространённости причина – падение предметов на пострадавших – была отмечена для каждого восьмого случая производственного травматизма. При работе в угольных шахтах причинами падения предметов на работников являются падение груза, перемещаемого грузоподъёмными машинами вследствие обрыва грузозахватных устройств, неправильной строповки, выпадение кусков угля из пачки. Реже среди подобных причин встречается несоблюдение правил техники безопасности при монтажных работах, неправильная эксплуатация производственного оборудования, нарушение последовательности технологических операций.

На пятом месте среди причин несчастных случаев в шахтах находится воздействие транспорта (8,65%).

Большая часть несчастных случаев на транспорте происходит с обслуживающими его людьми. Причины травматизма на шахтном транспорте условно можно разделить на три группы: технические, организационные и личностные.

К техническим причинам относятся конструктивные несовершенства транспортных средств – например, плохой обзор из кабины аккумуляторных электровозов, ненадежное крепление батарейного ящика, неудовлетворительное освещение пути при маневровых работах, отсутствие на электровозах скоростемеров, несоответствие кабины электровозов эргономическим требованиям, ручная сцепка и расцепка вагонов, ручной перевод стрелок, несовершенство системы натяжения конвейерной ленты, загрузочных устройств конвейеров, недостатки конструкций устройств по очистке ленты, расштыбовке и др. Комплекс технических причин является источником 26,3% травм от общего их количества на подземном транспорте.

Основные организационные причины, вызывающие травматизм при эксплуатации транспорта, – это неудовлетворительное поддержание состояния горных выработок и рельсовых путей, эксплуатация неисправных транспортных средств, неисправность предупредительной сигнализации и путевых знаков или их несоблюдение, нарушение технологии транспортирования, слабая трудовая дисциплина, неудовлетворительно поставленное обучение безопасным приемам работы, недостаточный контроль за работой и др.

В результате проявлений горного давления изменяются размеры выработок, уменьшаются зазоры, регламентированные правилами безопасности. Между габаритами вагонеток (локомотивов) и крепью (эти зазоры обеспечивают человеку возможность разминуться с движущимся транспортным средством) в результате деформаций крепи и ее несвоевременного ремонта, разрушается полотно рельсовых путей.

Таблица 1 – Причины несчастных случаев, происшедших на шахтах Карагандинского угольного бассейна

Причины несчастных случаев на угольных шахтах	Количество происшествий		Количество пострадавших	
	число	%	человек	%
1 Воздействие движущихся, вращающихся предметов	31	29,81	31	13,36
2 Обрушение пород кровли	27	25,96	28	12,07
3 Падение пострадавшего, в т.ч. с высоты	14	13,46	13	5,60
4 Падение предметов	13	12,50	13	5,60
5 Воздействие транспорта	9	8,65	9	3,88
6 Внезапный выброс угля и газа	4	3,85	11	4,74
7 Взрыв метана	3	2,88	124	53,45
8 Прочее	3	2,88	3	1,29
Всего	104	100	232	100

По этим причинам, а также из-за захламления горных выработок происходит почти каждый пятый несчастный случай.

Однако наибольшее число несчастных случаев с тяжелыми последствиями происходит в результате неправильных, ошибочных, рискованных приемов работы, т.е. по личностным причинам.

Также важной причиной травматизма на транспорте является временный характер многих транспортных путей в шахте. Это, в свою очередь, вызывается постоянным перемещением рабочих мест в пространстве, вводом новых и погашением старых выработок.

Анализ результатов расследования несчастных случаев показывает, что причинами травм машинистов электровозов являются такие ошибочные действия, как превышение скорости, несвоевременное и резкое торможение электровоза, управление стоя или вне кабины, выпрыгивание из кабины электровоза на ходу, начало движения без сигналов и несвоевременная подача сигналов.

Основными причинами травматизма при обслуживании транспорта в наклонных выработках являются: превышение числа одновременно спускаемых или поднимаемых грузов, использование нестандартных устройств и работа при неисправных стопорах и барьерах.

При эксплуатации ленточных и скребковых конвейеров главными причинами травматизма являются применение опасных приемов труда на операциях при работающем конвейере или незаблокированном пускателе.

Анализ производственного травматизма на подземном рельсовом транспорте показал, что наиболее часто травматизация работников происходит при транспортировке грузов.

Сохраняется на высоком уровне травматизм при перевозке людей на транспортных средствах, не предназначенных для этих целей, что объясняется, с одной стороны, низкой трудовой дисциплиной, а с другой – неудовлетворительной организацией этого процесса. Перевозка горнорабочих на грузовых транспортных средствах является причиной 13,7% травм ежегодно [5].

Среди причин травматизма на угольных шахтах особо следует отметить внезапный выброс угля и газа и взрыв метана. Согласно таблице 1, удельный вес каждой из этих причин в общей структуре травматизма невелик и не превышает нескольких процентов (внезапный выброс угля и газа – 3,9%; взрыв метана – 2,9%). Однако их значимость заключается, прежде всего, в том, что действие этих факторов, как правило, носит катастрофический характер, в результате чего подвергается опасности и гибнет значительное количество людей, обеспечивая тем самым статистику так называемых «групповых несчастных случаев». Это подтверждается сопоставлением показателей количества происшествий с количеством пострадавших: при наличии всего 3 аварий, происшедших в результате взрыва метановоздушной смеси, общее количество пострадавших составило 124 человека; при 4 внезапных выбросах угля и газа пострадало 11 человек (рисунок 2).

Таким образом, проведённый ретроспективный анализ статистических данных о производственном травматизме на шахтах Карагандинского угольного бассейна показал, что наиболее распространённой причиной производственного травматизма является воздействие движущихся и вращающихся деталей производственного оборудования, связанное как с его техническим несовершенством, так и уровнем производственной культуры работников.

Следует отметить, что на шахтах Карагандинского угольного бассейна среди причин производственного травматизма взрыв метановоздушной смеси имеет наименьшее распространение, однако эта причина доминирует среди остальных по количеству пострадавших.

Анализ производственного травматизма по данным ДЧС Карагандинской области РК показал, что на рудниках основной причиной несчастных случаев являются обрушения в действующих выработках и составляют 47,5% от всех происшествий (таблица 2). На втором месте – воздействие самоходного транспорта (22,6%).

Как видно из таблицы 2, доля производственных травм при падении пострадавших и несанкционированных взрывах значительно меньше, чем в предыдущих происшествиях, но здесь также имеют место групповые несчастные случаи.

Основными травмирующими факторами при несчастных случаях, связанных с использованием взрывчатых материалов, продолжают оставаться поражение людей осколками и обломками взорванной горной массы и разрушаемых материалов, непосредственное воздействие на человека ударной воздушной волны при взрыве заряда, отравление ядовитыми газообразными продуктами взрыва.

Таблица 2 – Основные причины несчастных случаев, происшедших на рудниках

Причины несчастных случаев на рудниках	Количество происшествий		Количество пострадавших	
	человек	%	человек	%
1 Обрушения	65	47,45	72	41,62
2 Воздействие самоходного транспорта	31	22,63	42	24,28
3 Падение пострадавшего с высоты	11	8,03	17	9,83
4 Несанкционированный взрыв	9	6,57	19	10,98
5 Поражение электрическим током	7	5,11	7	4,05
6 Воздействие движущихся, вращающихся деталей и механизмов	6	4,38	6	3,47
7 Падение предметов	5	3,65	5	2,89
8 Прочее	3	2,19	5	2,89
Всего	137	100,00	173	100,00

К основным организационно-техническим причинам травматизма со смертельным исходом при взрывных и других работах с взрывчатыми материалами на горнорудных предприятиях относятся:

- самовольное изменение способа взрывания, монтажа взрывной сети, ликвидация отказов;
- механическое воздействие на отказавшие заряды;
- неосторожное обращение со средствами инициирования;
- нарушение регламентов заряжания скважин;
- выполнение взрывов лицами, не имеющими на это право, с нарушением регламентированных условий применения ВМ;
- нарушение установленного порядка охраны границ опасных зон и допуска людей в выработку после взрывных работ.

Случаи поражения человека электрическим током на рудниках занимают пятое место и составляют 5,1%. Электротравматизм обусловлен следующими основными факторами:

- электрического характера – токи нагрузки, изменения питающих и рабочих напряжений, число коммутационных переключений, характер перегрузок, их длительность и другие факторы, определяющие энергетический режим;
- механического характера – вибрации и удары, возникающие при транспортировании и перемещении электрооборудования по горным выработкам по мере перемещения фронта работ;
- горно-геологическими условиями – особенности добычи полезного ископаемого, ограниченность рабочего пространства и затрудненный доступ при осмотрах и ремонтах;
- окружающей средой – температура, влажность, запыленность рудничной атмосферы.

Причинами попадания людей под напряжение являются:

- прикосновение к открытым токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- прикосновение к проводящим частям оборудования, оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции;
- прикосновение к токоведущим частям, покрытым изоляцией, потерявшей свои свойства;
- касание токоведущих частей предметами с низким электрическим сопротивлением;
- соприкосновение с полом, стенами, элементами конструкций, грунтом, оказавшимися под напряжением вследствие аварийного замыкания на землю;
- поражение через электрическую дугу.

Из таблицы 2 видно, что на последнем месте по количеству происшествий и числу пострадавших на горнорудных предприятиях находятся несчастные случаи, связанные с воздействием движущихся и вращающихся деталей и механизмов и падение предметов. Причины данных происшествий такие же, как и на угольных шахтах, описанные выше.

Анализ производственного травматизма на угольных разрезах показал, что основными причинами травм на открытых горных работах являются: воздействие самоходного транспорта; воздействие движущихся, вращающихся деталей и механизмов; обрушение бортов уступов.

При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых самой распространенной причиной возникновения несчастных случаев является воздействие самоходного транспорта (60% от общего количества), так как на разрезах широко применяются различные виды средств механизации: горные, транспортные и строительно-дорожные машины (экскаваторы одно- и многоковшовые), транспортно-отвальные мосты, отвалообразователи, скреперы, бульдозеры, погрузчики, железнодорожный и автомобильный транспорт. Эксплуатация транспортных средств с нарушением правил безопасности приводит к возникновению несчастных случаев.

Наличие у горных машин движущихся и вращающихся рабочих органов (ковш у экскаватора, режущий диск камнерезной машины, черпаковая цепь, буровые станки и т.д.) создаёт еще одну причину травмирования на открытых горных работах – воздействие движущихся, вращающихся предметов (её удельный вес невелик и находится в пределах 10-15%).

Много несчастных случаев при экскаваторных работах происходит вследствие нахождения пострадавших в опасной зоне экскаватора и периодические остановки иногда создают кажущуюся безопасность нахождения людей в радиусе его действия или вблизи ходовых гусениц, что снижает требовательность к соблюдению правил безопасности при работе вблизи экскаватора. Известны случаи, когда рабочие располагались на отдых под кабиной экскаватора, спрыгивали на ходу экскаватора из кабины, залезали в ковш и т.д.

Опасные условия работы возникают при несоответствии размеров экскаватора высоте разрабатываемого забоя. Возникает опасность обрушения козырька, оставленного в верхней части разрабатываемого уступа.

Современные карьеры имеют объем выработанного пространства сотни миллионов кубометров и достигают глубины нескольких сотен метров, что ведет к нарушению естественного равновесия массива горных пород. Это может привести к деформациям боковой поверхности карьера (оползни и обрушения) и создает условия для возникновения третьей причины несчастных случаев – обрушение бортов уступов (30%). Факторами, способствующими обрушению и сползанию уступов, являются: сейсмическое воздействие подземных массовых взрывов на породы, слагающие уступы, сдвижение поверхности от влияния подземных горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катарбаева А. Работающие во вредных и других неблагоприятных условиях труда. Производственный травматизм // Охрана труда. Казахстан. – 2007. – №5. – С. 72-79.
2. Амирханова М.М. Состояние условий труда и производственного травматизма в Республике Казахстан // Там же. – №1. – С. 69-75.
3. Бисакаев С.Г. Приоритетные направления в системе управления охраной труда // Там же. – №4 – С. 23-27.
4. Ашитов Б. Основные причины и условия, способствующие нарушению правил охраны труда // Предупреждение преступности. – 2006. – №3. – С. 47-49.
5. Безопасность подземных горных работ: учебное пособие /Е.Н. Чемезов. – Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2010. – 359 с.

Раздел 4 | Строительство. Транспорт

УДК 624.131.7

Особенности устройства оснований и фундаментов на засоленных грунтах

Е.Е. ОРАЗАЛЫ, *к.т.н., профессор,*
Д.Т. ТОКАНОВ, *к.т.н., ст. преподаватель,*
А.Т. МУХАМЕДЖАНОВА, *преподаватель,*
Карагандинский государственный технический университет, кафедра СМиТ

Ключевые слова: *засоленный грунт, строительство, основание, усиление, несущая способность, просадочность, опора, рекомендация, геотехника, фундамент, подошва, долговечность, водонасыщенность.*

Характеристики сжимаемости и прочности засоленных грунтов следует определять для засоленных грунтов естественной влажности и структуры и после предварительного водонасыщения грунта. Если в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений ожидается систематическое обводнение большим количеством воды или в результате изменения гидрогеологических условий возможно систематическое движение грунтовых вод, то характеристики сжимаемости засоленного грунта необходимо определять на компрессионно-фильтрационных приборах (типа Ф-1М).

Прочностные характеристики засоленных глинистых грунтов при увлажнении и развитии процессов химической суффозии в основном ниже прочности грунта природного состава и состояния (на 10-75%), поэтому прочность рекомендуется определять после водонасыщения и удаления легкорастворимых солей из основания [1].

С целью установления фактического распределения напряжений в основании жесткого штампа, расположенного на засоленных глинистых грунтах природной структуры, при природной влажности и после обводнения засоленных глинистых грунтов оснований были осуществлены полевые экспериментальные опыты. Чтобы определить влияние изменения солевого состава при выносе солей в процессе обводнения грунтов основания, а также установить, как изменяются контактные напряжения в основании жесткого штампа и напряженно-деформированное состояние в грунтовом основании из засоленных грунтов с большим содержанием легкорастворимых солей, проводилось обессоливание грунтов оснований.

При замачивании были обнаружены более 8 см осадка наблюдаемых штампов площадью 5000 и 10 000 см^2 и растрескивание поверхности грунта в грунтовом основании и вокруг штампа. При замачивании основания нагруженных штампов выявлялись просадочные деформации в течение 50-120 мин. Предварительное обессоливание засоленных глинистых грунтов в основании наблюдаемого штампа происходили под нагрузкой и без нагрузки. Для этого на расстоянии 40-60 см от края штампа пробуривали скрученные вертикальные скважины глубиной до 5 м и диаметром 48-60 мм. Скважины, которые были соединены между собой каналом, заполнялись песком средней крупности. Песок средней крупности в скважинах утрамбовали с помощью шуровки, изготовленной из арматурной

стали. На начальном стадии опытов в скважины подавалась водопроводная вода, расход которой замерялся водомером. В шурф, отрытый на расстоянии 2 м от штампа, направлялась минерализованная вода. Регулярно определяли химический состав воды анализом водной вытяжки. Продолжительность замачивания и обессоливания грунта основания штампа составляла 7-10 суток. После выноса 40-60% водорастворимых солей (по анализу водной вытяжки) на штамп площадью 5 000 см^2 прикладывалась действующая нагрузка ступенями 0,02 МПа. Перемещения штампа и грунта вокруг него измерялись ПМ-1 прогибомерами и индикаторами И-1 часового типа.

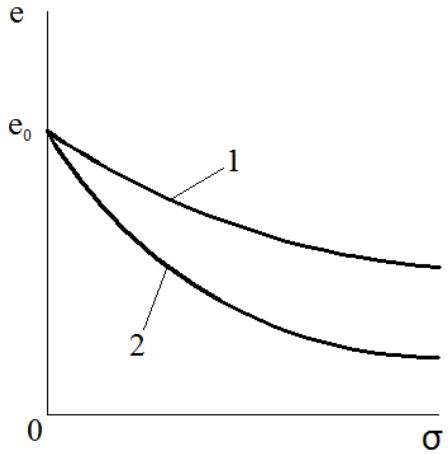
Во второй стадии исследования (всего осуществлялось шесть опытов) вода в скважины подавалась после приложения на штамп определенной нагрузки 0,04; 0,08; 0,1; 0,14 МПа. При непрерывной подаче воды и неизменной нагрузке, которая поддерживалась гидравлическими домкратами, замерялась осадка штампа. В процессе нагружения штампов и обводнения систематически определялись осадки штампов и перемещения поверхностных и глубинных марок, сведения мессдоз [2].

Так как в процессе эксплуатации сооружений происходят затопление и подтопление территории, вынос водорастворимых солей, изменение физико-механических характеристик основания, то соответственно перераспределяются напряжения по подошве фундамента, вследствие чего возникает изменение изгибающих моментов и перерезывающих сил, которые приводят к разрушению фундамента зданий. Преимущественно это важно для фундаментов, которые обладают значительной агрессивностью к бетону и металлу фундамента основания, а развитие трещин в теле фундаментов здания приводит к солевой коррозии бетона и арматуры в фундаменте.

Соединительные напряжения по подошве жесткого фундамента-штампа определяли в течение 3-4 недель под штампами площадью 5 000 и 10 000 см^2, в грунтах естественной влажности и засоленности, а также при замачивании этих грунтов. В связи со значительной продолжительностью каждого опыта на водонасыщенном основании, обусловленной временем стабилизации осадки штампа, было проведено три опыта. После каждого исследования проводилась тарировка мессдоз и домкратов на специальных лабораторных стендах. Была проведена одна серия штамповых опытов.

В ряде исследований штампы и мессдозы на контакте между поверхностью жесткого круглого штампа и грунтового основания устанавливали в маловлажных засоленных глинистых грунтах, природная влажность которых (0,047-0,07) намного ниже влажности на границе раскатывания. Нагружение нагрузками штампов доводилось до среднего давления под подошвой штампа до 0,4 МПа (рисунок 1).

По результатам экспериментальных исследований первой серии опытов по распределению контактных напряжений в маловлажных засоленных глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции, при достижении среднего давления под подошвой штампа 0,06 МПа контактные напряжения в основании штампа в различных точках получились практически постоянными. При последующем увеличении нагрузки на штамп напряжения под краями возрастают быстрее, чем под центром штампа, и эпюра контактных напряжений под круглым жестким штампом приобретает седлообразную форму с минимальным значением под центром штампа.



1 – при природной влажности; 2 – при замачивании

Рисунок 1 – Компрессионная кривая

При возрастании среднего давления под подошвой штампа более 0,25 МПа начинает значительно быстрее возрастать среднее давление под центром штампа, чем под краями. При давлении 0,32 МПа возникает трансформация формы эпюры, так как во всех трех экспериментах при таком давлении под подошвой напряжения под центром штампа незначительно отличаются от напряжений, измеренных под краями штампа.

Вследствие предварительного замачивания засоленных грунтов с большим количеством водорастворимых солей эпюра напряжений при малых ступенях нагрузки, при которых среднее давление под подошвой жесткого штампа p = 0,03 МПа, распределяется по контактной поверхности достаточно равномерно. При увеличении нагрузки (до p = 0,1 МПа) контактные напряжения возрастают в основном под краями штампа и лишь незначительно под центром. Контактные напряжения под центром составляют 40-70% величины среднего давления под опытным штампом. Дальнейшее увеличение нагрузки на опытный штамп (до p = 0,14 МПа) интенсивно увеличивало контактные напряжения под центром штампа. При среднем давлении под штампом p = 0,18-0,22 МПа контактные напряжения под центром штампа составляли 65-85% напряжений под краем штампа. Как показывает характер распределения контактных напряжений под опытными штампами площадью 5 000 и 10 000 см^2 при природной влажности основания (w = 0,12) ниже влажности на границе раскатывания (wp = 0,14), при ступенях нагрузки 0,02-0,12 МПа испытательные значения контактных напряжений не очень (до 15%) отличаются от расчетных значений. Назначение контактных напряжений в маловлажных засоленных грунтах при определенных средних давлениях под подошвой жесткого штампа (0,22-0,25 МПа) и в водо-

насыщенных грунтах при среднем давлении менее 0,1 МПа рекомендуется представить по теории упругости с учетом закруглений краев исследуемого штампа. При таких давлениях происходит трансформация эпюры контактных напряжений. Такая эпюра приобретает форму параболы с максимальным напряжением под центром штампа. Обводнение маловлажных засоленных глинистых грунтов с большим содержанием легкорастворимых солей в основании нагруженного штампа при давлении более 0,14 МПа наблюдается трансформация эпюры контактных напряжений без увеличения нагрузки на опытный штамп. Для водонасыщенных засоленных грунтов при одинаковой схеме их нагружения грунтов и для одних и тех же диапазонов действующего давления модули общей деформации, определенные по результатам полевых штамповых и компрессионных опытов, отличаются незначительно [3].

Таким образом, при строительстве на засоленных грунтах необходимо на основе анализа материалов ИГИ по проектируемому сооружению изучить вопрос распространения засоленности грунтов по глубине со взаимной увязкой с нормативной глубиной сезонного промерзания для данного района и на значимой глубине заложения подошвой фундамента. В некоторых случаях хотя и выдерживаются требования МСП 5.01-102-2002 «Проектирование и устройства оснований и фундаментов зданий и сооружений», по проектированию оснований сооружения возводятся на засоленных грунтах. Практика показывает, что в некоторых случаях развитие суффозионной деформации усугубляется коррозионными повреждениями материалов фундаментов и заглубленных конструкций от воздействия грунтово-водной агрессии. Поэтому необходимо в зависимости от срока службы при проектировании зданий запланировать геотехнические ревизии состояния оснований и фундаментов через 20-30 лет эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: Стройиздат, 1983. – 247 с.
2. Абелев М.Ю., Джумашев У.Р. Строительство на засоленных грунтах – М.: МИСИ, 1978. 46 с.
3. Петрухин В.П. Деформации сооружений на засоленных грунтах // Труды 2-й Балтийской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. – Т.2, Таллин, 1988. – С. 130-137.

УДК 624.011.1

Экспериментальное исследование балок из плит OSB и MFP при действии статических нагрузок

В.Н. НЭМЕН, *к.т.н., профессор,*
А.В. ПАСТУХОВ, *нач. ИЦ КарПСП,*
В.В. ГРОЗНОВ, *рук. гр. ИЦ КарПСП,*
А.О. СИМ, *магистр,*
И.А. КУРОХТИНА, *магистрант,*
А.К. ТОЛЕНОВ, *бакалавр,*
Карагандинский государственный технический университет, кафедра СМиТ

Ключевые слова: *плита OSB, плита MFP, балка, статическое испытание, прогиб, прочность, жилой дом.*

В связи с существующей напряжённой экологической обстановкой современное развитие строительной и промышленной индустрии во всем мире предполагает разработку и реализацию инновационных технологий, позволяющих максимально экономить природные ресурсы и обеспечивающих безотходное и экологически безвредное производство. Одной из главных задач в области строительных конструкций является внедрение в практику Республики Казахстан наиболее эффективных конструктивных решений.

В последние годы широкое распространение получило применение плит OSB (Oriented Strand Board), представляющих собой композитный материал на базе тонких деревянных стружек, пропитанных смолами.

Специалисты предсказывают OSB великое будущее. В Новой Зеландии есть экспериментальный завод, занимающийся разработками новых древесных композитов. Направление ориентированно-стружечных композитов там считается одним из наиболее перспективных.

Плита OSB содержит до 95% древесины. В качестве сырья для производства плит используют тонкомерный молодой лес хвойных пород среднего и низкого качества, благодаря чему OSB имеет более низкую себестоимость по сравнению с фанерой (фанеру производят из дорогого «делового» леса) и сопоставимые характеристики к применению. Использование смол, состоящих из собственно смолы, наполнителя и отвер-

дителя, позволяет производить экологически безопасную строительную плиту, поскольку процесс полимеризации окончательно завершается через несколько месяцев после прессования, и эмиссия формальдегидов по истечении этого времени не обнаруживается существующими измерительными приборами.

Многофункциональная древесно-стружечная плита MFP – это высокотехнологический материал, который является прекрасной альтернативой и может применяться в строительстве наряду с плитами OSB. Плиты MFP разработаны с учетом возможности использования данного материала в помещениях с повышенной влажностью, они делают возможным комплексное строительство дома, отличающегося дубовой прочностью.

На рисунке 1 представлен внешний вид плит MFP и OSB.

Рисунок 1 – Внешний вид плит MFP (слева) и OSB (справа)

По характеристикам влагостойкости плиты MFP превосходят все классические производные дерева: в условиях повышенной влажности практически не впитывают влагу и не набухают (коэффициент набухания 10%). При этом деформация носит временный характер и после высыхания плиты возвращаются к своему первоначальному состоянию. При соблюдении расстояния в 8 мм от края плиты достигается надежность крепления болтов, гвоздей, винтов и штифтов.

Высокие физико-механические показатели плиты обеспечиваются благодаря исключительной структуре плиты, которая представляет собой длинные тонкие стружки, расположенные в разных направлениях и скрепленные между собой наиболее высококачественными смолами, вследствие чего материал обладает высокой устойчивостью к деформации, расслоению и разбуханию. Сравнение свойств плит MFP и OSB представлено в таблице.

Сравнение характеристик плит MFP и OSB

Параметр	Единица измерения	MFP	OSB
Плотность	кг/м^3	750	630
Прочность на изгиб:			
по главной оси	Н/мм^2	20	18
по поперечной оси	Н/мм^2	20	10
Модуль упругости:			
по главной оси	Н/мм^2	3500	3500
по поперечной оси	Н/мм^2	3500	1400
Разбухание по толщине (24ч)	%	10	15

Балки являются одним из самых употребляемых строительных элементов любых зданий и сооружений. Поэтому снижение расхода материала на их изготовление постоянно является актуальной задачей исследователей, проектировщиков и изготовителей.

Прослеживается устойчивая тенденция роста использования составных балок с элементами из плит OSB и MFP в каркасах малоэтажных зданий, а также для элементов покрытий и перекрытий в каменных зданиях.

В Российской Федерации широко применяются балки двутаврового сечения, стенки которых выполнены из плит OSB, а пояса – из цельной древесины хвойных пород сечением 80×38. Некоторым недостатком такой конструкции является необходимость защищать древесину поясов от гниения. Кроме того, применение практически необработанной древесины снижает экономическую эффективность конструкции.

С целью устранения указанных недостатков нами была предложена (Инновационный патент 26725) конструкция, целиком собранная только из плит OSB.

Исследования предложенной конструкции было решено начать на примере моделей, представленных на рисунке 2.

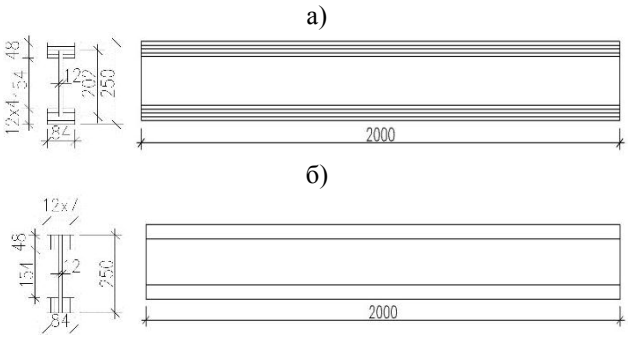


Рисунок 2 – Опытные балки OSB – Т1(а) и OSB – П1 (б)

При этом в разработку были приняты два варианта конструкций: 1– стенка вставляется с приклеиванием в пазы пакетов верхнего и нижнего поясов (а); 2 – к стенке приклеиваются с боку полосы плит OSB (б). Второй вариант предполагал более простую технологию изготовления балок, тогда как первый – большую прочность. Была очевидна необходимость расчётной проверки высказанных предположений. Клей для соединения – полиуретановый. Необходимо отметить, что в связи с низким модулем упругости плит OSB высота сечения балок была принята 1/8 *l*.

С учётом возможностей экспериментальной базы, в качестве расчётных схем принимались два варианта (рисунок 3).

Усилия и прогибы балок OSB – Т1 и OSB – П1 определялись как для сплошных тел с использованием основных положений сопротивления материалов [1, 2]. Для балки OSB – Т1 было установлено: момент инерции относительно оси *x-x* $I_{x-x} = 8746$ см^4, момент сопротивления $W_x = 700$ см^3, статический момент полусечения относительно оси *x-x*: $S_x = 442{,}8$ см^3.

Наибольший изгибающий момент, который могло воспринять нормальное сечение балки, составил:

$$M = R_t \cdot W_x = 20 \cdot 700000 = 14\,\text{кН}\cdot\text{м}\left(1400\,\text{кгс}\cdot\text{м}\right). \quad (1)$$

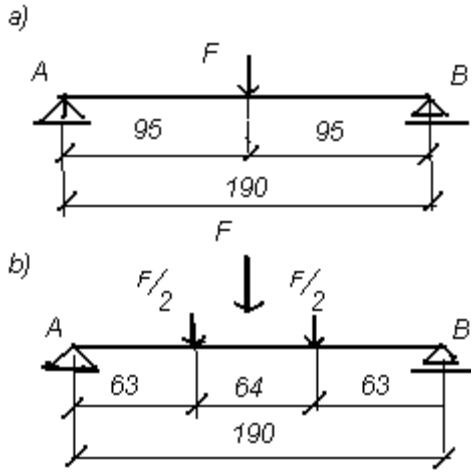


Рисунок 3 – Расчётные схемы опытных балок

При загружении балки по рисунку 3,*а* такой изгибающий момент вызовет сила $F = 4M/l = 29{,}46$ кН (2946 кгс). При загружении по рисунку 3,б – $F = 6M/l = 44190$ Н (4419кгс).

Несущая способность по касательным напряжениям составила [1]:

$$\frac{Q \cdot S}{I_x \cdot t} = \frac{14{,}73 \cdot 442{,}8}{8746{,}0 \cdot 1{,}2} = 6{,}215 \text{ МПа } \left(62{,}15 \text{ кгс/см}^2\right). \quad (2)$$

Необходимо отметить, что прочность OSB на срез в нормах не указывается, в наших экспериментах определить эту величину не удалось, поэтому прочность по наклонному сечению расчётным путём достоверно определить нельзя. Лишь опытное испытание позволит установить, является ли оно определяющим.

Погонная нагрузка на балку составила: $M = ql^2/8$; $q = 8 \cdot 1400/1.9^2 = 31$ кНм $(3100$ кгс/м$)$; $q_n = q/\gamma_f$ = 31/1,2 = 25,83 кН/м (2583 кгс/м). Прогиб без учёта влияния поперечных сил [1] $f_0 = 1{,}43$ *см* и относительный прогиб значительно превышает допустимое нормами значение $f_0/l = 1/132 > 1/300$.

Следовательно, для таких балок определяющим является расчёт по второй группе предельных состояний. т.е. расчёт прогибов. Приняв $f_0 = 1/300 l_0 = 0{,}633$ см, вычислим соответствующую нормативную погонную нагрузку $q_n = 11{,}44$ кН/м (1144 кгс/м). Эквивалентная сосредоточенная сила составит $F = 6 \cdot 1144 \cdot 1{,}9^2/(8 \cdot 1{,}9) = 16{,}30$ кН (1630 кгс).

Возможна потеря устойчивости плоской формы деформирования балки, так как [1] $M/\phi \cdot W_{бр} = 208{,}33 > R = 200$ кгс/см^2.

Местная устойчивость стенки обеспечена, так как $h_{ст}/t_{ст} < 50$ [1]. Проверка прочности стенки по клеевому шву не производится, так как не известно расчётное сопротивление клеевого соединения на срез.

Испытания балки *OSB* – Т1 проводили в испытательном центре ТОО «Институт Карагандинский Промстройпроект» (рисунок 4). Для загружения использовался гидродомкрат 30 КИО с манометром 87970. Измерения деформаций производились прогибомером 6ПАО и индикаторами часового типа ИЧ-0,01. Выдержка на каждой ступени нагрузки (185 кгс) составляла 5-7 минут. Отсчёты снимались дважды: в начале и в конце выдержки. Температура в помещении 22-23ºС, влажность воздуха 90-95%. Собственный вес балки составлял 14,5 кгс. Вес оснастки – 66,2 кгс. Выравнивание положения балки выполнялось с помощью лазерного уровня DEWALT.

По материалам отсчётов в начале и в конце загружений была построена зависимость между нагрузкой F и прогибом f (рисунок 5).

Рисунок 4 – Балка OSB – Т1 на стенде

Как видно, в диапазоне нагрузок от 400 до 1730 кгс (17,30 кН) наблюдается упругая работа балки (зависимость $F - f$ линейная). Начальная неполная линейная зависимость связана с неточностями измерения. Предельно допустимый нормами расчётный прогиб $f = 6{,}33$ мм достигнут при нагрузке $F = 1510$ кгс (15,10 кН), что меньше расчётной величины $F = 1630$ кгс на $\Delta = 7{,}36\%$. Таким образом, можно считать, что применённый расчётный аппарат достаточно точно соответствует действительной работе балки в указанном диапазоне загружения. Погонная нагрузка составит $Q = 755$ кгс/м, при расстояниях между балками даже 2 м позволит нагружать перекрытие до 377,5 кгс/м^2, что вполне достаточно для перекрытий жилых домов.

При нагрузке $F = 1730$кгс (17,3 кН) произошло обрушение балки из-за потери общей устойчивости, вызванной не несоблюдением расчётного условия, а внецентренной (относительно плоскости изгиба) установкой домкрата. Искривление стенки у опоры (рисунок 6) после разгрузки восстановилось, что свидетельствует о её упругой работе. Но для повторного испытания балка оказалась не пригодна, так как обнаружились повреждения клеевого шва соединения стенки и полки балки.

Балка OSB – Т2 была спроектирована и изготовлена с целью проверки прочности стыкового соединения частей стенки между собой и стенки с поясами. Во всех случаях применялся стык «на ус».

График $F - f$ показал, что предельно допустимый прогиб 0,633 см был достигнут при нагрузке F = 1470 кгс(14,7 кН). Разница с расчётной величиной составила Δ = 9,81%. Допустимая погонная нагрузка из условия соблюдения требований к жёсткости балки составит $Q = 735$ кгс/м. Разрушение балки произошло по

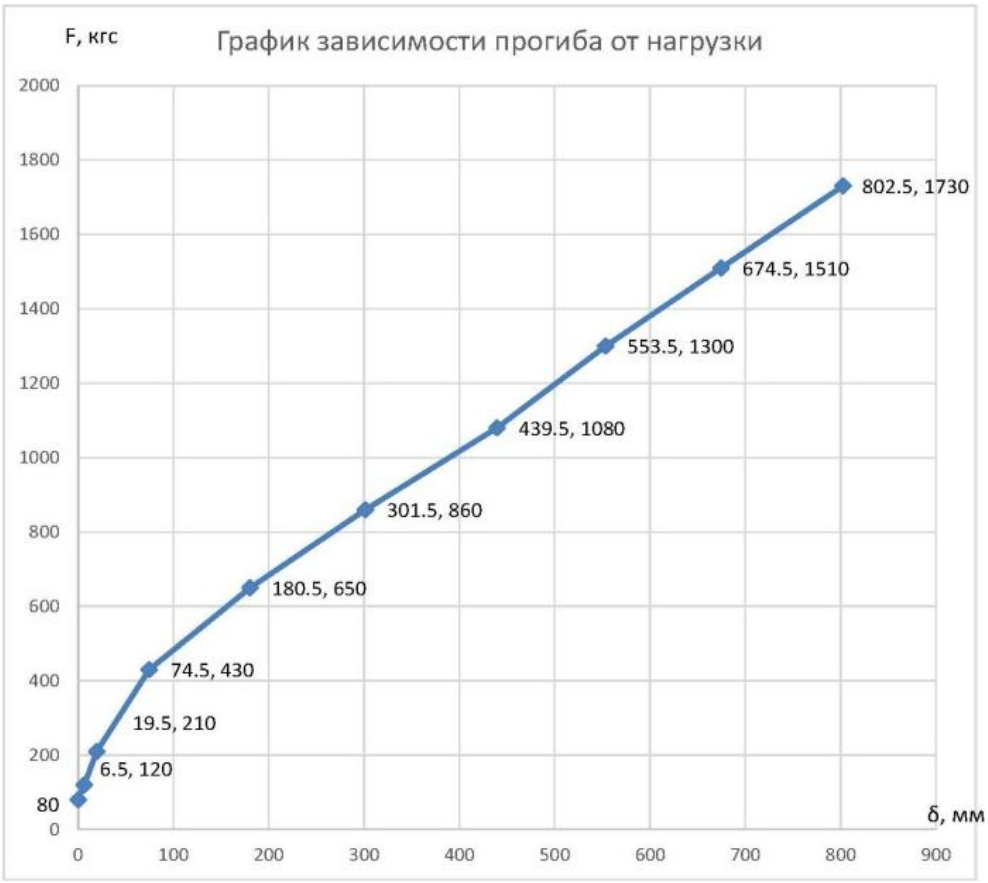


Рисунок 5 – Зависимость нагрузка – прогиб для балки OSB – Т1

нормальному сечению при нагрузке F = 2160 кгс, что значительно меньше 4419 кгс (44,19кН), приведенной выше. Но если принять R_t = 10 МПа, то расчётная разрушающая нагрузка составит 2210 кг, что всего на 2,26% больше. При этом повреждений в стыках балки не отмечено (рисунок 7).

Балка *OSB – П*2 была спроектирована и изготовлена с целью проверки её несущей способности. Конструктивно отличалась от балок *OSB* – Т1 и Т2 другим строением поясов. Кроме того, была применено и другое соединение листов стенки – с помощью накладок.

График $F – f$ показал, что предельно допустимый прогиб 0,966 см был достигнут при нагрузке F = 1230 кгс(12,3 кН) и погонная нагрузка составила Q = 410 кгс/м (4,10 кН/м).

Разрушение балки (рисунок 8) произошло по нормальному сечению при нагрузке F = 2035 кгс, т.е. 678,3 кгс/м. Расчётная разрушающая нагрузка составила 2690 кгс (2,69кН), т.е. 896,6 кгс /м.

Балка *MFP* – Т1 была проектирована с целью проверки её несущей способности в сравнении с балкой *OSB* – Т1.

Основное конструктивное отличие состоит в более толстой стенке: 20мм в балке *MFP* против 12мм в *OSB*. Два листа (по 10мм) стенки были склеены между собой. Схема испытаний и программа испытаний балок идентичны.

Предельно допустимый прогиб 0,633см был достигнут при нагрузке F = 1500кгс(15 кН), что соответствует погонной нагрузке Q = 750 кгс/м(7,5кН/м), практически совпадающей с данными балки *OSB* – Т1.

Разрушение балки *MFP* – Т1 произошло при нагрузке 2900 кгс (29,0 кН) и носило внезапный (хрупкий) характер с преобладающим влиянием поперечной силы (рисунок 9). Отмеченная выше (формула 2) значительная величина касательных напряжений, несмотря на повышенную толщину стенки, явилась определяющим фактором при разрушении балки. Это обстоятельство подчёркивает необходимость получения надёжных данных о величине прочности плит *MFP* и *OSB* на срез.

Исследование работы балки *MFP* – П2 представляло особый интерес, так как конструкция поясов впервые соответствовала рисунку 2,*б*. Балка загружалась одной сосредоточенной силой в середине пролёта. Предельно допустимый прогиб 0,966 см был зафиксирован при нагрузке F = 1000 кгс, т.е. при Q = 333,0 кгс/м.

Рисунок 6 – Искривление пояса и стенки балки

а) б)

Рисунок 7 – Разрушение балки *OSB* – Т2

Рисунок 8 – Разрушение балки *OSB* – П2

Однако при этой же нагрузке началось разрушение балки: наружные боковые полосы поясов стали отделяться от остальной части поясов. Дальнейшее нагружение стало нецелесообразным. Эксперимент показал, что конструкция поясов по рисунку 2,*б*, несмотря на явные технологические достоинства, не обладает достаточной несущей способностью и требует усиления, например, с помощью горизонтальных нагелей через всю ширину пояса.

Заключение

Проведенные исследования показали, что балки, выполненные из плит OSB-3 и MFP-5, могут служить несущими конструкциями междуэтажных перекрытий жилых домов и офисов. Они могут использоваться и для устройства опалубок, и в качестве стоек малоэтажных каркасных зданий. При этом являются водостойкими конструкциями.

Дальнейшие исследования могут привести к появлению на рынке строительных материалов и изделий новых эффективных конструкций балок и колонн.

а)

б)

Рисунок 9 – Разрушение балки *MFP* – Т1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции, Актуализированная редакция. СНиП II-25-80. М, 2011. 92с.
2. Деревянные конструкции и цельнодеревянные конструкции. Методы проектирования и расчёта. СТО. СТО36554501-002-2005. М, 2006. 86 с.

УДК 666.342.666.9.015

К расчету вращающейся печи при обжиге безглинистого цементного сырья

А. ШАЙКЕЖАН, *д.т.н., профессор,*
А.Ш. КАЛМАГАМБЕТОВА, *к.т.н., доцент,*
А. ИКИШЕВА, *ст. преподаватель,*
Е.К. ИМАНОВ, *магистрант,*
Карагандинский государственный технический университет, кафедра СМиТ

Ключевые слова: *сырье, кальциевый силикат, высокоалитовый цемент, печь, обжиг, клинкер, расчет, зона, цепь, влажный материал, пыль, процесс, энергия, газовый поток, тепловой баланс.*

Интенсивное развитие экономики нашей страны ведет к естественному увеличению спроса на строительные материалы, и особенно на портландцемент. Реализация национальной программы импортозамещения – «казахстанское содержание», разработки по технологии получения новых высокоэффективных видов цементов на базе отечественного сырья и минеральных отходов промышленности являются неотложной задачей развития цементной промышленности республики.

Портландцементы на основе новых сырьевых смесей, которые в отличие от известных, не содержат глинистого компонента. В качестве кремнеземсодержащего сырья предлагаются волластонит, скарн, гранулированные электротермофосфорные шлаки и гидросиликат кальция. Благодаря применению этих высокореакционных кальциевых силикатов можно добиться лучших технических и экономико-экологических показателей, чем при использовании классического сырья для производства цемента [1], [2]. Естественно каждому расходу тепла соответствуют свои производительность и удельный расход тепла. При данном наклоне и скорости вращения эксплуатация печи требует правильного выбора конструктивных характеристик и режима работы.

Для определения связи между факторами, определяющими протекание процесса, и поиска оптимальных решений использовали приемы и методы тепловых расчетов печей, приведенные в [3]. При этом в расчете исходили из производственных и опытных данных работы вращающейся печи №1 с мокрой подготовкой сырья Карагандинского АО «Central Asia Cement», исполнительная характеристика цепной завесы которой приведена в таблице 1.

Расчет печи начали с нахождения количества пыли, выносимой газами из печи, а затем с расчета баланса ее отдельных зон.

Количество пыли, уносимой из вращающейся печи

1. Скорость движения материала в цепной зоне в области влажного материала, $w_м^{вл}$

$$w_м^{вл} = 0{,}155 D_{цз} \cdot \frac{n_п}{60}\left(\frac{l_{шг}}{l_{шг}}\right)^{0{,}7} \cdot \left(\frac{F_ц}{F_{цз}}\right)^{-0{,}3} = 0{,}0083 \text{ м/сек.}$$

По всей вероятности, это значение $w_м^{вл}$ занижено, увеличение $D_{цз}$ приводит к дальнейшему его снижению. Эта формула не применима для расчета цепей со свободными концами.

2. Коэффициент заполнения цепной зоны влажным материалом:

$$\Psi_{вл.м.} = \frac{G_ш \cdot B_{кл} \cdot 1000}{\gamma_ш \cdot w_м^{вл} \cdot 0{,}785 \cdot D_{цз}{}^2 \cdot 60^2} = 0{,}17,$$

$\Psi_{вл.м.}$ высокий, потому что $w_м^{вл}$ низкая.

3. Коэффициент заполнения материалом на выходе из цепной зоны

$$\sin^3 \frac{\Phi_м}{2} = \frac{B_{кл} \cdot G_т \cdot \sin_{\beta_c} \cdot 1000}{10 \cdot \gamma_т \cdot П_1 \cdot \pi П_3 \cdot D_{цз}{}^3 \cdot n \cdot \sin \varphi_п} = 0{,}56;$$

$$\sin\frac{\Phi_м}{2} = \sqrt[3]{0{,}56} = 0{,}8243; \frac{\Phi_м}{2} = 55°30'; \Phi_м = 111°.$$

Площадь сегмента = 0,91м^2; площадь круга = 5,73 м^2; $\Psi_{см} = 0{,}159$, и этот коэффициент, по-видимому, высокий.

4. Скорость газов в холодном конце печи:

$$w_{у.г.} = \frac{1000 \cdot B_{кл} \cdot V_{у\,г}\left(273 + t_{у\,г}\right)}{3600 \cdot 273 \cdot 0{,}785 \cdot D_{цз}{}^2 \left(1 - \Psi_{вл.м.}\right)} = 6{,}3 \text{ м/сек.}$$

5. Критерий $\frac{m_ц}{m_м}$ на выходе из цепной зоны

$$\frac{m_ц}{m_м} = \frac{V_{ц.}}{V_{ц\,.з.}} \cdot \frac{7800}{\Psi_{см} \cdot 1350} = 0{,}03 \cdot \frac{7800}{0{,}159 \cdot 1350} = 1{,}09.$$

6. Плотность уходящих газов

$$\gamma_{у.г.} = \frac{V_{CO_2}\gamma_{CO_2} + V_{H_2O}\gamma_{H_2O} + V_{N_2}\gamma_{N_2} + V_{O_2}\gamma_{O_2}}{V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2}} = 1{,}218 \text{ кг/нм}^3,$$

$$\gamma_г\left(250°\right) = \gamma_{у.г.}\frac{2{,}73}{273 + 250} = 0{,}636 \text{ кг/м}^3.$$

7. Концентрация пыли в уходящих газах:

$$C_{пл} = 3{,}65 \cdot 10^{-4}\left(\frac{w_{у\,г}^2}{g D_{цз}}\right)^{1{,}5} \cdot \left(\frac{\gamma_г}{\gamma_м}\right)^{0{,}5} \cdot \left(\frac{V_ц}{V_{цз}}\right)^{-2} \cdot \left(\frac{m_ц}{m_м}\right)^2 \cdot \left(\frac{100 - w_м^ц}{100}\right)^{15} = 0{,}0157 \text{ кг/кг.}$$

8. Количество пыли, уносимой из печи:

$G_{пл} = G_{пл} \cdot V_г \cdot \gamma_г = 0{,}041$ кг/кг кл или 3% от удельного расхода сырья.

Принимаем унос пыли 5 % от удельного расхода сырья т.е. 0,069 кг/кг кл.

9. Принято, что степень осаждения пыли в цепной зоне равна 50% и, следовательно, количество пыли, циркулирующее в печи, равно количеству пыли, выносимой из нее; пыль, уловленная в системе газоочистки, возвращается в зону 7 за цепную завесу. Общее количество выделяющейся в печи пыли:

$$G_{пл.о.} = G_м \frac{5+5}{100} = 0{,}14 \text{ кг/кг кл.}$$

Тепловые балансы зон

Количество тепла, которое нужно передать материалу в каждой зоне, выражаем как разность количеств энергии, полученной материалом к началу и к концу зоны, а температуру газового потока на этих границах находим из теплового баланса зоны с учетом поправки на прямую отдачу тепла. Из теплового баланса зоны воспламенения получаем количество тепла, поступающего из зоны горения.

Разбивка печи на зоны

Принятое в расчете деление печи на зоны показано в таблице 2, в которой приведены температуры материала на границах зон, физико-химические превращения и константы материала, а также другие показатели для каждой зоны. Нумерацию зон показали от горячего конца. Все показатели, относящиеся к начальной границе зон, расположенной ближе к горячему концу печи, имеют индекс один штрих, а относящиеся к конечной границе – два штриха.

На основании таблицы 2 рассчитывали количество материала и состава газа на границах фаз, результаты приведены в таблицах 3 и 4. В 8-ю зону поступают:

сухая сырьевая смесь

$$G_m = 1{,}37 \text{ кг/кг кл,}$$

при зольности топлива $A^C = 27\%$ на 1 кг клинкера равно 0,05 кг/кг кл.

Таблица 1 – Исполнительная характеристика цепной завесы вращающейся печи № 1 Карагандинского цементного завода

Наименование	Участок цепной зоны					
	1	2	3	4	5	
Длина цепной завесы $l_{цз}$. Протяженность участка, м	1,5	10,0	6.0	8,0	3,5	29,0
Длина $l_ц$ одной цепи, м	2,3	1,9	1,7	1,3	1,3	-
Вес одной цепи, кг	32,4	21,85	19,55	15,28	15,28	-
Всего цепей на участке, шт	186	961	470	970	510	3097
Вес цепей на участке, т	6,02	21,00	9,19	1,48	7,8	58,81
Диаметр цепной стали, мм	25	22	22	22	22	-
Шаг звена цепи, мм	120	100	100	80	80	-
Вес погонного метра цепи, $м_{пц}$, в кг/м	14,0	11,5	11,5	11,75	11,75	-
Поверхность погонного метра цепи, $f_{пц}$, в м^2/м	0,286	0,257	0,257	0,273	0,273	-
Поверхность тонны цепей, $f_ц$, в м^2/т	20,4	23,2	23,2	23,2	23,2	-
Количество колец в цепи, шт	19	17	14	12	12	-
Поверхность одной цепи, м^2	0,6578	0,4883	0,4369	0,3549	0,3549	-
$f_ц$ или общая поверхность цепей, м^2	122,4	469,3	20,3	344,3	181	1322,3
Поверхность футеровки соответствующего участка, $f_{фц}$, м^2	15,0	104	62,4	83,2	36,4	301
Плотность навески, $f_ц / f_{фц}$	8,16	4,51	3,29	4,14	5,0	4,4
Поперечный шаг цепей (расстояния между цепями по окружности), $l_{шц}$, мм	300	300	410	400	314	3,52
Продольный шаг цепей, $L_{шц}$, мм	250	300	300	200	200	258
$l_{шц} / L_{шц}$	1,2	1,0	1,34	2,00	1,57	1,36

Таблица 2 – Характеристика зон

Температура материала, °С		Физико-химические процессы	Выделение пыли из материала, %	Присадки к материалу, %		Потеря тепла в окружающую среду, *ккал/кг кл*
$t'_м$	$t''_м$			пыли	золы	
1200	1300	Нагревание топлива и воздуха до температуры воспламенения 700°С Охлаждение клинкера	-	-	-	4
1300	1400	Горение топлива; охлаждение клинкера; застывание жидкой фазы	-	-	-	7
1400	1100	Горение топлива; образование жидкой фазы 100%; C_3S – 80%	-	-	-	8
1100	950	Образование C_2S 100%; C_4AF – 100%; C_3A – 100%;C_3S – 20%	-	-	30	20
950	600	Декарбонизация 100%	40	-	15	43
600	400	Нагревание смеси	10	-	15	12
400	100	Нагревание смеси	10	-	15	16
100	10	Испарение воды 100%	40	50	25	20

Таблица 3 – Количество твердых материалов и газообразных продуктов обжига на границах фаз

Зона		Твердый материал в слое, $G_{т.м}$	Вода физическая, G_w	Пыль, $G_{пл}$	Зола, $G_{зл}$	Углекислота, G_{CO_2}	Всего твердого материала, $G_{мыз}$
8	Входит	1,37	0,60	0,070	0,012	-	1,452
	Выделяется	-	0,60	0,056	-	-	-
	Выходит	1,37	-	0,014	0,012	-	1,396
7	Входит	1,396	-	0,020	0,007	-	1,423
	Выделяется	-	-	0,014	-	-	-
	Выходит	1,396	-	0,006	0,007	-	1,409
6	Входит	1,409	-	-	0,007	-	1,416
	Выделяется	-	-	0,014	-	-	-
	Выходит	1,409	-	-	0,007	-	1,402
5	Входит	1,402	-	-	0,007	-	1,409
	Выделяется	-	-	0,056	-	0,37	-
	Выходит	1,402	-	-	0,007	-	0,983
4	Входит	0,983	-	-	0,017	-	1,0
	Выделяется	-	-	-	-	-	-
	Выходит	0,983	-	-	0,017	-	1,0
3	Входит	1,0	-	-	-	-	1,0
2	Выделяется	-	-	-	-	-	-
1	Выходит	1,0	-	-	-	-	1,0

Таблица 4 – Количество газов на границах фаз

Наименование	Ед. измерения	Зоны															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		входит	выходит	входит	выходит	входит	выходит	входит	выходит	входит	выходит	входит	выходит	входит	выходит	входит	выходит
Воздух	$нм^3$/ кг кл	1,21	1,21	1,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Топливо без золы	кг/ кг кл	0,125	0,125	0,125													
Зола	кг/ кг кл	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,033	0,033	0,026	0,026	0,019	0,019	0,012	0,012	-
CO_2	$нм^3$/ кг кл	-	-	-	0,07	0,07	0,20	0,20	0,20	0,20	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
O_2	-»-	-	-	-	0,15	0,15	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
N_2	-»-	-	-	-	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
H_2O	-»-	-	-	-	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,80
Общее количество газов	-»-	1,21	1,21	1,21	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	2,17

Количество тепла, получаемое и отдаваемое материалом

Для каждого сечения печи определение количества энергии, полученной материалом, производим от 0°С до температуры материала в данном сечении. Тепловые эффекты разложения и образования веществ принимаем при 0°С, а теплоемкости для смеси неразложившихся веществ и твердых продуктов реакции – в интервале от 0°С до данной температуры.

Расчет данных таблицы 3 удобнее производить, начиная с холодного конца печи, т.е с 8-й зоны.

8-я зона. Общий расход энергии на нагрев и превращение материала к концу 8-й зоны

$$q''_{m8} = \left(C''_{м} \cdot c_{м} + C''_{м}\right) \cdot t''_{м} + \left(C''_{пл} + C''_{дл}\right) \cdot c_{пз} \cdot t''_{г} =$$

$$= 10 + 0,02 t'_{г} \text{ ккал/кг кл,}$$

где $t'_{г}$ – температура газа в начале 8-й зоны.

Общий расход энергии на нагрев и превращение материала к началу 8-й зоны

$$q'_{m8} = G_w \cdot Q^{\circ}_{w} + \left(C^{\circ}_{мпз} \cdot c_{мпз} + C'_{w}\right) \cdot t'_{м} + \frac{G_w}{\gamma_w} \cdot c_{H_2O} \cdot \frac{t'_{м} + t''_{м}}{2} =$$

$$= 385 + 14 \text{ ккал/кг кл.}$$

Общее количество тепла, которое необходимо передать материалу:

$$q_{m8} = q'_{m8} - q''_{m8} = [G_w \cdot Q^{\circ}_{w} + \left(G'_{мпз} \cdot c_{мпз} + G'_{w}\right) \cdot t'_{м} -$$

$$-\left(G''_{м\,см} + G''_{w}\right) \cdot t''_{м}] + \frac{G_w}{\gamma_w} \cdot c_{H_2O} \cdot \frac{t'_{м} + t''_{м}}{2} - \left(G''_{пл} + G''_{зл}\right) \cdot c_{пз} t'_{г} =$$

$$= 375 + 14 - 0,02 t'_{г} \text{ ккал/кг кл,}$$

где часть $[q_{m8}] = 375$ ккал/кг кл – количество тепла, которое затрачивается на превращение и нагрев неразложившихся исходных веществ и твердых продуктов реакции.

7-я зона.

$$q''_{m7} = q'_{m8} + G''_{пл} \cdot c_{пл} \cdot t_{пл} + G''_{зл} \cdot c_{зл} \cdot t''_{г} = 385 + 14 + 0,00175 t''_{г}$$

$$q'_{m7} = G_w \cdot Q^{\circ}_{w} + G'_{мпз} \cdot c_{мпз} \cdot t'_{м} + \sum \frac{G_w}{\gamma_w} \cdot c_{H_2O} \cdot \frac{t'_{м} + t''_{м}}{2} =$$

$$= 490 + 14 \text{ ккал/кг кл;}$$

$$q_{m7} = 105 - 0,00175 t''_{г} \text{ ккал/кг кл;}$$

$$[q_{m7}] = 105 \text{ ккал/кг кл.}$$

6-я зона. $q''_{m6} = q'_{m7} + G''_{зл} \cdot c_{зл} \cdot t''_{г} = 504 + 0,002 t''_{г}$ ккал/кг кл;

$$q'_{m6} = G_w \cdot Q^{\circ}_w + G'_{мпз} \cdot c_{мпз} \cdot t'_м + \sum \frac{G_w}{\gamma_w} \cdot c_{H_2O} \cdot \frac{t'_м + t''_м}{2} =$$

$$= 559 + 14 \text{ ккал/кг кл};$$

$$q_{m6} = 69 - 0,002t''_г \text{ ккал/кг кл};$$

$$[q_{m6}] = 69 \text{ ккал/кг кл}.$$

5-я зона. $q''_{m5} = q'_{m6} + G \cdot c_{зл} \cdot t''_г = 559 + 14 + 0,002t''_г$ ккал/кг кл;

$$q'_{m5} = G_w \cdot Q^{\circ}_w + G_{CaCO_3} \cdot Q^{\circ}_{CaCO_3} + G^{э}_{мпз} \cdot c_{мпз} \cdot t'_м + \sum \frac{G_г}{\gamma_г} c_г \cdot$$

$$\cdot \frac{t'_м + t''_м}{2} = 949 + [14 + 78] \text{ ккал/кг кл};$$

$$q_{m5} = 390 + 78 - 0,002t''_г \text{ ккал/кг кл};$$

$$[q_{m5}] = 390 \text{ ккал/кг кл}.$$

4-я зона.

$$q''_{m4} = q'_{m5} + G_{зл} \cdot c_{зл} \cdot t''_г = 949 + 92 + 0,005t''_г \text{ ккал/кг кл};$$

$$q'_{m4} = G_w \cdot Q^{\circ}_w + G_{CaCO_3} \cdot Q^{\circ}_{CaCO_3} + G'_{мпз} \cdot c_{мпз} t'_м + \sum \frac{G_г}{\gamma_г} c_г \cdot$$

$$\frac{t'_м + t''_м}{2} - G_{C_3A} \cdot Q^{\circ}_{C_3A} - G_{C_4AF} \cdot Q^{\circ}_{C_4AF} - G_{C_3S} \cdot Q^{\circ}_{C_3S} \cdot 0,2 =$$

$$= 974 + 92 \text{ ккал/кг кл};$$

$$q_{m4} = 25 - 0,05t''_г \text{ ккал/кг кл};$$

$$[q_{m4}] = 25 \text{ ккал/кг кл}.$$

3-я зона. $q''_{m3} = q'_{m4}$; $q''_{m3} = 974 + 92$ ккал/кг кл;

$$q'_{m3} = 1004 + 92 \text{ ккал/кг кл};$$

$$q_{m3} = 30 \text{ ккал/кг кл}; \; [q_{m3}] = 30 \text{ ккал/кг кл}.$$

2-я зона. $q''_{m2} = q'_{m3}$; $q''_{m2} = 1004 + 92$ ккал/кг кл;

$$q'_{m2} = 974 + 92 \text{ ккал/кг кл};$$

$$q_{m2} = -30 \text{ ккал/кг кл}; \; [q_{m2}] = -30 \text{ ккал/кг кл}.$$

1-я зона. $q''_{m1} = q'_{m2}$; $q''_{m1} = 1004 + 92$ ккал/кг кл;

$$q'_{m1} = 935 + 92 \text{ ккал/кг кл};$$

$$q_{m1} = -69 \text{ ккал/кг кл}.$$

Знак минус при q_m в 1 и 2 зонах указывает на то, что в этих зонах материал не получает тепло от газа, а отдает ему.

На основании проведенных расчетов можно сказать, что портландцементы на основе новых сырьевых смесей требуют улучшения ситуации в границах участка цепной зоны вращающейся печи, в частности следует вводить опытный коэффициент, учитывающий свойства материала. Представленные вычисления тепловых балансов зон позволяют определить температуру газового потока на границах этих зон, а также рассчитать теплообмен, необходимый для завершения физико-химических превращений сырьевой шихты. Результаты расчетов будут использованы для успешного проведения опытно-промышленных испытаний новой технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садуакасов А.С., Шайкежанов А.Ш., Баттаков С.Б. Высокоалитовый портландцемент из нетрадиционного сырья. – Алматы: Гылым, 1998. – 219 с.
2. Мудилу Э., Амин Ф., Боллотт Б., Томассэн Ж.А., Ле-Кустюмэ П., Лефре И. Влияние фосфора в клинкере на микроструктуру и физико-механические свойства цемента // Цемент и его применение. – 2010. – №2. –С. 96-100.
3. Ходоров Е.И. Печи цементной промышленности. – Ленинград: Стройиздат, 1968. – 455 с.

УДК 625.179

О методах диагностики оборудования тягового подвижного состава

А.З. АКАШЕВ[1], *к.т.н., доцент, зав. кафедрой,*
Н.А. ДАНИЯРОВ[2], *д.т.н., профессор,*
А.К. КЕЛИСБЕКОВ[1], *магистр наук, ассистент кафедры,*
[1]Карагандинский государственный технический университет, кафедра ПТ,
[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва

Ключевые слова: *транспорт, диагностика, ремонт, локомотив, оборудование, метод.*

На сегодняшний день актуальными являются вопросы, связанные с оптимизацией расходов на ремонт эксплуатируемого парка локомотивов, их технической модернизацией. Перед железнодорожным транспортом стоят задачи не только выполнения заданного объема перевозок, но и модернизации всех его звеньев путем улучшения организации и технического оснащения с целью повышения рентабельности, экономичности перевозочного процесса и снижения транспортных расходов. Тяговый подвижной состав (ТПС) в локомотивном хозяйстве составляет самую большую часть в общей стоимости производственных фондов [1]. Кроме того, технически исправное состояние ТПС, его надежная работа в условиях нынешних экономических отношений становится очень важным фактором, способствующим выполнению главной

задачи железнодорожного транспорта. Состояние ТПС во многом зависит от технического обслуживания и ремонта, их объемов, схем чередования, величиной межремонтных пробегов, уровнем и технологической оснащенностью производства, продолжительностью и качеством выполнения межремонтных операций, степенью их механизации и автоматизации, качеством подготовки персонала и наличием необходимого запаса агрегатов и узлов [2].

Одним из основных железнодорожных узлов по содержанию и эксплуатации локомотивного парка в Карагандинском отделении дороги является станция Караганда-Сортировочная, на территории которой расположены филиалы АО «НК «Қазақстан темір жолы» – Локомотивное эксплуатационное депо (ТЧЭ-14), локомотивное ремонтное депо (ТЧР-14) и локомотивный сервисный центр (ЛСЦ-5).

На предприятии ТЧР-14 выполняются работы по техническому обслуживанию локомотивов [2]:

- электровозов ВЛ80 (СТ): ТО-8 (в объеме ТР-3), ТО-6 (в объеме ТР-1);

- тепловозов 2ТЭ10 и ТЭМ-2: ТО-3, ТО-4, ТО-6 (в объеме ТР-1), ТО-7 (в объеме ТР-2), ТО-8 (в объеме ТР-3);

- маневровых тепловозов серии ЧМЭ в объеме ТО-3, ТО-4, ТО-6 (в объеме ТР-1), ТО-7 (в объеме ТР-2), ТО-8 (в объеме ТР-3) и ТОУ-8 (в объеме КР-1);

- электропоездов серии ЭР-9: ТО-3, ТО-4, ТО-6 (в объеме ТР-1), ТО-7 (в объеме ТР-2), ТО-8 (в объеме ТР-3) и ТОУ-8 (в объеме КР-1).

ТО-2 и ТО-5, направленные на проверку и осмотр узлов и систем локомотива, вспомогательного оборудования, подготовку к эксплуатации и резервации локомотива, выполняются на предприятиях ТЧЭ-15 и ЛСЦ-5.

При ТО-2 осуществляются: операции по проверке и осмотру узлов и систем локомотива, в том числе экипажной (ходовой) части, тормозного, электрического и вспомогательного оборудования, дизеля, радиостанции, АЛСН (КЛУБ), САУТ и других устройств обеспечения безопасности движения. Состав работ на ТО-2, дополнительный к объёму работ, установленным правилами и инструкциями, определяется на основании содержащихся в журнале формы ТУ-152 записей локомотивных бригад о признаках неисправностей, проявившихся при эксплуатации, а также по результатам диагностики и осмотра локомотива в процессе проведения ТО-2.

ТО-5 проводится с целью подготовки локомотива к постановке в запас или резерв железной дороги, подготовки локомотива к эксплуатации после содержания в запасе (резерве железной дороги), подготовки локомотива к отправке в недействующем состоянии, подготовки к эксплуатации локомотива, прибывшего в недействующем состоянии, после постройки, после ремонта вне локомотивного депо приписки или после передислокации.

Анализ работы предприятий ТЧР-14, ТЧЭ-14 и ЛСЦ-5 позволяет выявить элементы, устойчивые к внешним и внутренним изменениям, и по методике профессора Г.И. Солода разработать классификационные признаки и систематизировать структуру технологического процесса технического осблуживания и ремонта ТПС (таблица 1).

В качестве классификационных признаков для систематизации технологических процессов ремонта целесообразно принимать наиболее общие и отличительные функциональные признаки, позволяющие выделить операции, характеризующие соответствующие виды работ на определенном иерархическом уровне ремонтного процесса [3]:

• *(Д)* – этап диагностирования подвижного состава, заключающийся в определении технического состояния и прогнозировании работоспособности оборудования по диагностическим параметрам, по результатам которой принимается решение о постановке локомотива на линию для проведения необходимого по объему выполняемых работ вида ремонта;

• *(В)* – этап постановки локомотива на соответствующий вид ремонта, т.е. комплекс операций по восстановлению исправности, работоспособности и ресурса оборудования тягового подвижного состава;

• *(Э)* – этап монтажа и сборки отремонтированных или замененных узлов и агрегатов, проведение пусконаладочных и испытательных мероприятий.

Принимая приведенные выше обозначения функциональных этапов технологического процесса технического обслуживания и ремонта (Д, В, Э) в качестве структурных элементов и используя предполагаемые связи между ними (апериодическую (- -), периодическую (~) и непрерывную (÷)), получим совокупность, описываемую выражением [3]:

$$P = \{ Д, В, Э, – -, \sim, \div \}. \quad (1)$$

В этой связи предприятия ТЧЭ-14 и ЛСЦ-5 по характеру работы можно представить как независимые одностадийные производства диагностирования, восстановления или сборки локомотивного оборудования, т.е. производства, специализированные по функциональным технологическим процессам, – однофункциональные ремонтные производства, описываемые структурными формулами (1)–(3) в таблице 1. Технологические процессы однофункциональных ремонтных производств разрабатываются для типовых условий и могут использоваться как типовые при разработке рабочих технологических процессов других типов ремонтных производств. ТЧР-14, с учетом специфики выполняемых работ, представляют собой массовые производства с непрерывно протекающими процессами ремонта локомотивов одного или нескольких видов при групповых методах диагностирования, восстановления ресурса оборудования и сборки отремонтированного подвижного состава (структурные формулы (15)-(24)).

В этом случае ремонтное производство специализировано на восстановление и обработку одного или группы однотипного оборудования, как и в массовом производстве локомотиворемонтных заводов. Интенсивность ремонта локомотивов характеризуется ритмом выпуска отремонтированного оборудования определенного наименования в единицу времени.

В таблице 2 представлена структура технического обслуживания и ремонта грузового тягового подвижного состава в условиях Карагандинского локомотиворемонтного депо с учетом выполняемых ремонтны-

ми подразделениями функций и возможных видов связей между этапами ремонтного производства.

Таблица 1 – Структурная систематизация технологического процесса технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава

Принцип построения структурных формул	Согласование элементов						Базовые формулы	Сочленение элементов							Совмещение элементов									
	С вырождением двух			С вырождением одного				С вырождением			С согласованием			всех	С вырождением			С согласованием			С сочленением			всех
Структурные формулы	*Д*	*В*	*Э*	*Д -- В*	*Д -- Э*	*В -- Э*	*Д -- В -- Э*	*Д ~ В*	*Д ~ Э*	*В ~ Э*	*Д ~ В -- Э*	*Д ~ Э -- В*	*Д -- В ~ Э*	*Д ~ В ~ Э*	*Д ÷ В*	*Д ÷ Э*	*В ÷ Э*	*Д ÷ В -- Э*	*Д ÷ Э -- В*	*Д -- В ÷ Э*	*Д ÷ Э ~ В*	*Д ÷ В ~ Э*	*Д ~ Э ÷ В*	*Д ÷ Э ÷ В*
Номера формул	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Группы формул	I			II				III			IV				IV			VI			VII			
Типы ремонтных производств	Одностадийные			Единичные				Серийные							Массовые									
Особенности ремонтных производств	Обособленные			Функционально неполные			Полные	Функционально неполные			С элементами единичного производства			Полные	Функционально неполные			С элементами единичного производства			С элементами серийного производства			Полные

Таблица 2 – Структура ремонта грузового тягового подвижного состава в условиях Карагандинского отделения железной дороги

Наименование предприятий	Вид выполняемых работ							
	экипировка	ТО-2	ТО-3	ТО-4	ТО-6	ТО-7	ТО-8	ТОУ-8
ТЧР-14	–	–	*Д*	*Д -- В ÷ Э, Д÷Э, В÷Э, Д ÷ Э ÷ В*	*Д -- В ÷ Э, Д÷Э, В÷Э, Д ÷ Э ÷ В*	*Д -- В ÷ Э, Д÷Э, В÷Э, Д ÷ Э ÷ В*	*Д -- В ÷ Э, Д÷Э, В÷Э, Д ÷ Э ÷ В*	*Д -- В ÷ Э, Д÷Э, В÷Э, Д ÷ Э ÷ В*
ТЧЭ-14	–	–	*Д*	*Д*	*Д*	*Д*	*Д*	*Д*
ЛСЦ-5	+	*Д*	–	–	–	–	–	–

Следующую группу образуют задачи, связанные с разработкой принципов построения, экспериментальным опробованием и промышленным внедрением технических средств диагностирования. Классификация основных предметов исследований технической диагностики приведена на рисунке 1 [4].

Техническая диагностика изучает методы, определяющие действительное состояние технических объектов, в отличие от теории надёжности, которая занимается изучением и использованием для расчётов 7 средневероятностных статистических показателей, характеризующих технические объекты.

Для диагностирования технического состояния локомотивов, их систем, узлов и агрегатов используются различные методы. Многообразие методов диагностирования обусловлено в основном двумя причинами: сложностью систем диагностирования, определяемой сложностью структуры локомотивов как объекта диагностирования и разнообразием задач технического диагностирования, вытекающих из требований, предъявляемых к обслуживанию и ремонту локомотивов.

Современные методы диагностирования дают возможность обнаружить дефекты ещё на стадии зарождения, что ведёт в свою очередь к высокой эффективности ремонта и более надёжной работе локомотива. Они доступны для массового применения, просты, обладают достаточной достоверностью, но применимы только в условиях ремонта, поскольку затруднительна передача информации в устройства обработки и хранения [4].

Из широкого спектра диагностических исследований, к которым отнесены: оптический, метод неразрушающего контроля, газоаналитический, метод экспертов, спектрального анализа, виброакустический, тепловой, математический метод, наиболее приемлемым для условий эксплуатации железнодорожного транспорта является метод неразрушающего контроля.

Физические методы неразрушающего контроля позволяют обнаруживать не только явные дефекты, но и скрытые, для выявления которых в существующей документации не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. По этим методам можно контролировать геометрические параметры деталей, анализировать структуру и физико-химические свойства материала, соответствие их стандарту.

Из ряда известных видов неразрушающего контроля, к которым относят магнитный, радиоволновой, электрический, радиационный, ультразвуковой, течеискания, капиллярный, в локомотиворемонтной практике наиболее широкое применение получили электрическая, магнитная и ультразвуковая дефектоскопия.

В настоящее время в Карагандинском локомотиворемонтном депо практикуется диагностическое обследование локомотивов и в зависимости от видов ТО используется оборудование [5]:

• Система контроля и диагностики электрооборудования локомотивов «Доктор 030М»;

• Комплекс оперативной вибродиагностики подшипников качения и зубчатых передач «Прогноз-1»;

• Центровка электронно-цифровой «Квант-С»; • Ультразвуковой дефектоскоп «Пеленг» УД2-102.

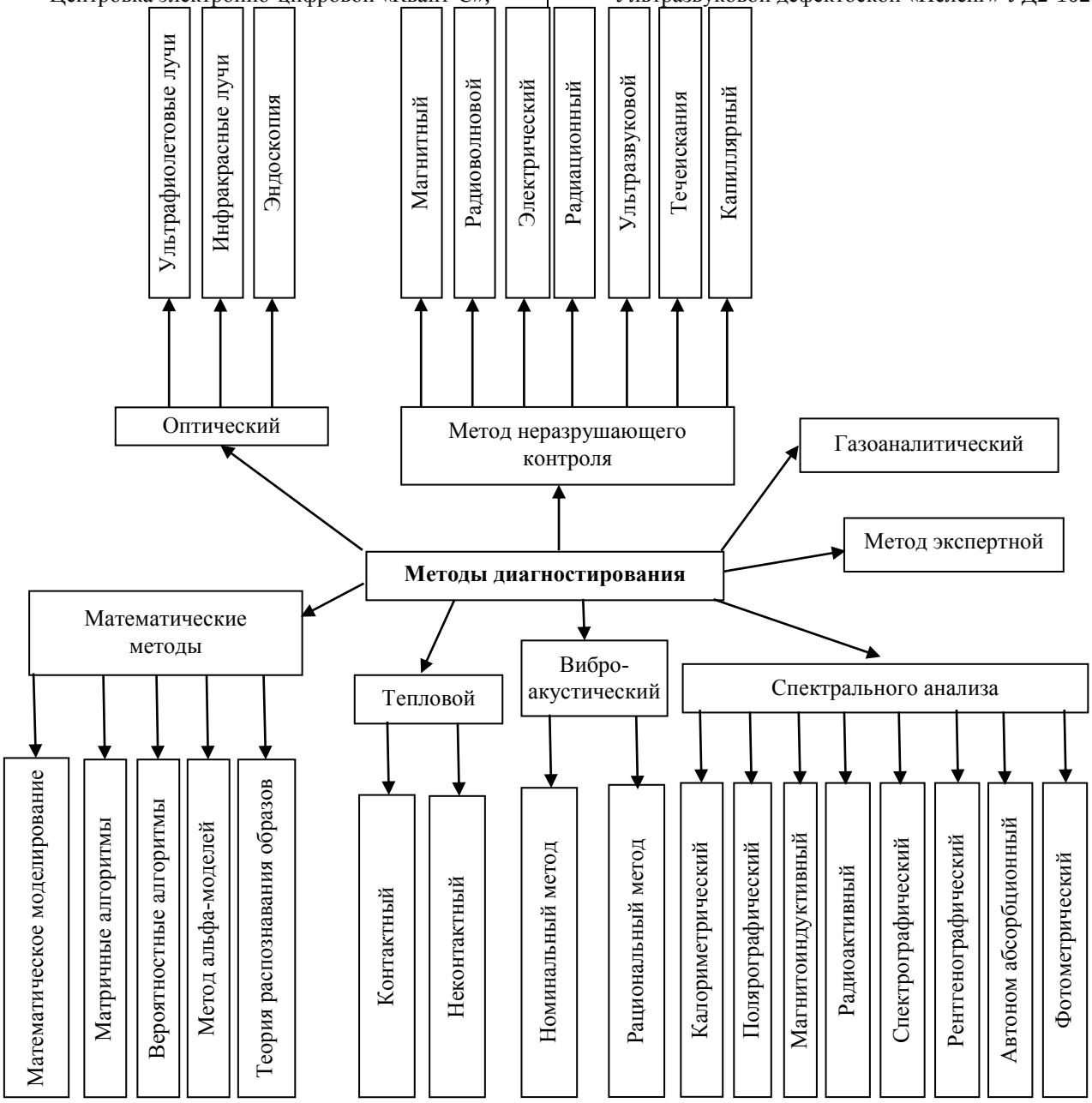


Рисунок 1 – Структурная схема классификации методов диагностирования

Система контроля и диагностики (СКД) электрооборудования локомотивов «Доктор 030М» предназначена для измерения напряжения постоянного тока, напряжения переменного тока частотой 1000 Гц, сопротивлений, индуктивности, временных интервалов и выдачи напряжения постоянного и пульсирующего тока, используемых для диагностирования и настройки электрических цепей электровозов, а также прогнозирования отказов электрокоммутационной аппаратуры и электрических машин постоянного тока. При помощи СКД экспресс – контроль оборудования проводится в течение 10-15 минут с выявлением неисправных узлов и агрегатов, производится обработка и вывод результата на встроенный ЖКИ дисплей, печатающее устройство, а также накапливаются данные диагностики для дальнейшей обработки и прогнозирования состояния электрооборудования.

Комплекс оперативной вибродиагностики подшипников качения и зубчатых передач «Прогноз-1» предназначен для определения технического состояния и остаточного ресурса (промежуток времени до следующей обязательной проверки) подшипников качения и зубчатых передач по результатам одного цикла измерения, обработки, регистрации и анализа сигналов вибрации и частоты вращения механических узлов оборудования. Окончательное заключение по результатам диагностирования дается в виде рекомендации «В эксплуатацию допустить» – «Заменить подшипник». Рекомендация выдается с учетом результатов предыдущих диагностирований, если они были.

Центровщик электронно-цифровой «Квант-С» (рисунок 3) предназначен для автоматизированной центровки валов основных и вспомогательных механизмов при проведении ремонтных и наладочных ра-

бот на предприятиях во всех отраслях промышленности. Прибор помогает превратить процесс устранения

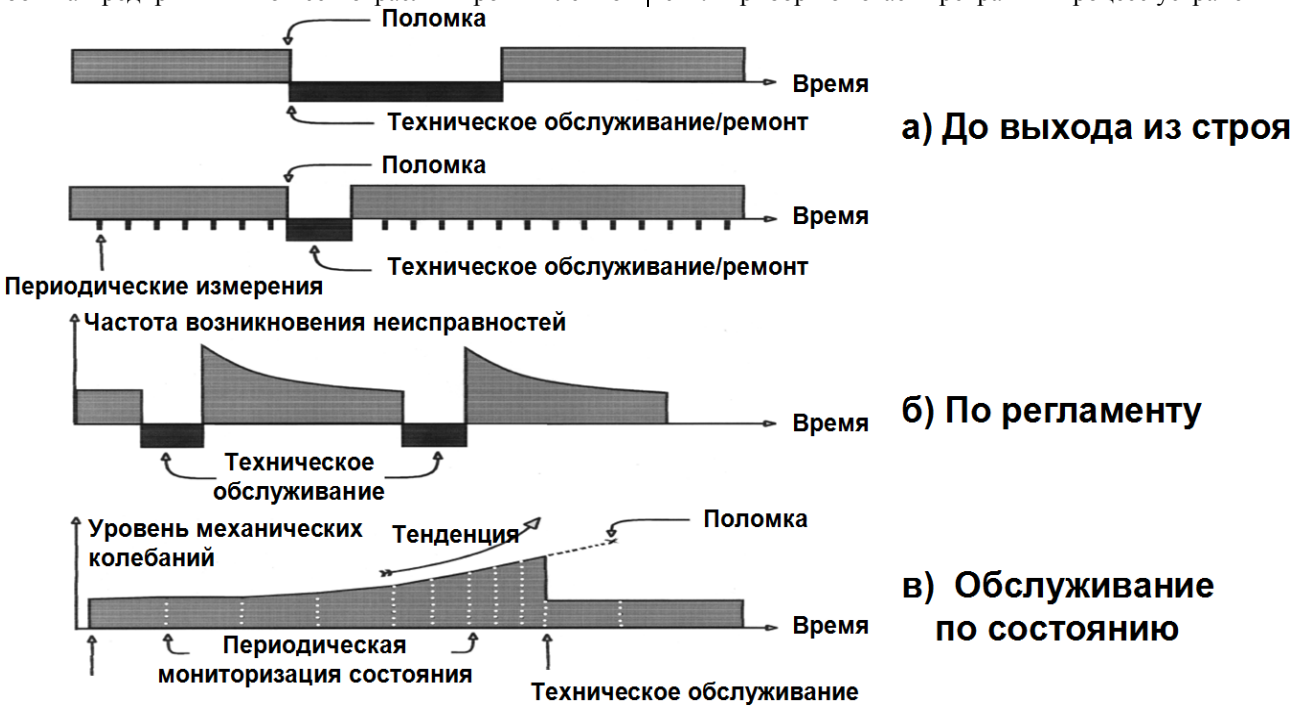


Рисунок 2 – Методы технического обслуживания

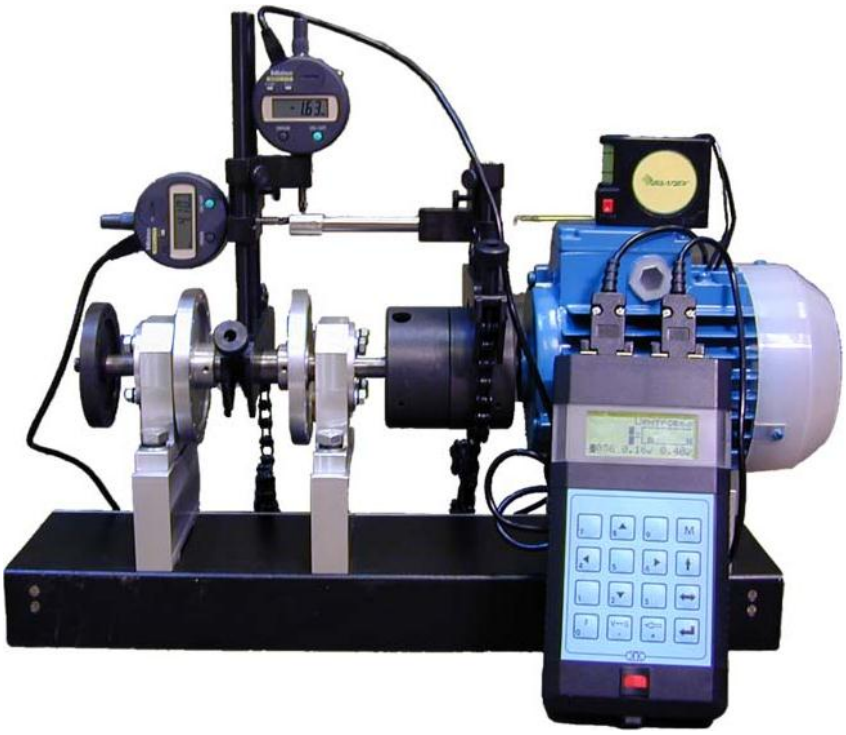


Рисунок 3 – Центровщик электронно-цифровой «Квант-С»

несоосности валов в простую операцию и обеспечивает высокую точность центровки (0,01мм) при низкой стоимости.

Ультразвуковой дефектоскоп «Пеленг» УД2-102 предназначен для ультразвукового контроля осей, бандажей колесных пар и других ответственных деталей подвижного состава. Для этого в дефектоскопе предусмотрены типовые варианты работы, обеспечивающие проведение ультразвукового контроля. Дефектоскоп предназначен для выявления дефектов типа нарушение сплошности (трещины, поры и т.д.) с измерением и регистрацией в памяти дефектоскопа характеристик выявленных дефектов при контроле вручную и с использованием устройств сканирования в соответствии с предварительно созданными и запомненными настройками.

На протяжении многих лет Карагандинское локомотиворемонтное депо использовало реактивное и планово-профилактическое обслуживание локомотивов и только с 2004 года активно стали использоваться

обслуживание по фактическому техническому состоянию и проактивное обслуживание локомотивов [5].

Реактивное обслуживание заключается в проведении ремонта после выхода из строя локомотива, т.е локомотив эксплуатируется до появления неисправности, не позволяющей дальнейшую эксплуатацию локомотива. Данная схема (рисунок 2, а) неприменима, т.к. длительная эксплуатация локомотивов может привести к крупной поломке, вызывающей большие затраты на устранение. Соответственно с увеличением срока эксплуатации без обслуживания резко уменьшается надежность и ресурс локомотива.

Планово-профилактическое обслуживание (ППР) заключается в проведении планово-предупредительных профилактических работ, установленных регламентом, в соответствующие межремонтные пробеги. Система ППР (рисунок 2, б) четко определена нормативами тягового подвижного состава. Недостатками этого вида технического обслуживания являются проведение регламентированных работ без фактической необходимости, нарушение нормальной работы оборудования после проведения ремонтных работ из-за недостаточной квалификации ремонтного персонала.

Обслуживание по фактическому состоянию (реагирующее) является одним из прогрессивных методов технического обслуживания. ОФС представляет собой проведение периодически диагностики оборудования локомотивов и на основе результатов диагностики проведение ремонта дефектного оборудования. Совместно с проведением ремонтных работ при ОФС производятся необходимые профилактические работы для предотвращения внеплановых остановов оборудования.

Проактивное техническое обслуживание на сегодняшний день является самым прогрессивным видом технического обслуживания. Проведение проактивного обслуживания предусматривает предварительный мониторинг состояния локомотива с целью определения наиболее слабых мест и выявления ненадежных узлов, на основе которого при производстве обслуживания производится усиление данного узла за счет использования его внутренних резервов. Это позволяет повысить надежность узла и соответственно увеличивается межремонтный интервал.

В практике наблюдается периодический выход из строя подшипников редукторов тепловозов. Мониторингом установлено, что выход из строя подшипников происходит из-за недостаточной центровки муфт и для усиления надежности данного узла были уменьшены допуски на отклонения при центровке муфт с помощью электронного центровщика, в результате чего надежность этого узла возросла в 2,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данияров Н.А., Малыбаев С.К., Акашев А.З., Келисбеков А.К., Ахмадиев М.Т. О пригодности локомотивов к агрегатному методу ремонта // Труды КарГТУ. Вып. 1 (50). / Караганда, 2013.
2. Собенин Л.А., Бахолдин В.И., Зинченко О.В., Воробьев А.А.. Устройство и ремонт тепловозов: Учебник для нач. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 416 с.
3. Данияров Н.А., Акашев А.З., Келисбеков А.К., Ахмадиев М.Т., Хамитова Г.Ж. Структурная систематизация технологических процессов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава // Научно-технический и производственный журнал «Тяжелое машиностроение». 2013. №9. С. 24.
4. Бобровников Я.Ю., Стецюк А.Е. Диагностические комплексы электроподвижного состава: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 190300 «Подвижной состав железных дорог» Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2012.
5. Технологический процесс предприятия ТОО «Булак LTD-2004».

Раздел 5 | Автоматика. Энергетика. Управление

УДК 621.3:004.38(574)

Разработка структуры базы данных автоматизированной системы расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт

Г.И. ПАРШИНА, *ст. преподаватель,*
Б.Н.ФЕШИН, *д.т.н., профессор,*
Карагандинский государственный технический университет, кафедра АПП

Ключевые слова: *электроснабжение, расчет, шахта, добычной участок, информация, информационная модель, база данных, структура.*

Технология подземной добычи угля из пологих и наклонных пластов предполагает подвижной характер ведения очистных работ, сопровождается необходимостью изменения структуры и параметров электротехнических комплексов. Каждое изменение требует проведения новых расчетов, документирования и их утверждения ответственными лицами. Расчет и перерасчет схем электроснабжения является трудоемкой многовариантной задачей, при решении которой возможно принятие к технической реализации неверных решений. Поэтому часто объектом первоочередного внимания при расследовании причин катастроф и аварий, происходящих в результате как техногенных, так и человеческих факторов, становятся системы электроснабжения добычных участков. В связи с этим регламентирующими инструкциями [1, 2] установлен строгий порядок выполнения и утверждения документов типа «Расчет схем электроснабжения очистного забоя (лавы) XXX.XXX». Расчет проводится:

– инженером – представителем электротехнической службы добычного участка (например, механиком участка),

– проверяется главным энергетиком шахты,

– утверждается главным инженером шахты,

– согласовывается с главным энергетиком головного объединения (управления).

Сложность проектирования схем электроснабжения добычного участка угольной шахты заключается в том, что область анализируемых задач и сопутствующих потоков информации содержит много сильно взаимосвязанных переменных величин, и решение задачи расстановки технологического и электрического оборудования добычного участка существенно зависит от наличия знаний горно-геологических условий шахты. Следует учитывать, что современные угольные шахты и добычные участки шахт являются крупными потребителями электрической энергии. При разработке пластов, опасных по газу и пыли, к электрооборудованию добычных участков угольных шахт предъявляют повышенные требования. Внедрение на горных предприятиях новых энергоёмких машин и специального электрооборудования, разработанных на базе достижений силовой электроники и микропроцессорной техники требуют от специалистов отдела

главного энергетика (ОГЭ) добычных участков шахты специальных знаний в области эксплуатации шахтного оборудования, расчета и выбора схем подземного электроснабжения, оптимизации производительности горных машин, с ограничением на энергетические и материальные ресурсы при жестких условиях выполнения правил безопасности.

Таким образом, расчет электроснабжения электротехнических комплексов добычных участков угольных шахт должен быть основан на широком спектре данных и знаний по различным теоретическим и практическим приложениям: по горному делу (в том числе по технике безопасности, охране труда, вентиляции, водоотливу, горной механике, горным машинам и горношахтному оборудованию, организации производства и т.д.); по электроснабжению, электрооборудованию, электроприводу, системам и средствам автоматизации технологических процессов и производства на угольных шахтах. База знаний, необходимая сотруднику ОГЭ, должна включать знания по следующим основным разделам [3-6]:

– горно-геологические особенности залегания угольных пластов, влияющие на расстановку оборудования:

1) классификация угольных пластов по глубине залегания;

2) классификация угольных пластов по мощности;

3) классификация угольных пластов по углу наклона;

4) характер боковых пород;

– способы проведения горно-геологических работ, влияющие на расстановку оборудования:

1) способы вскрытия шахтного поля;

2) системы подготовки шахтного поля;

3) системы разработки шахтного поля;

– способы расстановки технологического оборудования:

1) особенности размещения технологического оборудования при различных углах падения угольного пласта;

2) особенности размещения технологического оборудования в зависимости от мощности угольного пласта;

3) особенности размещения технологического оборудования при наличии мощных электроприемников на 1140 В;

4) особенности размещения технологического оборудования для шахт, опасных по газу и пыли;

– методы расчета систем электроснабжения добычных угольных участков, учитывающие:

1) особенности расстановка электропотребителей и принципы формирования схемы электроснабжения с учетом горно-геологических и технологических особенностей добычных участков и угольной шахты в целом;

2) алгоритм расчета передвижных понизительных подстанций;

3) алгоритм расчета кабельной сети, существующие методы выбора варьируемых коэффициентов и правила принятия решений при выборе сечений кабелей;

4) алгоритм расчета аппаратуры управления и защиты, существующие методы выбора варьируемых коэффициентов и правила принятия окончательных решений при выборе аппаратуры управления и защиты;

5) алгоритм расчета системы освещения;

6) существующие нормы, правила и периодичность проведения перерасчета электроснабжения добычного участка в связи с подвижным характером работ;

– правила безопасности и технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт:

1) особенности исполнения подземных электроустановок напряжением до и выше 1000 В угольных шахт и рудников опасных по газу и пыли;

2) особенности систем вентиляции для угольных шахт и рудников опасных по газу и пыли;

3) требования к надежности электроснабжения угольных шахт;

4) особенности схем питания электроприемников угольных шахт и рудников, опасных по газу и пыли;

– существующие средства автоматизации технологических процессов и производства на угольных шахтах.

Необходимым условием формирования комплекса технических средств отдела главного энергетика является возможность сопряжения между собой всех видов технических устройств, входящих в подсистемы, то есть возможность объединения их в единую техническую систему, обеспечивающую непрерывный процесс автоматизированной обработки информации.

Комплекс программного обеспечения, автоматизирующий работы, проводимые в отделе главного энергетика шахты, выполняет функции, связанные с решением следующих основных задач:

– оперативно-техническое управление службами и системами, подчиненными главному энергетику (С и СГЭ);

– организационно-экономическое управление С и СГЭ;

– ремонтно-технологическое управление системами, подчиненными главному энергетику.

Основные функции, выполняемые автоматизированной системой расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт в структуре автоматизированной системы главного энергетика (АС ГЭ), – это автоматизация расчета электроснабжения участков угольных шахт и хранение информации об электротехническом оборудовании технологических участков (рисунок 1).

Автоматизированная система расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт решает следующие задачи [7, 8]:

– расчет электроснабжения добычных участков угольной шахты;

– автоматизированный поиск и представление требуемой информации по электропотребителям и электрооборудованию участков угольной шахты;

– ввод, хранение и корректировка входной, выходной, промежуточной и расчетной информации;

– автоматизированная подготовка и выдача документов;

– вспомогательные и сервисные функции.

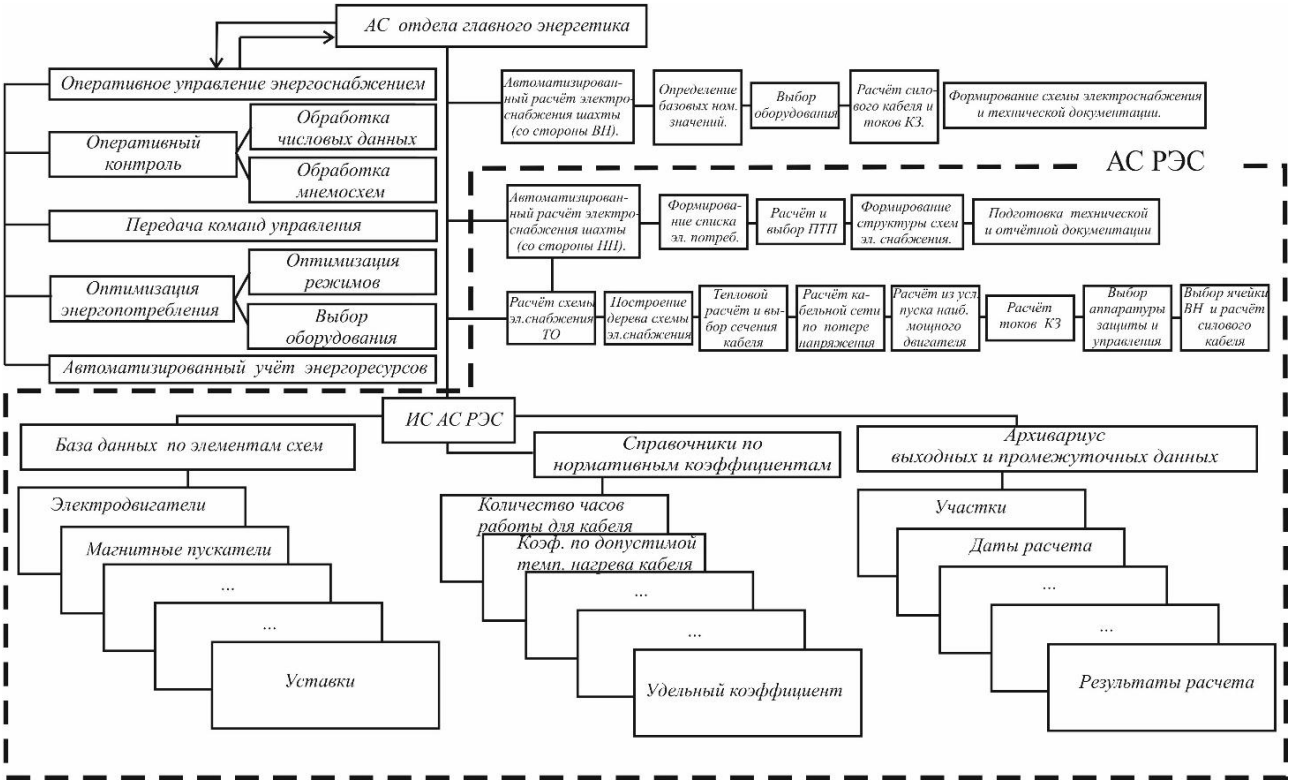


Рисунок 1 – Автоматизированная система управления электротехническим комплексом угольных шахт

Неотъемлемой частью программно-аппаратных средств автоматизированных систем расчета технологических процессов и производств являются информационная система, выполняющая функции хранения, поиска, оценки и обновления данных. Она позволяет хранить данные по результатам физических измерений и расчетным операциям. В комплекс программно-технических средств информационной системы входят средства обработки и хранения информации, средства подготовки данных на машинных носителях, средства получения-выдачи информации, а также средства ввода-вывода (терминалы, дисплеи и др.). Информационная система строится на методах организации процессов обработки данных, соответствующих концепциям интегрированных баз данных (БД) [9, 10].

Выбор модели данных для разработки информационной модели АС РЭС основан на методах эквивалентных представлений БД и их схем, целостности БД в условиях потока конкурентных запросов, теории функциональных зависимостей БД, методах структурирования памяти для хранения разнообразных данных, проблем полноты и эквивалентности в реляционном исчислении. В качестве модели для системы хранения АС РЭС принимаем реляционную модель данных, идеально подходящую для устойчивых схем, объединяющих сходные или связанные данные в единую систему. В качестве среды разработки БД для рассматриваемой задачи была принята СУБД Access.

Автоматизированная обработка информации при расчете схемы электроснабжения добычного участка должна обеспечивать:

– хранение и обработку данных для расчета схем электроснабжения в соответствии с требованиями ПБ;

– хранение и обработку данных для формирования структуры схем электроснабжения технологических объектов, корректировку изменений в схемах с последующим их расчетом и документированием;

– хранение и вызов справочной информации об аппаратах, кабельных изделиях, устройствах защиты и управления, имеющихся на складах шахты;

– хранение и выдачу по требованию регламентированной ПБ справочной информации, определяющей допустимую структуру и технические характеристики схем электроснабжения;

– хранение в памяти ЭВМ расчетов и графических изображений схем электроснабжения шахты;

– хранение и обработку данных для формирования твердых копий схем электроснабжения.

Анализ информационных характеристик электротехнических комплексов добычных участков угольных шахт показал, что основными информационными характеристиками АС РЭС являются:

– список технологических (добычных) участков (имя: полное, сокращенное);

– дата расчета технологических участков;

– перечень электропотребителей участка (комбайны, лебёдки, конвейеры, вентиляторы местного проветривания, погрузочные машины и т.п.);

– электродвигатели, применяемые в угольной промышленности;

– комплектные распределительные устройства;

– комплектные передвижные трансформаторные подстанции;

– кабельная продукция;

– аппаратура управления и защиты (автоматы, пускатели и уставки);

– справочно-нормативная информация по схемам

электроснабжения угольных шахт (правила безопасности, правила эксплуатации).

База данных АС РЭС включает в себя подсистему хранения данных и подсистему доступа к данным.

Подсистема доступа (интерфейс) реализована с использованием единой технологии, отвечающей требованиям концепции развития информационных систем, а также требованиям переносимости и открытости для анализа. При этом выбранная технология обеспечивает подсистему доступа к данным инструментами организации рабочего места без внесения изменений в программную и аппаратную конфигурацию компьютера клиента и возможностями использования существующих средств передачи данных для подключения к ресурсам системы.

Подсистема хранения данных АС РЭС структурно и процедурно должна обеспечивать:

– надежное хранение данных АС РЭС с возможностями резервного копирования и восстановления данных;

– согласованное хранение данных с возможностями поиска нарушений целостности БД;

– пополнение данных с возможностью прерывания и отмены изменений, вызванных пополнением информации;

– расчет агрегированной многомерной информации для выходных форм системы.

Подсистема хранения может быть реализована в двух вариантах: локальном и серверном. При реализации подсистемы хранения на базе сервера БД, сервер БД должен отвечать требованиям концепции развития информационных систем, а также требованиям к надежности, производительности, масштабируемости и оснащенности средствами администрирования БД [11-12].

Подсистема хранения данных АС РЭС содержит большое количество файлов условно-постоянной информации: списки применяемых трансформаторных подстанций, кабелей, автоматических выключателей, магнитных пускателей и т.п. Каждый такой список содержит наименование устройства и необходимые для расчетов их технические характеристики. К условно-постоянной информации относятся также файлы типов и характеристик электродвигателей.

Комплекс программ БД должен позволять работать со следующими типами потребителей: добычные комбайны, проходческие комбайны, скребковые конвейеры, ленточные и пластинчатые конвейеры, вентиляторы местного проветривания, маслостанции, лебедки и т.п. Должна быть реализована возможность корректировки файлов условно-постоянной информации.

Информационное обеспечение комплекса должно быть построено таким образом, чтобы данные, вводимые с клавиатуры, и данные, полученные в результате расчетов, по каждому технологическому объекту (ТО-добычному участку) хранились во внешней памяти ЭВМ, и к ним можно было обратиться неоднократно с целью корректировки и/или вывода на печать.

Основная работа по обработке данных связана с расчетом электроснабжения участка шахты. Рассмотрим основные информационные потоки данных по расчету электроснабжения участка шахты.

БД АС РЭС угольной шахты включает в себя три основные группы информационных потоков, используемых при расчете электроснабжения добычного участка угольной шахты, представленных на рисунке 2. Для выбора технологического участка в БД необходимо хранить данные как по названию участка, так и по дате его расчета (рисунок 3). Для выбора электропотребителей участка угольной шахты необходимы справочные и расчетные данные по электропотребителям (рисунок 4).

Данные, необходимые для расстановки потребителей по трансформаторным подстанциям и перерасчета нагрузки на трансформаторной подстанции, представлены на рисунке 5. Для расчета кабельной сети необходимы справочные и расчетные данные по параметрам кабеля (рисунок 6). Для формы выбора аппаратуры управления и защиты необходимы справочные и расчетные данные по параметрам пускателей, выключателей и их уставок (рисунок 7). На рисунке 8 представлена структурная схема базы данных АС РЭС, разработанная на основе реляционной модели данных в СУБД Access.

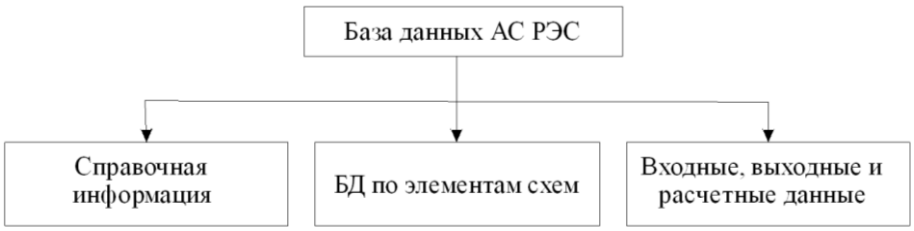


Рисунок 2 – Основные составляющие БД

Рисунок 3 – Информационные потоки для выбора технологического участка угольной шахты

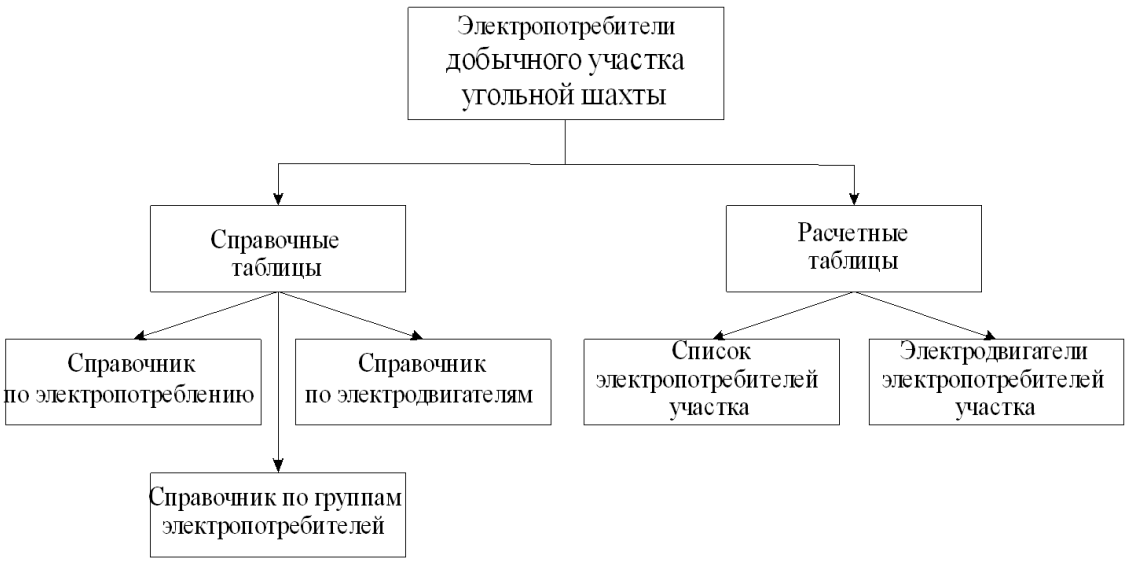


Рисунок 4 – Информационные потоки для выбора электропотребителей добычного участка угольной шахты

Рисунок 5 – Информационные потоки для расстановки потребителей по трансформаторным подстанциям и перерасчета нагрузки на трансформаторной подстанции

Рисунок 6 – Информационные потоки для расчета кабельной сети

Рисунок 7 – Информационные потоки для расчета аппаратуры управления и защиты

Предлагаемая информационная модель является частью АС РЭС.

Создание и внедрение автоматизированной системы расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт обеспечивает снижение трудоемкости делопроизводства в ОГЭ; повышает оперативность и снижает трудоемкость при проведении расчетов схем электроснабжения и энергоснабжения шахты; повышает качество расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт за счет автоматизации основных процедур, и, как следствие, снижает вероятность ошибок при проведении расчета и пересчета схем электроснабжения; уменьшает долю риска, вносимого физическими лицами при принятии решений, до минимума.

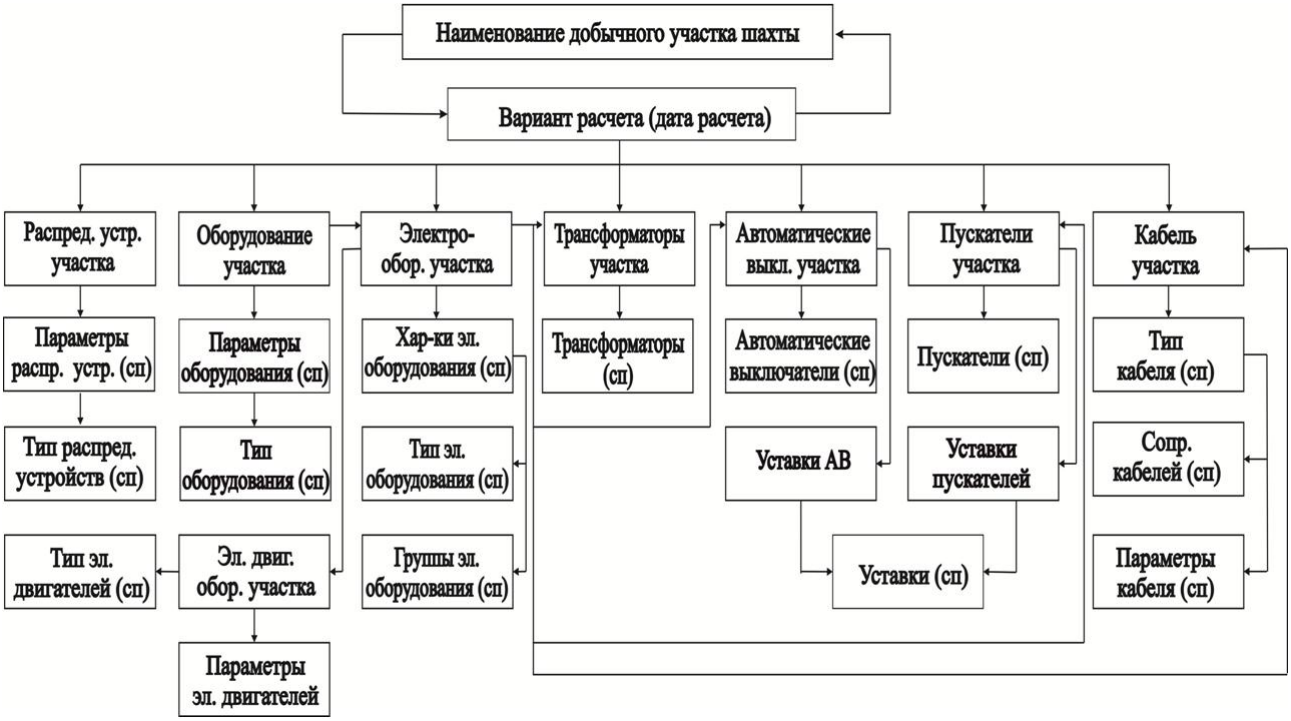


Рисунок 8 – Структурная схема базы данных АС РЭС
(сп-справочники)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах (ПОТ РК 0-028-99). http://adilet.zan.kz/rus/docs/V000001301_.
2. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 2000. – 320 с.
3. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. Часть II. Электроснабжение. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1990. – 186 с.
4. Машины и оборудование для угольных шахт: Справочник / Под ред. В.П. Герасимова, В.Н. Хорина. – М.:Недра, 1987. – 416 с.
5. Взрывобезопасное оборудование на 1140 В для угольных шахт / Под ред. Траубе Е.С. – М.:Недра, 1991. – 283 с.
6. Риман Я.С., Соловей А.И. Устройства и эксплуатация электрооборудования стационарных установок шахт: Справочник рабочего. – М.:Недра, 1991. – 284с.
7. Алгоритмы и принцы построения автоматизированной системы поддержки работоспособности электротехнических комплексов очистных участков угольных шахт // Журнал «Труды университета», Вып. №.4. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. – С. 61-63.
8. Системы обеспечения эффективной эксплуатации электротехнических комплексов добычных участков угольных шахт // Журнал «Автоматика и информатика». Вып. № 1-2 (26-27). – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. – С. 32-36.
9. Хомоненко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных: учебник / Под ред. Хомоненко А.Д. 5-е изд., доп. – М.: Бином-Пресс: СПб.: КОРОНА принт, 2006. – 736 с.
10. Харрингтон Л.Д. Проектирование реляционных баз данных: научное издание / Пер. с англ. – М.: Лори, 2006. – 230 с.
11. Мирошниченко Г.А. Реляционные базы данных: практические приемы оптимальных решений: научное издание. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 399 с.
12. Рудикова Л.В. Базы данных разработка приложений: научное издание. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 487с .

УДК 697.97

Эффективность плоского коллектора солнечной энергии в условиях Республики Казахстан

И.А. ПЯСТОЛОВА, *д.т.н., профессор,*
А.Х. ТЛЕУОВ, *к.т.н., доцент,*
А.А. ТЛЕУОВА, *к.т.н., ст. преподаватель,*
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Ключевые слова: *теплопроизводительность, коллектор, количество солнечных дней, солнечная радиация, плотность потока, температура, окружающая среда.*

Эффективная работа коллектора солнечной энергии и всей системы в целом зависит от параметров самого коллектора, поступающего солнечного излучения и разности температур теплоносителя на входе в коллектор и наружного воздуха. Параметры коллектора определяются его конструктивными особенностями [1].

Теплопроизводительность солнечного коллектора, если определять количество полезного тепла на единицу площади коллектора в зависимости от двух переменных – плотности потока радиации (суммарной) в плоскости коллектора I_m и разности средней температуры теплоносителя в коллекторе $T_{ср}$ и температуры окружающей среды $T_{окр}$, определяется уравнением, известным как уравнение Хоттеля-Уиллера-Блиса [2]:

$$Q = F_r\, A[(\tau\alpha)_n I_T - U_L(T_{ср} - T_{окр})], \qquad (1)$$

где F_r – коэффициент, связанный с эффективностью переноса тепла от пластины коллектора к жидкости, отводящей тепло;

$(\tau\alpha)_n$ – приведенная поглощательная способность;

U_L – коэффициент тепловых потерь.

Уравнение (1) можно преобразовать к виду

$$\eta = \frac{Q_И}{I_T A} = F_r(\tau\alpha)_n - \frac{F_R U_L (T_{ср} - T_{окр})}{I_T}. \qquad (2)$$

На рисунке 1 и 2 показана зависимость КПД плоского коллектора солнечной энергии от температуры.

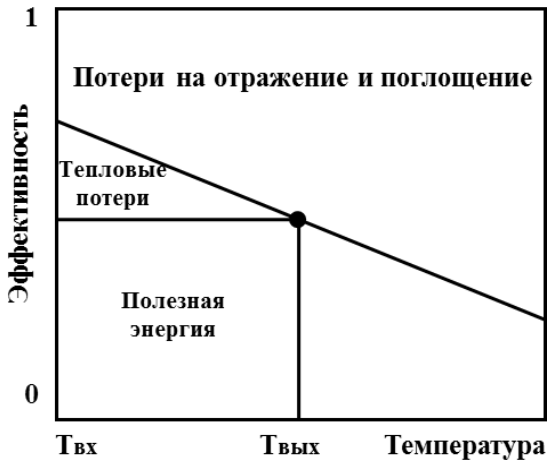


Рисунок 1 – КПД плоского коллектора солнечной энергии

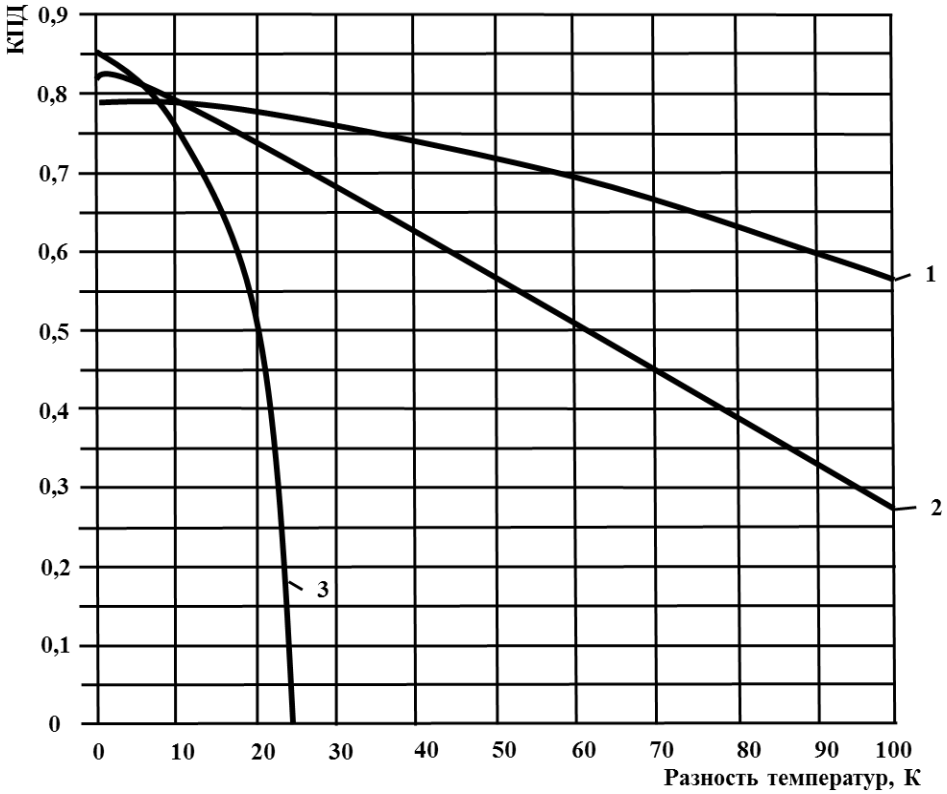
Пользуясь данным выражением, можно определить основные конструктивные параметры плоского коллектора солнечной энергии (КСЭ). При обосновании необходимых параметров КСЭ также необходимо воспользоваться данными о распределении среднемесячных температур наружного воздуха по регионам Республики Казахстан [3].

Проанализируем выражение (2) и обоснуем некоторые входящие в него величины. Типичное значение коэффициента эффективности отвода тепла F_R, согласно [4] составляет величину 0,9. Численное значение эффективности КСЭ η должно быть не менее 0,5. Температуру теплоносителя на входе в КСЭ в зимние месяцы рекомендуется брать равной +5°С. Численное значение приведенной поглощательной способности $(\tau\alpha)_n$ КСЭ также не должно быть менее 0,7 [5].

С учетом принятых допущений определим зависимость падающего солнечного излучения от разности температур $(T_{ср} - T_{окр})$ и величины коэффициента U_L. Расчеты произведем для наиболее спорных месяцев эксплуатации гелиоустановок, каковыми являются зимние и осенне-весенние месяцы, для всех регионов Республик Казахстан.

Определим основные характеристики КСЭ, такие как приведенная поглощательная способность $(\tau\alpha)_n$ и полный коэффициент тепловых потерь U_L с целью получения численного значения эффективности КСЭ η в пределах от 0,5 до 0,7. Для этого воспользуемся результатами моделирования, которые приведены на рисунках 3 и 4. Данные расчетов показывают, что с увеличением численных значений U_L, $(\tau\alpha)_n$ и η также происходит увеличение численного значения пороговой суммарной солнечной радиации, т.е. того значения суммарной солнечной радиации, при превышении значения которой начинает происходить выработка тепловой энергии [3].

Рассмотрим, какие же характеристики должны иметь КСЭ для различных условий по регионам Республики Казахстан. Для обоснования этих характеристик необходимо воспользоваться также полученными нами ранее данными о распределении среднемесячных температур наружного воздуха и почасовым поступлением суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Согласно полученным данным температурные условия примерно одинаковые



1 – вакуумированный коллектор; 2 – плоский коллектор с селективной поверхностью; 3 – открытый коллектор

Рисунок 2 – Эффективность различных типов солнечных коллекторов температура наружного воздуха ≥ 0°С

для Северного – Восточного – Центрального Казахстана и, соответственно, для Южного – Западного. Следовательно, и характеристики КСЭ можно считать одинаковыми соответственно для Северного – Восточного – Центрального и Южного – Западного регионов.

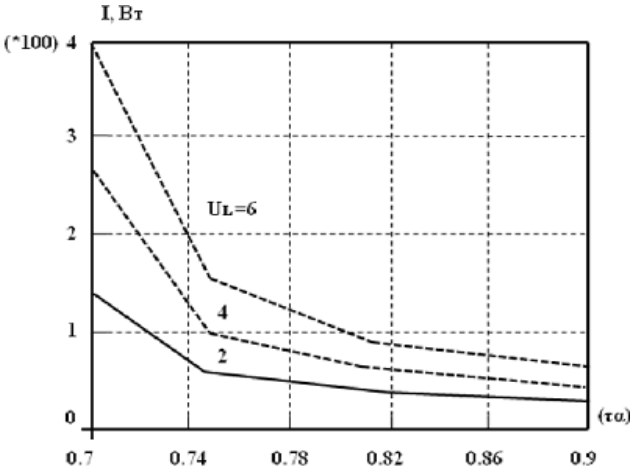


Рисунок 3 – Предельное значение пороговой суммарной солнечной радиации от характеристик КСЭ (январь, Северный Казахстан)

Численное значение пороговой суммарной солнечной радиации в значительной степени зависит от разности температур теплоносителя на входе в КСЭ и наружного воздуха.

При проектировании коллекторов для условий Республики Казахстан необходимо учитывать, что для получения приемлемых эксплуатационных характеристик КСЭ приведенная поглощательная способность $(\tau\alpha)_n$ должна быть не менее 0,7-0,75. В таком случае появляется возможность получения общей эффективности $\eta = 0{,}5\ldots0{,}6$.

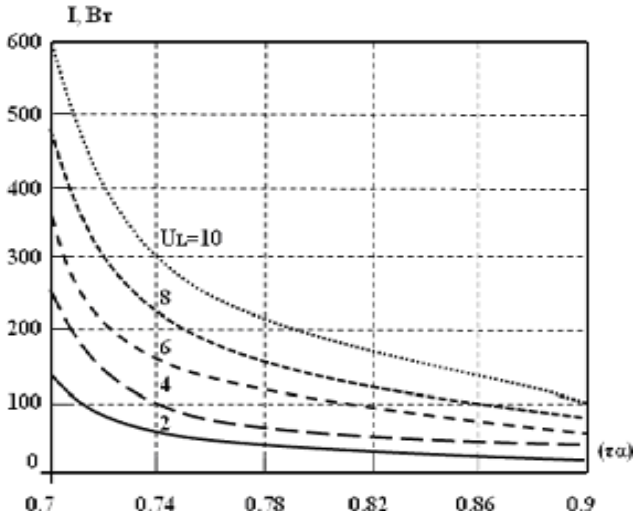


Рисунок 4 – Предельное значение пороговой суммарной солнечной радиации от характеристик КСЭ (апрель, Северный Казахстан)

Месяцы ноябрь-декабрь-январь для широт более 50° с.ш. являются неблагоприятными для функционирования гелиосистем.

Согласно проведенным исследованиям получается, что двухконтурные системы СТС можно круглогодично использовать в Южном и Западном регионах, а в Северном, Восточном и Центральном – только с

марта по ноябрь месяцы. Одноконтурные СТС для Южного и Западного регионов можно использовать с марта по ноябрь, а для Северного, Восточного и Центрального – с мая по октябрь.

Основными характеристиками коллекторов солнечной энергии, которые в значительной мере определяют их теплопроизводительность, являются полный коэффициент тепловых потерь U_L и приведенная поглощательная способность $(\tau\alpha)_n$. В зависимости от этих характеристик будет находиться и эффективность коллектора η.

Сравним почасовой приход суммарной солнечной радиации на наклонные поверхности с пороговыми значениями падающей радиации, полученными нами для Республики Казахстан. При этом будем исходить из условия полного соответствия сравниваемых величин по всем часовым интервалам. Данное условие необходимо выполнить для того, чтобы гелиосистема с выбранным типом коллектора функционировала как можно больший период солнечного дня.

В результате проведенных сравнений мы получили следующее:

1 Полная эффективность коллектора солнечной энергии может достигать величины $\eta = 0{,}5\ldots0{,}6$.

2 В Северном, Восточном и Центральном Казахстане для двухконтурных гелиосистем необходимо использовать коллекторы с характеристиками не ниже $(\tau\alpha)_n = 0{,}7$ и $U_L = 4\text{-}6$, а для одноконтурных – $(\tau\alpha)_n = 0{,}6\text{-}0{,}7$ и $U_L = 4\text{-}10$.

3 В Южном и Западном регионах для круглогодичных гелиосистем необходимо использовать коллекторы с характеристиками не ниже $(\tau\alpha)_n = 0{,}7$ и $U_L = 2\text{-}4$, а для одноконтурных – $(\tau\alpha)_n = 0{,}6\text{-}0{,}7$ и $U_L = 4\text{-}8$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51595-2000 «Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Общие технические условия».
2. Тлеуова А.А., Тлеуов А.Х. Режимы работы систем солнечного теплоснабжения в условиях Северного Казахстана // Материалы 1 Международной научно-практической конференции «Становление современной науки-2006». – Днепропетровск, 2006. – Т. 9. – С. 22-26.
3. Строительные нормы и правила РФ. Строительная климатология. СНиП 23-01-99 / Государственный Комитет РФ по строительству и ЖКХ (Госстрой России). Москва, 2003.
4. Пястолова И.А., Тлеуов А.Х., Тлеуова А.А. Прогнозирование поступления солнечной радиации // Материалы 1 Международной научно-практической конференции: «Становление современной науки-2006». – Днепропетровск, 2006. – Т. 9. – С. 14-19.
5. Тлеуов А.Х. и др. Рекомендации по использованию систем солнечного теплоснабжения в АПК. – Астана: КазАТУ, 2009. – 56 с.

УДК 621.31

Экспериментальные исследования статических характеристик резонансного трансформатора

И.В. БРЕЙДО, *д.т.н., профессор,*
В.В. КАВЕРИН, *к.т.н., доцент,*
Карагандинский государственный технический университет, кафедра АПП

Ключевые слова: *резонансный трансформатор, импульсное возбуждение, индуктор, индуктивный резонатор, экспериментальные исследования.*

В последние годы возрос интерес к резонансным системам в электротехнике. Преобразователи электроэнергии (ПЭ), выполненные на базе резонансных трансформаторов (РТ), генерирующие электроэнергию с высокими значениями напряжения и частоты, нашли широкое применение в научных учреждениях, промышленности и медицине. С повышением частоты ПЭ значительно снижаются их массогабаритные характеристики на единицу мощности. Использование РТ в силовой части ПЭ позволяет получить потенциалы на выходе до 1 000 000 Вольт.

В работах Исембергенова Н.Т. и Брейдо И.В. рассмотрены вопросы разработки и теоретических исследований резонансных двунаправленных электронных силовых трансформаторов [1]. Отличительной особенностью схемотехнического решения силовой части является построение резонансного контура с использованием классической схемы двухобмоточного трансформатора и двух конденсаторов, шунтирующих его первичную и вторичную обмотки. В силовой части схемы в переходных процессах, обусловленных пуском электронного трансформатора, могут возникнуть значительные перегрузки по току вследствие работы оконечного каскада силовых транзисторов на емкост-

ную нагрузку. Перспективным направлением решения этого вопроса может быть использование резонансного трансформатора [4].

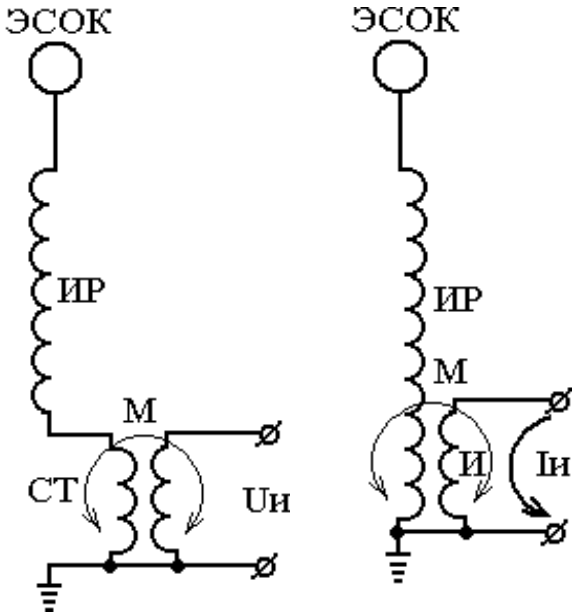
Модели, описывающие электромагнитные процессы в РТ с учетом их нелинейности и распределенности параметров, достаточно сложны и неточны. Для оптимизации параметров могут быть применены экспериментальные исследования.

В связи с этим экспериментальные исследования ПЭ, выполненные на базе РТ, являются актуальными. Исследование нагрузочных и частотных характеристик позволит оптимизировать работу преобразователя и определить его эксплуатационные режимы. В свою очередь оптимизация режимов работы преобразователя обеспечит снижение потерь, а определение предельно допустимых режимов работы позволит повысить надёжность преобразователя.

В [2 – 4] рассмотрено несколько вариантов принципиальных схем устройств, реализующих импульсное возбуждение, а также представлены некоторые результаты теоретических и экспериментальных исследований. Отсутствие конструктивных решений и технических параметров РТ затрудняет использование представленного материала для дальнейшего практического применения**.** Все варианты схемотехнических решений РТ по типу возбуждения (рисунок 1) можно разделить на две основные группы:

- трёхкатушечные (независимое возбуждение РТ – рисунок 1а);

- двухкатушечные (совмещённое возбуждение РТ – рисунок 1б).



а) б)

Рисунок 1 – Варианты схемотехнических решений резонансных трансформаторов с различными типами возбуждения

Независимо от варианта схемотехнического решения, РТ имеют три основных элемента – индуктивный резонатор (ИР), устройство возбуждения и однообкладочный конденсатор электростатического типа (ЭСОК).

Отличительные особенности двух вариантов схемотехнических решений систем возбуждения ИР следующие:

1. Возбуждение ИР реализуется импульсным напряжением, которое прикладывается между выводом ИР и клеммой заземления (рисунок 1а). Согласование по электрическим параметрам источника импульсного напряжения (Uи) с нагрузкой осуществляется посредством согласующего трансформатора (СТ). Особенностью данного схемотехнического решения является отсутствие магнитной связи между СТ и ИР. В [2, 3] для возбуждения этого варианта РТ использовался либо электродуговой коммутатор, либо выполненный на радиолампах с высоким анодным напряжением импульсный усилитель.

2. В втором варианте (рисунок 1б) имеется магнитная связь индуктора непосредственно с индуктивным резонатором. В данном типе возбуждения прерывание тока в цепи индуктора можно реализовать, используя мощные импульсные полевые транзисторы.

В обоих вариантах возбуждения периодически повторяющийся короткий импульс тока в индукторе или напряжения между клеммой заземления и выводом индуктивного резонатора формирует вдоль его оси фронт волны электромагнитного поля.

В [12] дан анализ эффекта отражения фронта электромагнитной волны в индуктивных резонаторах от края обмотки. В индуктивном резонаторе проводящей средой электромагнитной волны является его обмотка. Границей изменения параметров проводящей среды, создающей эффект отражения, являются оба края обмотки. Неучёт эффекта отражения в процессе теоретических и экспериментальных исследований вызывает значительную ошибку. Большое значение при разработке математических и имитационных моделей имеет информация о скорости движения фронта волны электромагнитного поля вдоль оси индуктивного резонатора.

В [2, 3] рассмотрены варианты схемотехнических решений различных устройств возбуждения РТ, в основном использующие электродуговые или электромеханические прерыватели тока в цепи индуктора. К недостаткам такого типа прерывателей тока следует отнести их низкую надёжность и нестабильность, сложность организации управления частотой и длительностью импульса сигнала управления возбуждения, а также малую продолжительность непрерывной работы. Низкая надёжность объясняется нагревом активных элементов прерывателей и, как следствие, измененяются их геометрические размеры. Дополнительным фактором нестабильности работы такого типа прерывателей тока является образование окиси меди на рабочей поверхности электродов. Кроме того, в [1] обосновано и экспериментально проверено наличие нескольких резонансных частот у индуктивного резонатора, соответствующих четвертьволновому, полуволновому и полностью волновому резонансу.

В [4] рассмотрен вариант РТ с возбуждением, реализованным на силовых транзисторах.

Появление на рынке мощных высоковольтных импульсных транзисторов и диодов позволило разработать стабильную систему возбуждения РТ со схемо-

техническим и конструктивным решением, соответствующим варианту (рисунок 1б), который позволяет обеспечить управление частотой и длительностью импульсов напряжения, поступающих на индуктор РТ.

В [2] представлен анализ вариантов настройки по частоте следования импульсов возбуждения с учётом геометрических размеров РТ – полностью волновой, полуволновой и четвертьволновой резонанс, также рассмотрены качественные характеристики движения электромагнитной волны вдоль оси ИР, на частоте резонанса.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований для варианта полностью волнового резонанса РТ с транзисторной системой возбуждения без ЭСОК. Объект исследований конструктивно представляет собой две магнитосвязанные цилиндрические однослойные катушки индуктивности с большим коэффициентом трансформации.

Целью экспериментальных исследований являлось определение зависимостей мощности, отдаваемой в нагрузку (Рнагр) и расходуемой на возбуждение индуктивного резонатора (Ринд), а также коэффициента передачи мощности от цепи возбуждения к нагрузке (Кп) в функции:

- величины активного сопротивления нагрузки (Rнагр) на частоте резонанса (fрез);
- частоты следования импульсов для трёх значений геометрического положения индуктора вдоль оси индуктивного резонатора;
- длительности импульса возбуждения индуктора для оптимального значения нагрузки на частоте резонанса.

Принципиальная схема лабораторной установки с импульсным возбуждением представлена на рисунке 2.

Силовая цепь, коммутации тока индуктора (обмотка I, рисунок 2), состоит: из транзистора VT1, силовой канал которого зашунтирован диодом, конструктивно совмещённым с транзистором в одном корпусе; диода VD1, включённого в коллекторную цепь транзистора с целью защиты от ЭДС обратной полярности; конденсаторов С2 и С3, шунтирующих цепь питания; приборов, измеряющих постоянные ток (Р3) и напряжение (Р4); конденсатора С4, сглаживающего пульсации блока питания. Управление силовым транзистором осуществлялось посредством драйвера А4, на вход которого подавался импульсный сигнал, регулируемый по длительности посредством управляемого одновибратора А3. На вход одновибратора с генератора А2 поступал регулируемый по частоте сигнал прямоугольной формы, частота которого контролировалась частотомером А1. Длительность импульса возбуждения контролировалась с помощью осциллографа А5.

Определение величины активной мощности, отдаваемой в нагрузку в электрической цепи с током высокой частоты (сотни килогерц), имеющим большой спектр частот, является достаточно сложной задачей. Серийно выпускаемые приборы измерения тока и напряжения высокой частоты имеют значительную собственную ёмкость и вносят искажения в пространственную картину электромагнитных полей индуктивного резонатора. Напряженность электромагнитного поля в окружающем пространстве индуктивного резонатора очень велика и наводимое ЭДС в проводниках, посредством которых прибор подключен к измеряемым контактам лабораторной установки, вызывает значительную погрешность в измерении. В связи с этим был использован косвенный метод определения активной мощности.

К выходным зажимам индуктивного резонатора XT2 и XT4 подключена нагрузка, в качестве которой использовалась лампа накаливания HL2. Мощность, отдаваемая в нагрузку, измерялась косвенным путём. Аналогичная по электрическим характеристикам лампа накаливания HL1, была включена в цепь лабораторного трансформатора Т1. Ток, протекавший через лампу HL1, и падение напряжения на ней контролировались амперметром и вольтметром переменного тока промышленной частоты Р2 и Р1 соответственно. Определение мощности, выделяемой в нагрузке индуктивного резонатора, осуществлялось следующим образом. С помощью Т1 выравнивалась температура колб ламп накаливания и HL2 и HL1, вторым этапом определялась мощность потребляемая лампой HL1, используя показания приборов Р2 и Р1, и при условии, что при одинаковой температуре колб ламп активные мощности, выделяемые на лампах в цепи Т1 и индуктивного резонатора, равны. Определение температуры ламп HL1 и HL2 осуществлялось дистанционно посредством тепловизора ВК марки FLIR ThermaCAM.

Резонансный трансформатор выполнен по двухкатушечной схеме с непосредственной магнитной связью – индуктор (I) и индуктивный резонатор (II). Конструкция РТ представлена на рисунке 3.

Катушка индуктивного резонатора состоит из четырёх одинаковых секций с отводами, намотанных в один слой на цилиндрический каркас. Катушка индуктора намотана на цилиндрическом каркасе несколько большего диаметра. Каркасы индуктора и импульсного трансформатора изготовлены из поливинилхлорида. Конструктивные и схемотехнические параметры индуктора и ИР представлены в таблице 1.

Группа приборов, контролирующих ток и напряжение в цепи питания индуктора, была включена между емкостными фильтрами: со стороны источника питания С4 и со стороны нагрузки С2, С3. В связи с тем, что ток и напряжение на зажимах индуктора имеют широкий спектр, а частота коммутации тока индуктора больше 100 кГц, цепь со стороны нагрузки шунтировалась двумя конденсаторами: С2 – керамический конденсатор, а С3 – электролитический конденсатор. Таким образом, приборами Р3 и Р4 измерялись интегральные значения тока и напряжения. На основании показаний приборов вычислялось интегральное значение мощности, потребляемой индуктором. Измеряемая таким образом мощность, потребляемая индуктором, включала мощность, расходуемую на нагрев коммутационных элементов VT1 и VD1 в силовой цепи индуктора, а также на возбуждение индуктивного резонатора. В процессе экспериментальных исследований напряжение питания системы возбуждения индуктора не превышало 40 В, а интегральное значение тока не превышало 2,5 А.

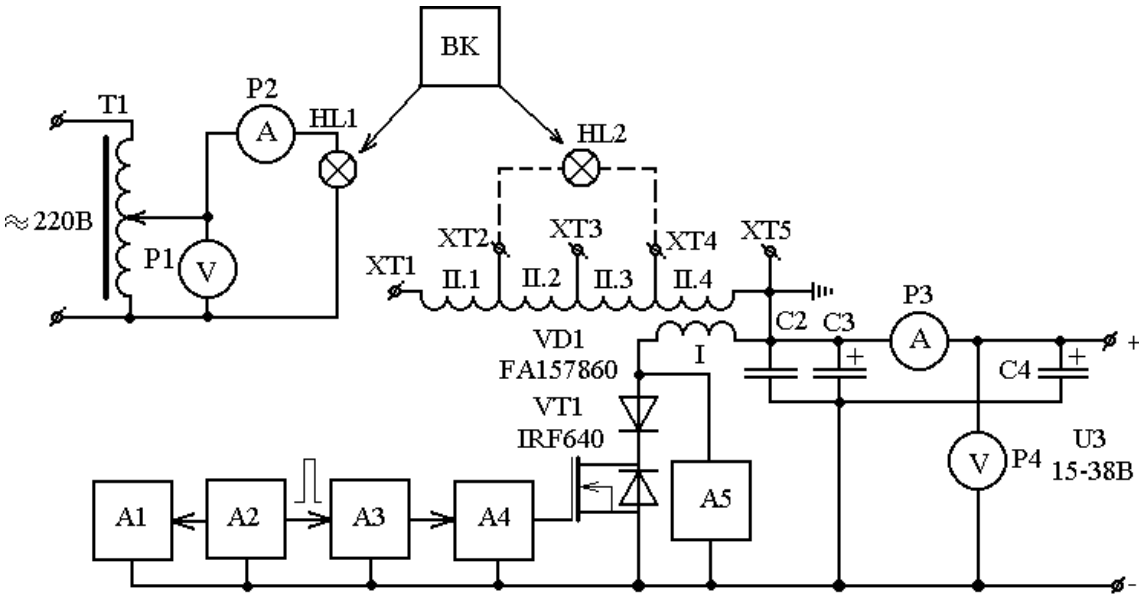


Рисунок 2 – Принципиальная схема лабораторного стенда для экспериментальных исследований резонансного трансформатора

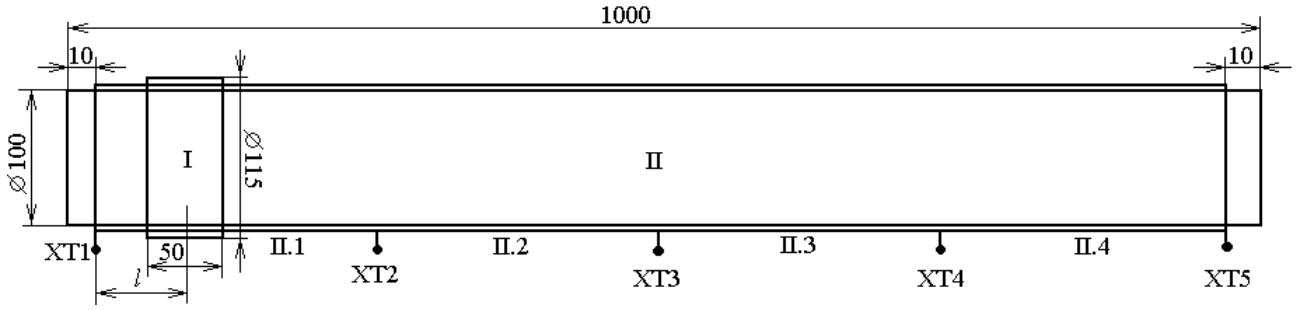


Рисунок 3 – Конструкция резонансного трансформатора

Таблица 1 – Конструктивные и электротехнические характеристики резонансного трансформатора

Элемент резонансного трансформатора	Число витков	Диаметр провода, мм	Активное сопротивление, Ом	Индуктивность, мГн
Индуктор	8	1,4	0,024	$12{,}9*10^{-3}$
Индуктивный резонатор (выводы XT1 – XT5, рисунок 2)	1472	0,65	33,10	26,20

Коэффициент передачи мощности от индуктора к нагрузке вычислялся из выражения

$$Кп = \frac{Рнагр}{Ринд}, \quad (1)$$

где $Р_{нагр} = U_{P1}*I_{P2}$; $Р_{инд} = U_{P4}*I_{P3}$; U_{P1}, I_{P2} – напряжение и ток в цепи контрольной лампы накаливания HL1; U_{P4}, I_{P3} – напряжение и ток в силовой цепи возбуждения индуктора.

В процессе экспериментальных исследований было установлено наличие семи параметров резонансного трансформатора, оказывающих существенное влияние на величину Кп:

- величина активного сопротивления нагрузки;
- длительность импульса возбуждения индуктивного резонатора;
- частота следования импульсов возбуждения индуктивного резонатора;
- геометрическое расположение индуктора на индуктивном резонаторе (расстояние *l*, рисунок 3);
- число витков индуктора (для данной конструкции индуктивного резонатора);
- площадь (собственная ёмкость) ЭСОК;
- расстояние ЭСОК от края индуктивного резонатора.

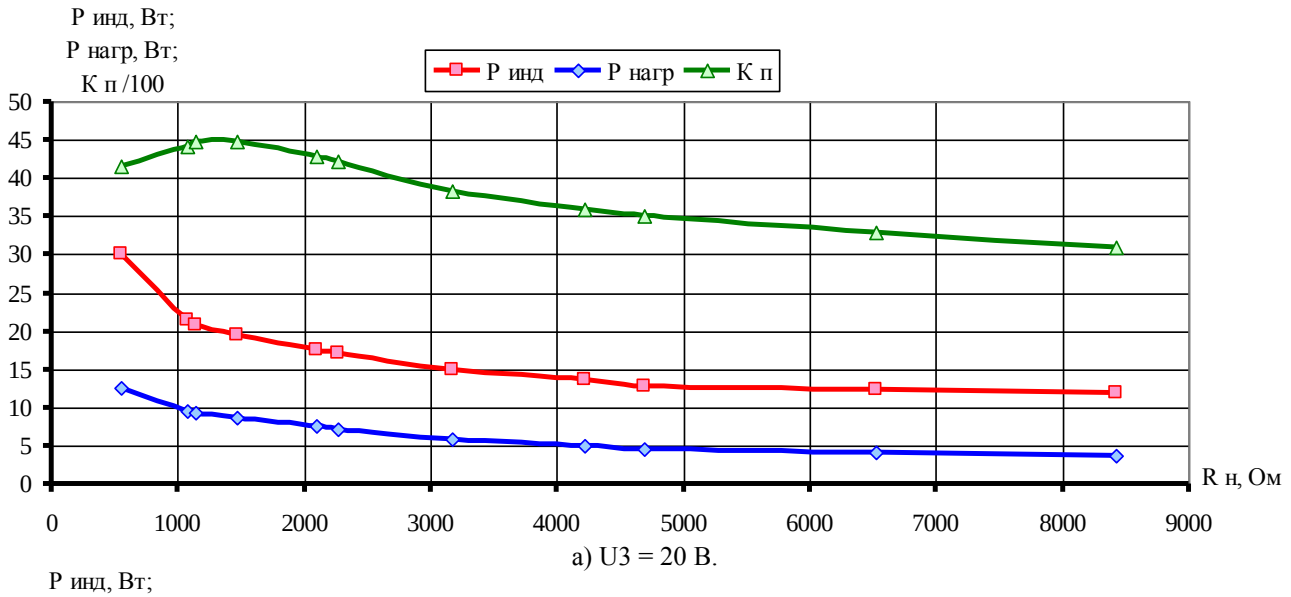
Величина нагрузки варьировалась ступенчато, путём изменения количества параллельно и последовательно включенных однотипных ламп накаливания.

В работе представлены результаты исследований только первых четырёх зависимостей.

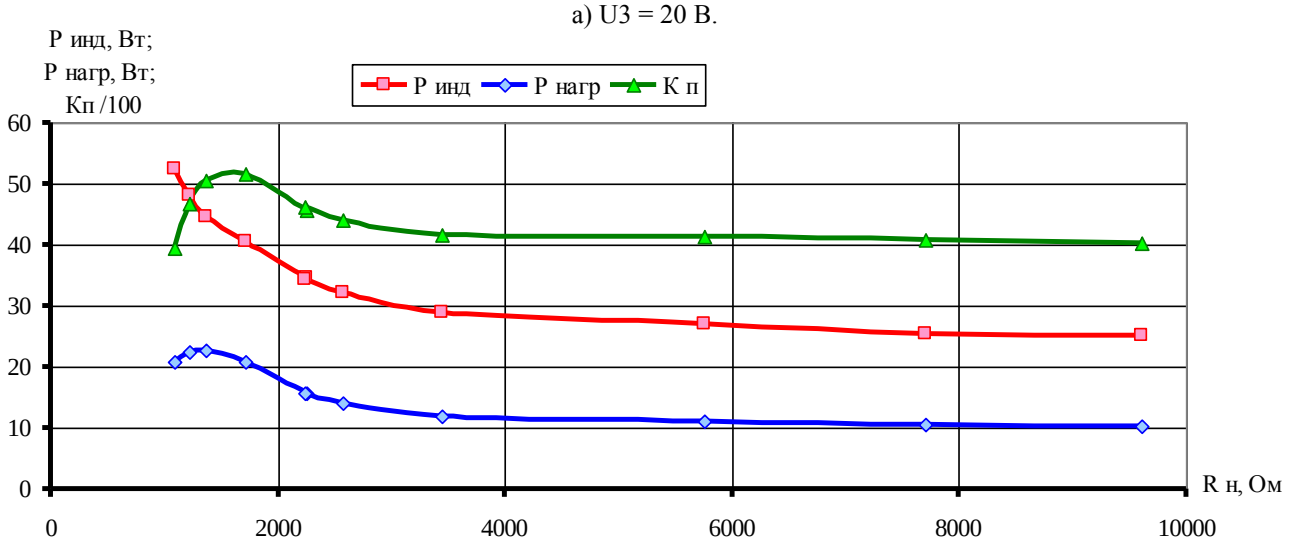
Определение зависимостей Кп; Рнагр и Ринд в функции сопротивления нагрузки (Rнагр) осуществлялось для экстремальных значений частоты следования импульсов возбуждения индуктора, длительности импульса, а также положения индуктора относительно заземлённого конца индуктивного резонатора.

Зависимость коэффициента Кп для различных интегральных значений мощности, расходуемой на возбуждение индуктивного резонатора, была проведена для трёх различных значений напряжения питания системы возбуждения U3 (рисунок 2) – 20 В, 30 В и 39 В.

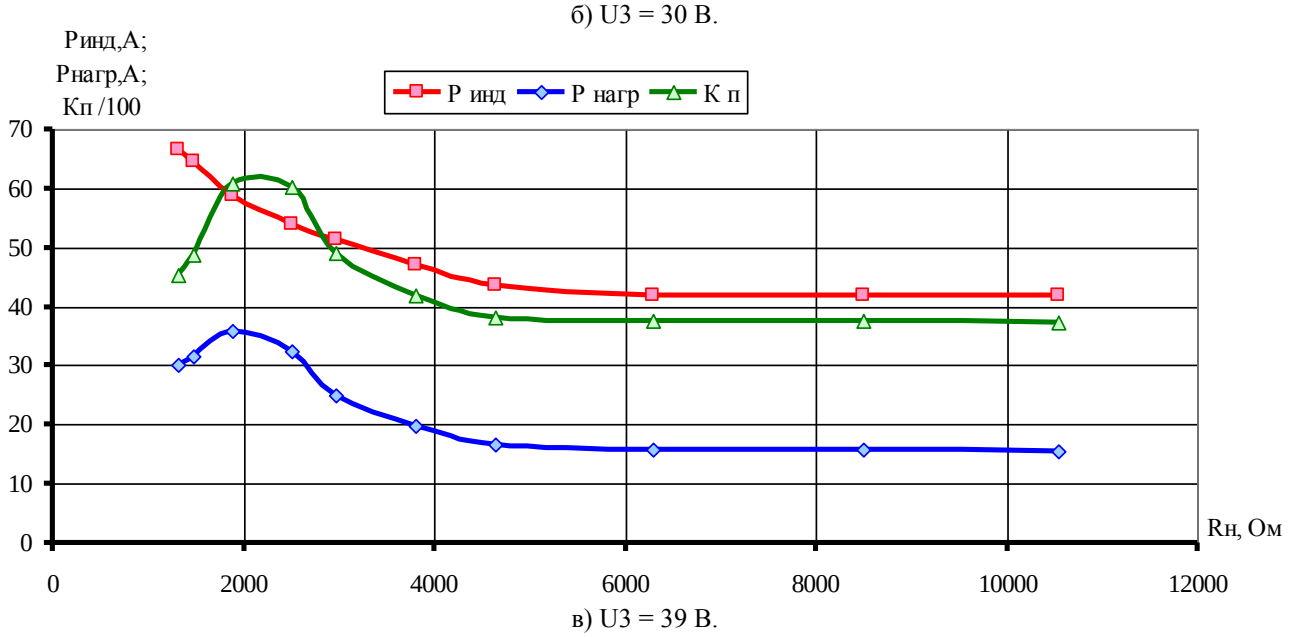
Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 4.



а) U3 = 20 В.



б) U3 = 30 В.



в) U3 = 39 В.

Рисунок 4 – Зависимости Кп; Рнагр и Ринд в функции сопротивления нагрузки

В результате экспериментальных исследований установлено, что параметры резонансного трансформатора Рнагр и Кп в функции сопротивления нагрузки имеют ярко выраженную экстремальную зависимость. Величина мощности, отдаваемая в нагрузку, в точке экстремума, с увеличением интегрального значения мощности возбуждения возрастает. Значения Кп, Ринд, Рнагр с увеличением сопротивления нагрузки

больше 5 кОм уменьшаются незначительно. С уменьшением сопротивления нагрузки зависимость потребляемой мощности в цепи индуктора до точки экстремума качественно соответствует зависимости мощности, отдаваемой в нагрузку. Дальнейшее уменьшение сопротивления приводит к уменьшению мощности Рнагр, что свидетельствует о перераспределении мощности между комплексным сопротивлением системы резонансный трансформатор – источник питания системы возбуждения – полупроводниковый коммутатор и активным сопротивлением нагрузки. Исследование характеристик с более высокими частотами коммутации тока индуктора не позволяло реализовать технические характеристики силовой части лабораторной установки.

Также установлено, что при отключении заземления от резонансного трансформатора не наблюдается передача энергии от индуктора к нагрузке при частоте возбуждения меньше 400 кГц.

Важным параметром, необходимым для понимания электромагнитных процессов, протекающих в трансформаторе, является линейная скорость движения электромагнитной волны вдоль оси индуктивного резонатора. Величина скорости движения волны вдоль оси индуктивного резонатора вычислялась из выражения:

$$Vв = \frac{2 * lн}{Ти}, \qquad (2)$$

где Vв – усреднённое значение линейной скорости движения волны вдоль оси индуктивного резонатора; lн – длина намотки катушки (в соответствии с рисунком 3, lн = 0,98 м); Ти – значение интервала времени между фронтами возбуждающих импульсов на частоте резонанса (Ти = 1 / Fрез) для каждого эксперимента в соответствии с таблицей 2.

Численные значения Кп, Ринд, Рнагр, Rн, fрез, Vв, полученные в процессе экспериментальных исследований, представлены в таблице 2.

Графическая зависимость Кп в функции Ринд представлена на рисунке 5.

В рамках, ограниченных возможностями лабораторного стенда с заданными конструктивными параметрами индуктивного резонатора, установлено, что с увеличением интегрального значения мощности возбуждения наблюдается увеличение Кп.

С целью определения оптимального значения длительности импульса возбуждения индуктивного резонатора проведены экспериментальные исследования зависимости Кп в функции длительности импульса возбуждения индуктивного резонатора. В процессе исследований посредством управляемого одновибратора варьировалась длительность импульса возбуждения ИР. Определение длительности импульса осуществлялось посредством частотомера А1 (рисунок 2). Экспериментальные исследования проводились при частоте следования импульсов возбуждения, соответствующей полностью волновому резонансу, и напряжении питания силовой части индуктора 39 В. Определение интегральных значений мощности потребляемой индуктором и отдаваемой в нагрузку, а также вычисление Кп осуществлялись аналогично предыдущему варианту исследования. Положение индуктора относительно заземлённого конца резонатора соответствовало максимальному значению Кп.

Таблица 2 – Численные значения Кп, Ринд, Рнагр, Rн, Fрез, Vв.

№ п.п.	Uпит., В	Р инд., Вт	Р нагр., Вт	Кп	Rн, Ом	fрез, кГц	Vв, м/с
1	20	20,8	9,3	0,46	1302	175	171500
2	30	34,5	15,8	0,52	1980	178	174440
3	39	54	35.9	0,63	2190	182,2	178556

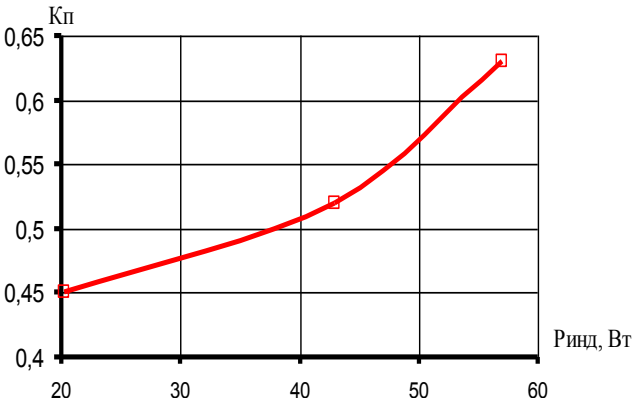


Рисунок 5 – Графическая зависимость Кп в функции Ринд

Результаты экспериментальных исследований Кп в функции длительности импульса возбуждения индуктивного резонатора представлены графической зависимостью на рисунке 6.

Зависимость Кп в функции длительности импульса имеет экстремум. Объясняется этот факт резким увеличением интегрального значения мощности, потребляемой системой возбуждения при увеличении Ти, и незначительным приростом мощности, отдаваемой в нагрузку. Экстремум достигается при длительности импульса Ти = 1,47 мкс.

Влияние положения индуктора на индуктивном резонаторе оценивалось в процессе экспериментальных исследований Кп, Ринд, Рнагр в функции частоты импульсов возбуждения индуктивного резонатора. Экспериментальные исследования проводились для трёх значений расстояния *l* (рисунок 3) *l* = 45 мм; 75 мм; 100 мм. Длительность импульсов возбуждения не менялась в процессе экспериментальных исследований и имела оптимальное значение. Напряжение питания силовой части системы возбуждения индуктора также не изменялось в процессе экспериментальных исследований: Uпит. = 39 В. Диапазон частот следования импульсов возбуждения выбирался таким образом, чтобы максимально полно представить характер изменения зависимостей для полностью волнового резонанса.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 7.

Зависимости Кп, Рнагр в функции частоты следования импульсов возбуждения имели ярко выраженный экстремальный характер. Для значения *l* = 75 мм экстремумы Кп, Рнагр по частоте совпадают, что соответствует оптимальному положению индуктора вдоль оси индуктивного резонатора.

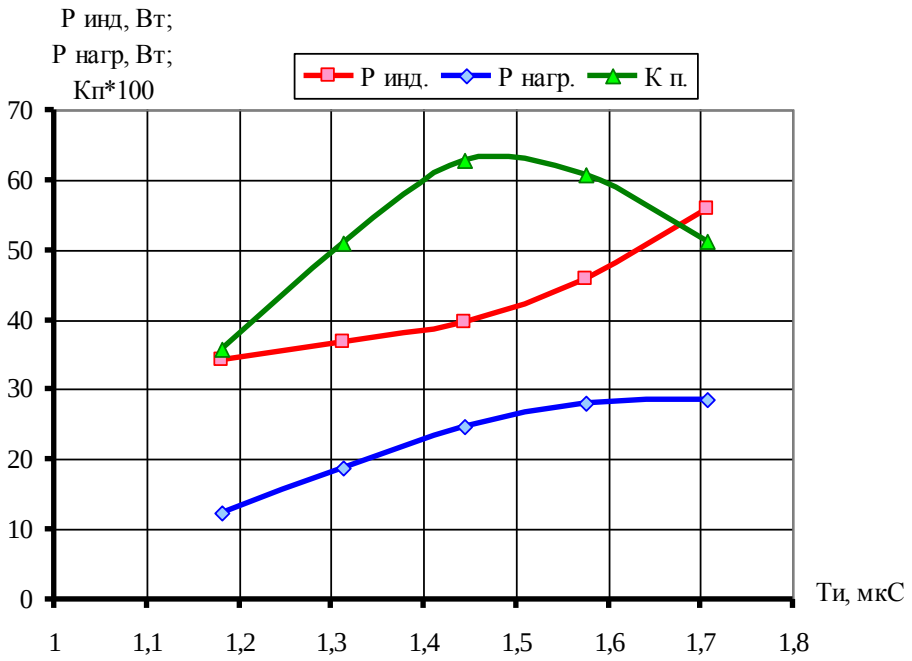
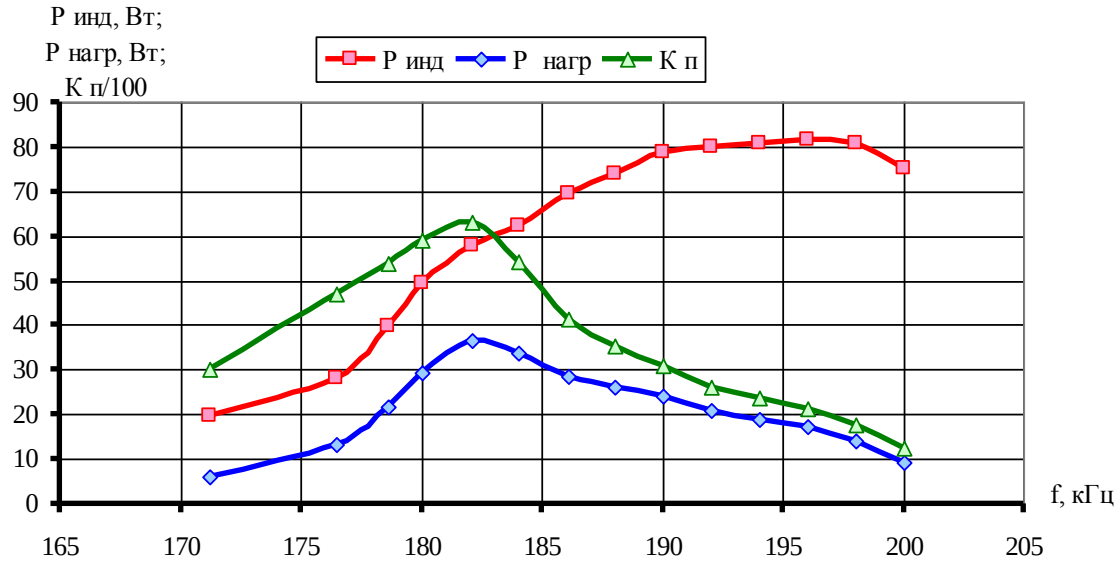
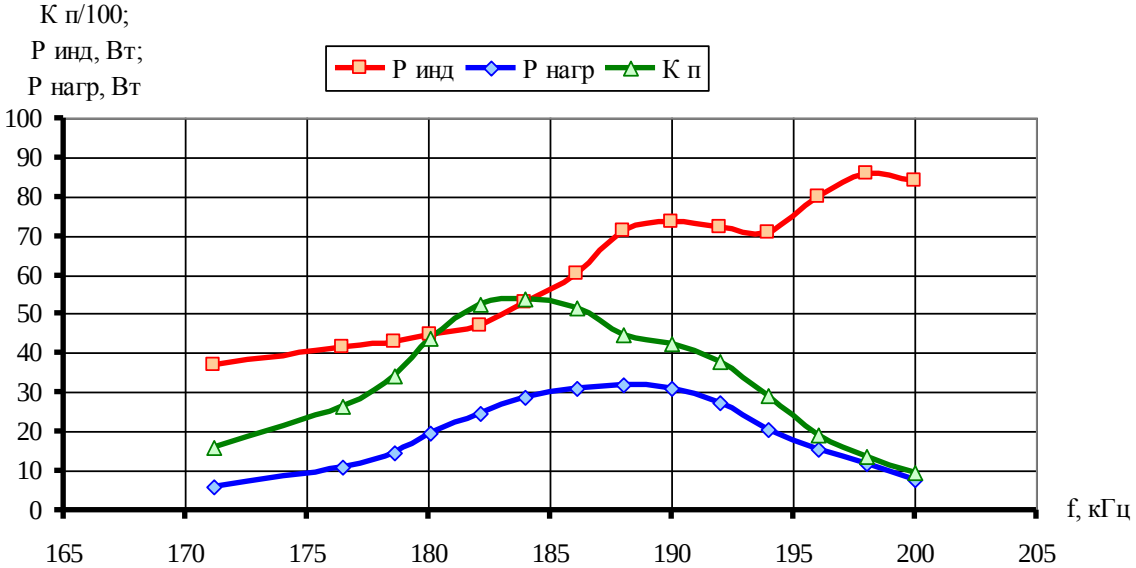


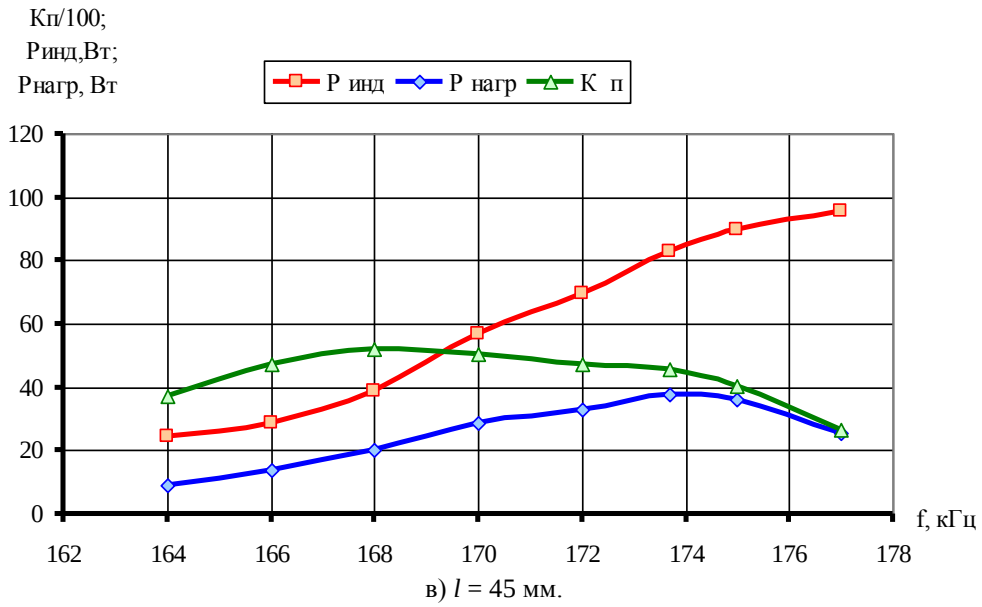
Рисунок 6 – Зависимость Кп в функции длительности импульса возбуждения индуктивного резонатора



а) l = 75 мм.



б) l = 100 мм.



в) l = 45 мм.

Рисунок 7 – Зависимости Кп, Ринд и Рнагр в функции частоты импульсов возбуждения индуктивного резонатора для трёх значений l

В случае смещения индуктора относительно оптимального положения влево или вправо по продольной оси индуктивного резонатора наблюдается смещение экстремумов Кп и Рнагр по частоте, причём экстремум Кп в обоих случаях находится в низкочастотной области относительно экстремума Рнагр. Дополнительно в обоих случаях наблюдается уменьшение экстремального значения Кп относительно оптимального положения индуктора.

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований установлено:

- наличие шести параметров резонансного трансформатора, оказывающих существенное влияние на его энергетические характеристики;

- наличие экстремального характера зависимостей Кп в функции Ринд, Кп, Рнагр в функции частоты следования импульсов возбуждения, а также Кп в функции Ти;

- увеличение Кп в функции Ринд с учётом предельно допустимых параметров лабораторного стенда.

Выводы

Получены рекомендации по расположению индуктора относительно индуктивного резонатора.

Определена линейная скорость движения электромагнитной волны вдоль оси индуктивного резонатора в функции следующих параметров: ***l***н – длина намотки катушки и Ти – период напряжения возбуждения индуктора на частоте резонанса.

Определены зависимости коэффициента передачи энергии из контура возбуждения в контур нагрузки в функции длительности импульса возбуждения индуктивного резонатора, а также в функции мощности, потребляемой индуктором.

Для более полного представления о протекающих в РТ электромагнитных процессах в дальнейшем целесообразно выполнить экспериментальные исследования зависимостей напряжённости магнитной и электрической составляющих электромагнитного поля в функции продольной оси индуктивного резонатора.

Кроме того, с целью получения граничных значений энергетических характеристик РТ, представляет интерес экспериментальное исследование зависимости Кп в функции Ринд при дальнейшем его увеличении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исембергенов И.Т., Брейдо И.В., Зотов Л.Г, Югай В.В., Разинкин В.П. Высокочастотные электронные трансформаторы на основе резонансных структур / КарГТУ // Труды университета. №2. 2015. С. 111-115.
2. Dollard E. Condensed Intro to Tesla Transformers // California, USA, 54 pages, illustrated. 1986.
3. Мысовский Л.В. Лабораторный метод получения высоких потенциалов // Успехи физических наук. Т. 10. Вып. 4. Ленинград, 1930. С. 545-569.
4. .Marco Denicolai Tesla Transformer for Experimentation and Research Espoossa // Helsinki, Finland // Teknillinen Korkeakoulu Sähkö – ja Tietoliikennetekniikan osasto / 96 pages, 30 May 2001.

РЕЗЮМЕ

Проблемы высшей школы.
В настоящем юбилейном номере журнала «Труды университета» раздел «Проблемы высшей школы» посвящен 100-летию со дня рождения академика Сагинова Абылкаса Сагиновича.
Соратники и ученики академика – Газалиев А.М., Дрижд Н.А., Исабек Т.К., Арыстан И.Д., Интыков Т.С., Кызыров К.Б., Ахметжанов Б.А., Малыбаев С.К., Тогайбаев К.Б., Каренов Р.С., люди, достигшие под руководством Сагинова А.С. научных, педагогических и инженерных высот, делятся воспоминаниями о продолжительном периоде истории Карагандинского горного института (КарГИ) – Карагандинского политехнического института (КарПТИ) – Карагандинского государственного технического университета КарГТУ).
Очевидная связь университета с вехами судьбы, действиями и основополагающими решениями Сагинова А.С., воплощенными в реальность в виде зданий и сооружений университета, в лекционных аудиториях и кафедрах, насыщенной книгами библиотеке, оборудовании исследовательских лабораторий и вычислительных залов, а самое главное, в создании квалифицированного коллектива преподавателей, ученых и сотрудников, – это наследство ректора многим поколениям выпускников школ РК, подготовленных к обучению инженерным специальностям.
Багаж знаний, инженерного опыта, производственной, административной и научной работы определили многогранность и системность деятельности Сагинова А.С. на посту ректора КарПТИ с 1955 по 1988 гг.
Горные инженеры и горные инженеры-электромеханики первого выпуска КарПТИ в 1958 г. пришли на шахты и заводы, в проектные и научные институты, в техникумы и профессиональные училища, а также в КарПТИ, и именно они создали основу для последующего стремительного технического прогресса Центрального Казахстана.
Взаимосвязанность технологического производства потребовала от ректора Сагинова А.С. действий, направленных на открытие новых специальностей по направлениям: машиностроение, транспорт, строительство, электроэнергетика, автоматика и автоматизация, геология, экономика, а в последующем электроника, вычислительная техника и информатика.
КарГТУ как полноправный преемник КарГИ и КарПТИ успешно продолжает традиции, заложенные создателем первого технического высшего учебного заведения в Центральном Казахстане академиком Сагиновым А.С.

Жоғары мектеп проблемалары.
«Университет еңбектері» журналының осы нөміріндегі «Жоғары мектеп проблемалары» тарауы академик Сағынов Әбілқас Сағынұлының 100 жасқа келген туған күніне арналған.
Академиктің пікірлестері мен шәкірттері – Сағынов Әбілқас Сағынұлының жетекшілігімен ғылыми, педагогикалық және инженерлік биіктерге жеткен адамдар Ғазалиев А.М., Дрижд Н.А., Исабек Т.К., Арыстан И.Д., Ынтықов Т.С., Қызыров К.Б., Ахметжанов Б.А., Малыбаев С.К., Тоғайбаев К.Б., Каренов Р.С. Қарағанды тау-кен институты (ҚарТИ) – Қарағанды политехникалық институты (ҚарПТИ) – Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (ҚарМТУ) тарихындағы ұзақ кезең туралы естеліктерімен бөліседі.
Университеттің Ә.С. Сағынов тағдырының елеулі кезеңдерімен, университет ғимараттары мен үймереттері түрінде, дәрістік аудиториялар мен кафедраларда, кітаппен қамтылған кітапханада, зерттеу зертханалары мен есептеу залдарындағы жабдықтарда, ең бастысы, оқытушылардың, ғалымдар мен пікірлестердің білікті ұжымын құруда ақиқатқа айналған әрекеттерімен және негізін қалаушы шешімдерімен айқын байланысы – бұл ректордың ҚР-ның инженерлік мамандықтарды үйренуге дайындалған мектеп түлектерінің көптеген буындарына қалдырған мұрасы.
Білім, инженерлік тәжірибе, өндірістік, әкімшілік және ғылыми еңбек қоры Ә.С. Сағыновтың 1955-1988 жж. аралығында ҚарПТИ ректоры лауазымындағы қызметінің сан қырлылығы мен жүйелілігін анықтады.
1958 ж. ҚарПТИ-дің алғашқы түлектерінің ішінде тау-кен инженерлері мен тау-кен инженер-электрмеханиктері шахталар мен зауыттарға, жобалау және ғылыми институттарға, техникумдар мен кәсіптік училищелерге, сонымен қатар, ҚарПТИ-ге келді және олар Орталық Қазақстанның одан әрі қарқынды техникалық прогресінің негізін қалады.
Технологиялық өндірістің өзара байланысы ректор Ә.С. Сағыновтан машинажасау, көлік, құрылыс, электрэнергетика, автоматика және автоматтандыру, геология, экономика, ал кейін электроника, есептеу техникасы және информатика бағыттары бойынша жаңа мамандықтар ашуға бағытталған әрекеттерді талап етті.
ҚарМТУ ҚарТИ мен ҚарПТИ-дің толық құқықты қабылдаушысы ретінде Орталық Қазақстанда тұңғыш техникалық жоғары оқу орнын құрушы академик Ә.С. Сағынов салған дәстүрлерді табыспен жалғастыруда.

Problems of Higher School.
In the present anniversary issue of the journal «University Proceedings» the section «Problems of Higher School» is devoted to the 100th anniversary of the birth of academician Abylkas Saginovich Saginov.
Colleagues and apprentices of the academician: Gazaliyev A.M., Drizhd N.A., Issabek T.K., Arystan I.D., Intykov T.S., Kyzyrov K.B., Akhmetzhanov B.A., Malybayev S.K., Togaybayev K.B., Karenov R.S., people who reached under the leadership of A.S. Saginov scientific, pedagogical and engineering heights, share memories about the long period of history of the Karaganda Mining Institute (KarMI) – the Karaganda Polytechnic Institute (KarPTI) – Karaganda State Technical University (KSTU).
The obvious connection of the University with the destiny milestones, actions and fundamental decisions of A.S. Saginov embodied in reality in the form of buildings and structures of the University, in lecture classes and the chairs, the library sated with books, the equipment of research laboratories and computing classes, and the most important, in forming the qualified group of teachers, scientists and employees, is the inheritance of the rector to a lot of generations of graduates of the RK schools prepared for training in engineering specialties.
The baggage of knowledge, engineering experience, production, administrative and scientific work defined versatility and consistency of A.S. Saginov's activity at the post of the KarPTI rector from 1955 to 1988.
Mining engineers and mining electrical and mechanical engineers of the first graduation of the KarPTI in 1958 came to mines and plants, to design and scientific institutes, to technical schools and professional schools, as well as to KarPTI, and they developed the basis for the subsequent prompt technical progress of Central Kazakhstan.
The coherence of technological production required from rector A.S. Saginov. the actions directed at the opening of new specialties in the trajectories: mechanical engineering, transport, construction, power industry, automatic equipment and automation, geology, economy, and later on electronics, computer facilities and informatics.
KSTU as the full receiver of the KarMI and KarPTI carries on successfully the traditions put by the founder of the first technical higher educational institution in Central Kazakhstan, academician A.S. Saginov.

УДК 621.55.01.11. ЖЕТЕСОВА Г.С., БЕЦ М.В. **Анализ современного состояния машиностроения Казахстана и перспективы его развития.**
Преодолев кризис 1990-х годов, Казахстан уверенно вступил в новый этап развития – рыночные отношения. Во время перехода на новый виток в рыночной экономике перед машиностроительными предприятиями Казахстана стоял ряд проблем, таких как сокращение рынка сбыта из-за высоких цен

ӘОЖ 621.55.01.11. ЖЕТЕСОВА Г.С., БЕЦ М.В. **Қазақстанның заманауи машинажасау жағдайын талдау және оның даму перспективалары.**
1990 жылдардағы дағдарыстан өтіп, Қазақстан дамудың жаңа кезеңіне – нарықтық қатынастарға енді. Жаңа айналымға ауысқан кезде нарықтық экономикада Қазақстанның машинажасау кәсіпорындары алдында өнімнің жоғары бағаларына байланысты өткізу нарығын қысқарту, бәсекелестіктің төтенше

UDC 621.55.01.11. ZHETESSOVA G.S., BETS M.V. **Analysis of Present Day State of Mechanical Engineering in Kazakhstan and Prospects of its Development.**
Having overcome the crisis of the 1990-s, Kazakhstan surely entered a new stage of the development, the market relations. Within the transition to a new round in market economy machine-building enterprises of Kazakhstan were faced by a number of problems, such as reduction of the sales market owing to high

на продукцию, адаптация в необычных условиях возрастающей конкуренции, неплатежеспособность предприятий, поиск поставщиков материала и сырья.
Современному производству Республики Казахстан для обеспечения конкурентоспособности необходимо обладать особыми качествами: большой гибкостью, способностью быстро менять ассортимент. В Казахстане действуют 9 центров производства машиностроения, где сосредоточено практически все производство машин и оборудования. Ориентация на производство, привлечение иностранных инвесторов позволит нашей стране достойно представлять себя на мировом рынке.

арта түсу жағдайларына бейімделу, кәсіпорынның төлемге қабілетсіздігі, материал мен шикізат жеткізушілерді іздеу сияқты проблемалардың бірқатары қойылды.
Бәсекелестікке қабілеттілікті қамтамасыз ету үшін Қазақстан Республикасының жаңа заманғы өндірісі ерекше қасиеттерге ие болуы керек: жоғары икемділікке, ассортиментті жылдам өзгерте білуге. Қазақстанда машинажасау өндірісінің 9 орталығы әрекет етеді, онда машиналар мен жабдықтың іс жүзінде барлық өндірісі шоғырланған. Өндіріске бағдарлану, шетел инвесторларын тарту біздің елімізге өзін әлемдік нарықта лайықты етіп көрсетуге мүмкіндік береді.

prices of production, adaptation to unusual conditions of the increasing competition, insolvency of enterprises, searching for suppliers of materials and raw materials.
Present day production of the Republic of Kazakhstan for ensuring competitiveness needs to possess special qualities: great flexibility, ability to change the assortment quickly. In Kazakhstan there work 9 centers of production of mechanical engineering where there is concentrated practically all production of machines and equipment. Orientation to production, involvement of foreign investors will permit our country to represent itself adequately in the world market.

УДК 334.1(075.8). ИЛЬКУН В.И., КУНАЕВ В.А. **Феноменологические модели при изучении параметров механических передач в курсе «Детали машин».**
Представлена классификация электромеханических передач. Рассмотрены особенности составления феноменологических моделей на основе электромеханических систем. Проведены аналогии между работой зубчатой передачи и электрического трансформатора. С этой целью выполнена классификация электрических трансформаторов и автотрансформаторов. Сопоставлена зубчатая передача с одной степенью свободы с аналогией «ток – сила». Проведено сравнение зубчатого зацепления с аналогичным узлом в электроцепи, так как обе схемы совпадают по конфигурации. Представлена практическая схема для имитации работы зубчатого редуктора как идеального трансформатора, которая может быть использована для создания лабораторной установки по определению основных параметров одно-, двух- и трехступенчатых зубчатых редукторов.

ӘОЖ 334.1(075.8). ИЛЬКУН В.И., КУНАЕВ В.А. **«Машиналардың тетіктері» курсында механикалық беріліс параметрлерін зерттеу кезінде феноменологиялық модельдер.**
Электрмеханикалық берілістердің жіктеуі келтірілген. Электрмеханикалық жүйелер негізінде феноменологиялық модельдер құрастыру ерекшеліктері қарастырылды. Тісті беріліс пен электрлік трансформатордың жұмысы арасында аналогия жүргізілді. Осы мақсатта электрлік трансформаторлар мен автотрансформаторларға жіктеу жүргізілді. Бір еркіндік дәрежесі бар тісті беріліс «ток-күш» аналогиясымен салыстырылды. Тісті ілінісуді электр тізбегінде аналогиялық түйінмен салыстыру жүргізілді, себебі екі сұлба да конфигурациясы бойынша сәйкес келеді. Бір, екі және үш сатылы тісті редукторлардың негізгі параметрлерін анықтау бойынша зертханалық қондырғы жасау үшін пайдаланылуы мүмкін мінсіз трансформатор ретінде тісті редуктор жұмысын ұқсатуға арналған практикалық сұлба берілген.

UDC 334.1(075.8). ILKUN V.I., KUNAYEV V.A. **Phenomenological Models when Studying Parameters of Mechanical Transmissions in Educational Process.**
There is presented a classification of electromechanical transmissions. There are considered the features of preparing phenomenological models based on electro-mechanical systems. Analogies between the work of the gear and the electrical transformer are conducted. For this purpose there is made a classification of electrical transformers and autotransformers. The gear with one degree of freedom is compared with the analogy «current – power». There is carried out the comparison of gearing with the same node in the electric circuit because both schemes are the same in configuration. There is presented a practical scheme to simulate the work of the gear reducer as an ideal transformer. This scheme can be used for developing the laboratory equipment for determining the basic parameters of one-, two- and three-stage gear reduction units.

УДК 669.04. ИСАГУЛОВ А.З., ЖОЛДУБАЕВА Ж.Д., ИСИН Д.К., МЕХТИЕВ А.Д., ТЛЕУБЕРЛИНОВ Е.Е**. Схемы процесса рафинирования металлов и сплавов фильтрованием.**
Анализ мировой тенденции показывает возросший интерес металлургов к фильтрационному методу рафинирования. В связи с этим, в статье рассматриваются фильтрационный метод рафинирования металлических расплавов, история его применения в металлургической практике. Проведен анализ и сравнение существующих на сегодняшний день типов фильтров. Показаны преимущества объемных фильтров по сравнению с двумерными. В работе предложены зернистые фильтры, изготовленные методом окатывания. Приводится описание отличительных особенностей и технологических преимуществ, присущих данным фильтрам.

ӘОЖ 669.04. ИСАҒҰЛОВ А.З., ЖОЛДУБАЕВА Ж.Д., ИСИН Д.К., МЕХТИЕВ А.Д., ТІЛЕУБЕРЛИНОВ Е.Е. **Металл мен қорытпаларды сүзу арқылы тазарту процесінің сұлбалары.**
Әлемдік беталысты талдау металлургтардың тазартудың сүзу әдісіне деген қызығушылықтарының арта түскенін көрсетеді. Осыған байланысты мақалада металл қорытпаларын тазартудың сүзу әдісі, оның металлургиялық практикада қолдану тарихы қарастырылады. Бүгінгі таңда қолданылатын сүзгілердің типтеріне талдау және салыстыру жүргізілді. Көлемді сүзгілердің екі өлшемдімен салыстырғанда басымдығы көрсетілген. Жұмыста шекемдеу әдісімен әзірленген түйіршікті сүзгілер ұсынылды. Берілген сүзгілерге тән айрықша ерекшеліктері мен технологиялық басымдықтарына сипаттама келтіріледі.

UDC 669.04. ISSAGULOV A.Z., ZHOLDUBAYEVA Zh.D., ISSIN D.K., MEKHTIYEV A.D., TLEUBERLINOV E.E. **Diagrams of Metals and Alloys Refining Process by Filtering.**
The analysis of the world tendency shows the increased interest of metallurgists in the filtration method of refinement. In this regard, the article deals with the filtration method of metal fusion refinement, the history of its application in metallurgical practice. There is presented the analysis and comparison of the types of filters existing today. The advantages of the volume filters in comparison with two-dimensional ones are shown. In the work there are proposed granular filters manufactured by the pelletizing method. The description of distinctive features and the technological advantages inherent in these filters is provided.

УДК 621.9.02=512.122. МАЗДУБАЙ А.В., ШЕРОВ К.Т., МУСАЕВ М.М., ЧЕРЕШКА А. **Состояние и проблемы отрезки металлических заготовок на машиностроительных предприятиях.**
В данной работе проведен анализ существующих способов отрезки, применяемых на машиностроительных предприятиях. Приведены конкретные примеры по способам отрезки и применяемому оборудованию на машиностроительных предприятиях Республики Казахстан. Рассмотрен метод термофрикционной отрезки (ТФО) в качестве перспективной технологии отрезки. Раскрыты механизмы процесса резания методом ТФО. Выявлены и описаны недостатки, проявляющиеся при резании гладким диском в случае применения классического метода ТФО. Приведено описание влияния режимов резания на качество отрезки. Получены выводы об основных проблемах, возникающих при отрезке методом ТФО.

ӘОЖ 621.9.02=512.122. МАЗДУБАЙ А.В., ШЕРОВ К.Т., МУСАЕВ М.М., ЧЕРЕШКА А. **Машинажасау өнеркәсіптеріндегі металдайындамаларды кесудің жағдайы мен мәселелері.**
Аталған жұмыста машинажасау кәсіпорындарында қолданылатын кесу тәсілдеріне талдау жүргізілген. Қазақстан Республикасының машинажасау кәсіпорындарындағы кесудің тәсілдері мен қолданылатын жабдық бойынша нақты мысалдар келтірілген. Кесудің болашағы бар технологиясы ретінде термофрикциялық кесу тәсілдері (ТКТ) қарастырылған. ТКТ кесу процесінің механизмдері айқындалды. ТКТ классикалық әдістерін қолданып, teric дискпен кесу кезінде пайда болатын кемшіліктер анықталды және баяндалды. Кесу сапасына кесу тәртіптерінің тигізетін әсері сипатталған. ТКТ кесу кезінде пайда болатын негізгі қиындықтар туралы қорытындылар алынды.

UDC 621.9.02=512.122. MAZDUBAY A.V., SHEROV K.T., MUSSAYEV M.M., CHERESHKA A. **State and Problems of Metal Workpieces Cutting at Machine Building Enterprise.**
In this paper there is carried out the analysis of the existing methods of cutting used at machine-building enterprises, the concrete examples of the methods and equipment of cutting use in the machine-building enterprises of the Republic of Kazakhstan. There is considered the method of thermal friction cutting as a promising technology of cutting. The mechanisms of the cutting process by thermal friction cutting is identified and described the shortcomings manifested in cutting with a smooth disc in case of the classical method of thermal friction cutting. There is given the description of the effect of cutting modes on the quality of segments. There are obtained conclusions of the main problems encountered in the course of thermal friction cutting.

УДК 622.807(043.3)=512.122. ЖОЛМАГАМБЕТОВ Н.Р., МЕДЕУБАЕВ Н.Ә., АКИМБЕКОВА Н.Н., ЖОЛМАГАМБЕТОВ С.Р., НАРОДХАН Д. **Причины оседания частиц пыли внутри воздуховода аспирационной системы.**

На сегодняшний день борьба с оседанием частиц пыли в воздуховодах аспирационной системы является одной из актуальных проблем. Причиной этому являются большая трата времени для очистки воздуховодов от оседшей пыли путем деления на части особо запыленных зон, для чего требуется полная остановка аспирационной системы; и опасность выполнения очистных работ в связи со смешанным расположением трубопроводов и производственных устройств. Учитывая необходимость полной остановки всех технологических процессов до конца очистных работ, становится очевидным, насколько негативно влияют данные работы на производительность промышленности. Наряду с этим очистные работы могут привести к быстрому износу системы и уменьшить эффективность работ пылеулавливаемых устройств.

ӘОЖ 622.807(043.3)=512.122. ЖОЛМАҒАМБЕТОВ Н.Р., МЕДЕУБАЕВ Н.Ә., ӘКІМБЕКОВА Н.Н., ЖОЛМАҒАМБЕТОВ С.Р., НАРОДХАН Д. **Шаңбөлшектерінің аспирациялық жүйе ауақұбырының ішіне отырып қалу себептері.**

Аспирациялық жүйе ауақұбыры ішіне отырып қалған шаңмен күресу, бүгінгі күні өзекті мәселелердің бірі. Себебі, ауақұбыры ішінде отырып қалған шаңды тазалау үшін аспирациялық жүйені толықтай тоқтатып, шаңбөлшектері отырып қалған аймақтарын бөлшектеп алу арқылы тазалау жұмыстарын жүргізу үшін, көп уақыт қажет және құбырлардың өндірістік құрылғылармен аралас орналасуына байланысты, мұндай жұмыстарды іске асыру қауіпті. Сондай-ақ, осы жұмыстар толығымен аяқталғанша барлық технологиялық процестер тоқтатылуы қажет екендігін ескерсек, өнеркәсіп өнімділігіне қаншалықты кері әсерін тигізетіндігі белгілі. Сонымен қатар, шаңұстау процесі кезінде шаңұстағыш құрылғылардың тиімді жұмыс істеуіне қиындық туғызып, жүйенің тез істен шығуына әкелуі мүмкін.

UDC 622.807(043.3)=512.122. ZHOLMAGAMBETOV N.R., MEDEUBAYEV N.A., AKIMBEKOVA N.N., ZHOLMAGAMBETOV S.R., NARODKHAN D. **Causes of Dust Particles Sedimentation in Aspiration System Air Duct.**

Today the fight agaist sedimentation of dust particles in the air ducts of the aspiration system is one of the topical problems. The cause of this is a large waste of time for cleaning the air ducts from the sediment dust by means of the division into parts of especially dusty zones that requires a full stop of the aspiration system; and the danger of performing the clearing works in connection with the mixed arrangement of pipelines and production devices. Considering the need of a full stop of all the technological processes until the end of clearing works it becomes obvious that these works negatively influence the productivity of industry. Alongside with it, clearing works can result in the fast wear of the system and reduce the efficiency of the dust-arresting devices work.

УДК 615.011.4. ВОРОБЬЕВ А.Е., ПОРТНОВ В.С., МАКАТ Д.К., САЙЛАУБЕК Н.Н., МУКАШЕВА Л.С. **Особенности физико-химических свойств наноминералов железа.**

Представлены основные особенности физико-химических свойств наноминералов железа, позволяющие осуществлять комплексную переработку его руд. Рассмотрено строение наночастиц железа. Описаны модификации макрокристаллического железа. Рассмотрены факторы, определяющие магнитные свойства наночастиц железа. Установлены различные наноструктуры железа при нормальной температуре. Обнаружен процесс реконструкции кристаллов железа на атомарном уровне. Предложено использование изменения температуры для управления формой наночастиц и оптимизации их последующих химических и магнитных свойств.

ӘОЖ 615.011.4. ВОРОБЬЕВ А.Е., ПОРТНОВ В.С., МАКАТ Д.К., САЙЛАУБЕК Н.Н., МУКАШЕВА Л.С. **Темір наноминералдарының физикалық және химиялық қасиеттерінің ерекшеліктері.**

Темірдің наноминералдарының физикалық және химиялық қасиеттерінің, оның рудасын қосарлы өндіруге мүмкіндік беретін ерекшеліктері келтірілген. Темір нанобөлшектерінің құрылысы қарастырылған. Макрокристалды темірдің модификациясының сипаттамасы берілген. Нанобөлшектердің магниттік қасиеттерін анықтайтын факторлары қарастырылған. Нормалы температура барысында әртүрлі темір наноструктуралары белгіленген. Темір кристалдарының қайта құрылу процесі атомдық деңгейде байқалған. Температураның өзгеруі нанобөлшектердің формасын басқаруға және оның келесі химиялық және магниттік қасиеттерін оптимизациялауға қолдануға болатыны ұсынылды.

UDC 615.011.4. VOROBYOV A.Ye., PORTNOV V.S., MAKAT D.K., SAYLAUBEK N.N., MUKASHEVA L.S. **Features of Physical and Chemical Properties of Iron Nanominerals.**

There presented the main features of physical and chemical properties of iron nanominerals permitting to carry out complex processing of its ores. The structure of iron nanoparticles is considered. There is given modification of the macro-crystalline iron. The factors are described which determine magnetic properties of nanoparticles. There are established different iron nanoparticles in the normal temperature. There is revealed the reconstruction process of iron crystals at the atomic level. There is proposed to use the temperature changing for controlling the shape of nanoparticles and optimize their following chemical and magnetic properties.

УДК 549.06+549.08+550.4. ЛАЗАРЕВА И.И. **Церий в монацитах как индикатор этапности формирования редкометалльных метасоматитов и их связи с магматическими комплексами (на примере Сущано-Пержанской зоны Украинского щита).**

Исследован микроэлементный состав единичных зерен монацита (n = 759) из главных минеральных типов метасоматитов Сущано-Пержанской зоны (Украинский щит). В результате выделено три геохимических типа минерала. Проведена оценка возраста методом «общего свинца» отдельно для каждого из типов монацита. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения отношения Ce/Ce и результатов датирования для выделения разновозрастных этапов формирования метасоматитов. Проведено геохимическое моделирование состава продуктов гидротермально-метасоматической деятельности системы гранитоидов докембрийского Коростенского плутона (КП). Отношение Ce/Ce* в монацитах, которые отнесены к главному («рудному») этапу формирования метасоматитов, хорошо согласуются с модельным составом этого минерала. Такая согласованность подтверждает гипотезу о генерации металлоносных флюидов, вызвавших формирование метасоматитов Сущано-Пержанской зоны, в процессе магматической эволюции КП.*

ӘОЖ 549.06+549.08+550.4. ЛАЗАРЕВА И.И. **Монациттердегі церий сирекметалл метасоматиттерінің қалыптасу кезеңдігінің және олардың магмалық кешендермен байланысының индикаторы ретінде (Украина қалқанының Сущано-Пержанск аймағы мысалында).**

Сущано-Пержанск аймағының (Украина қалқаны) метасоматиттерінің басты минералды типтерінен монациттің (n = 759) бірлі-жарым түйіршіктерінің микроэлементтік құрамы зерттелді. Нәтижесінде минералдың үш геохимиялық типі бөліп алынды. Монацит типтерінің әрқайсысы үшін жеке «жалпы қорғасын» әдісімен жасына бағалау жүргізілді. Алынған нәтижелер Ce/Ce қатынасын және метасоматиттердің қалыптасуының әртүрлі жастағы кезеңдерін бөліп алу үшін даталау нәтижелерін қолдану тиімділігі туралы куәландырады. Коростендік плутонның (КП) кембрийге дейінгі гранитоидтар жүйесінің гидротермальды-метасоматикалық қызметі өнімдерінің құрамына геохимиялық модельдеу жүргізілді. Метасоматиттердің қалыптасуының басты («кендік») кезеңіне жатқызылған монациттерде Ce/Ce* қатынасы осы минералдың модельдік құрамымен жақсы үйлеседі. Осындай үйлесімдік КП магмалық эволюциясы процесінде Сущано-Пержанск аймағының метасоматиттерінің қалыптасуына ықпал еткен металды флюидтердің өзгеруі туралы гипотезаны растайды.*

UDC 549.06+549.08+550.4. LAZAREVA I.I. **Cerium in Monazite as Indicator of Step-by-Step Forming of Rare-Metal Metasomatites and their Connections with Magma Complexes (on Example of Sushchano-Perga Area of the Ukrainian Shield).**

There is examined the micro-element composition of single grains of monazite (n = 759) of the main mineral types of metasomatites of the Sushchano-Perga area (Ukrainian Shield). As a results there are allocated three geochemical types of mineral. The age assessment by the method of «the general lead» separately for each of monazite types was carried out. The obtained results testify to the efficiency of using the ratio Ce/Ce and the results of dating for allocation the uneven-age stages of formation of metasomatite. Geochemical modeling of structure of products of hydro-thermal-metasomatic activity of the system of granitoids of the Precambrian Korostensky Pluton (KP) wass carried out. The Ce/Ce* ratio in monazites which are carried to the main («ore») stage of forming metasomatite will be well coordinated with the model structure of this mineral. Such coherence confirms the hypothesis of generation of metal-bearing fluids which caused the formation of metasomatites of the Sushchano-Perga area in the course of the KP magmatic evolution.*

УДК 666.9407, 691.54., 66.07, 631.4:574. БАЙДЖАНОВ Д.О., МАЛЫШЕВ О.А., ЩЕЛКУНОВ С.А., КРОПАЧЕВ П.А., ДИВАК Л.А. **Технология извлечения, концентрирования и последующего применения диоксида**

ӘОЖ 666.9407, 691.54., 66.07, 631.4:574. БАЙДЖАНОВ Д.О., МАЛЫШЕВ О.А., ЩЕЛКУНОВ С.А., КРОПАЧЕВ П.А., ДИВАК Л.А. **Цемент өндірісінен шығарылған газдардан алынған күкірт диоксидін алу, шоғыр-**

UDC 666.9407, 691.54., 66.07, 631.4:574. BAYDZHANOV D.O., MALYSHEV O.A., SCHELKUNOV S.A., KROPACHEV P.A., DIVAK L.A. **Technology of Extracting, Dressing and Following Using Sulfur Dioxide from Effluent Gases**

серы из отходящих газов цементного производства.

Рассматривается рентабельный инновационный способ очистки отходящих газов цементного производства. Предлагаемый способ позволяет улавливать до 99% диоксида серы. Данная технология позволяет получать концентрат с содержанием 99% диоксида серы и производить его последующую переработку путем полной нейтрализации с последующим производством гипса различного ассортимента. Применение полученного гипса в производстве цемента позволит снизить себестоимость цемента. При этом расширяется сфера его применения и частично компенсируются капитальные затраты на очистку отходящих газов. Технология очистки отходящих газов от диоксида серы позволяет в значительной степени расширить ассортимент и вид топлива для цементного производства с высоким содержанием серы. Кроме того, использование данного способа в производстве не причиняет ущерб экологии.

ландыру және одан әрі қолдану технологиясы.

Цемент өндірісінен шығарылған газдарды тазартудың рентабельді инновациялық тәсілі қарастырылады. Ұсынылған тәсіл күкірт диоксидін 99%-ға дейін тұтынуға мүмкіндік береді. Берілген технология күкірт диоксидінің 99% мөлшері бар концентрат алуға және толық бейтараптандыру арқылы одан әрі түрлі ассортименттегі гипс өндірісімен қатар оған кейіннен қайта өңдеу жүргізуге мүмкіндік береді. Алынған гипсті цемент өндірісінде қолдану цементтің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Осыған орай оны қолдану саласы кеңейеді және шығарылатын газды тазартудың күрделі шығындарының орны жартылай толтырылады. Шығарылатын газды күкірт диоксидінен тазарту технологиясы айтарлықтай дәрежеде күкірт мөлшері жоғары цемент өндірісі үшін отын ассортименті мен түрін кеңейтуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар осы тәсілді өндірісте пайдалану экологияға залал келтірмейді.

of Cement Production.

There is considered the profitable innovative way of purifying effluent gases of cement production. The proposed way permits to catch to 99% of sulfur dioxide. This technology permits to obtain the concentrate with the content up to 99% of sulfur dioxide and to make its subsequent processing by full neutralization with the subsequent production of plaster of various range. The use of the obtained plaster in production of cement will permit to reduce the prime cost of cement. At this the sphere of its application extends and the capital expenditure for purification of effluent gases is partially compensated. The technology of purification of effluent gases of sulfur dioxide permits to expand substantially the range and the type of fuel for cement production with a high content of sulfur. Besides, the use of this way in production doesn't cause damage of ecology.

УДК 613.62. КУДРЯВЦЕВ С.С., ЕМЕЛИН П.В., КУДРЯВЦЕВА Е.С., ЕМЕЛИНА Н.К. **Анализ причин производственного травматизма на шахтах Карагандинского угольного бассейна.**

В Республике Казахстан на долю горнодобывающей промышленности приходится от 30 до 50% всех зарегистрированных пострадавших в результате несчастного случая работников. Проведённый ретроспективный анализ статистических данных за последние 10 лет позволил сгруппировать несчастные случаи по причинам, количеству происшествий и пострадавших. Анализ показал, что наиболее распространённой причиной производственного травматизма является воздействие движущихся и вращающихся деталей производственного оборудования, связанное как с его техническим несовершенством, так и уровнем производственной культуры работников. Второй из основных причин несчастных случаев на шахтах является обрушение или вывалы кусков и глыб угля и вмещающих пород. Менее распространёнными причинами несчастных случаев на шахтах являются падение пострадавшего с высоты и падение предметов на пострадавших. Наименее распространёнными причинами несчастных случаев на шахтах являются воздействие транспорта, внезапный выброс угля и газа и взрыв метана. Несмотря на то, что в общей структуре причин производственного травматизма последние два из вышеприведённых факторов наименее распространены, их действие, как правило, носит катастрофический характер, в результате чего подвергается опасности и гибнет значительное количество работников, обеспечивая тем самым статистику так называемых «групповых несчастных случаев».

ӘОЖ 613.62. КУДРЯВЦЕВ С.С., ЕМЕЛИН П.В., КУДРЯВЦЕВА Е.С., ЕМЕЛИНА Н.К. **Қарағанды көмір бассейні шахталарында өндірістік жарақаттану себептерін талдау.**

Қазақстан Республикасында кен өндіру өнеркәсібінің үлесіне жұмыскерлердің сәтсіз оқиғалары нәтижесінде барлық тіркелген зардап шегушілердің 30-дан бастап 50%-ға дейін тиеседі. Соңғы 10 жыл ішінде жүргізілген ретроспективті талдау сәтсіз жағдайларды болған оқиғаның себептері және зардап шекқендердің саны бойынша топтастыруға мүмкіндік берді. Талдау өндірістік жарақаттың анағұрлым кең таралған себебі, оның техникалық жетілмегендігіне, сондай-ақ, жұмыскерлердің өндірістік мәдени деңгейіне байланысты өндірістік жабдықтың қозғалыстағы және айналыстағы тетіктерінің әсері болып табылатынын көрсетті. Шахталарда сәтсіз жағдайлардың екіншісі көмір мен сыйыстырушы тау жыныстары кесектері мен үйінділерінің опырылуы немесе қопарылуы болып табылады. Шахталарда сәтсіз оқиғалардың онша таралмаған себептері зардап шегушінің биіктіктен құлауы және заттардың зардап шегушіге құлауы болып табылады. Шахталарда сәтсіз оқиғалардың ең аз таралған себептері көліктің әсер етуі, көмір мен газдың кенеттен атқылауы және метанның жарылуы болып табылады. Өндірістік жарақаттылық себептерінің жалпы құрылымында жоғарыда келтірілген факторлардың соңғы екеуі ең аз таралған, олардың әрекеті, ережеге сай, апаттық сипат алады, соның нәтижесінде қызметкерлердің айтарлықтай санына қауіп-қатер төнеді және қайтыс болады, осы арқылы «топтасқан сәтсіз оқиғалар» деп аталатын статистиканы қамтамасыз етеді.

UDC 613.62. KUDRYAVTSEV S.S., YEMELIN P.V., KUDRYAVTSEVA Ye.S., YEMELINA N.K. **Analysis of Industrial Accidents Causes at Mines of Karaganda Coal Basin.**

There are registered from 30 to 50% of workers' injuries with accidents in mining industry of the Republic of Kazakhstan. The carried-out retrospective analysis of statistical data over the last 10 years permitted to group the accidents by the causes, the number of accidents and victims. The analysis showed that the influence of the moving and rotating details of the production equipment connected both with its technical imperfection and the level of production the workers' culture is the most widespread cause of operational injuries. One more main cause of accidents in mines is caving or inrushes of pieces and blocks of coal and enclosing rocks. Less common causes of accidents in mines are falling of victims from heights and falling of objects on victims. The influence of transport, sudden emission of coal and gas and methane explosion are the least common causes of accidents in mines. In spite of the fact that the last two of the above-stated factors are least widespread in the general structure of causes of operational injuries, their action, as a rule, has a catastrophic character therefore significant amount of workers are exposed to danger and perishes, providing thereby the statistics of so-called «group accidents».

УДК 624.131.7. ОРАЗАЛЫ Е.Е., ТОКАНОВ Д.Т., МУХАМЕДЖАНОВА А.Т. **Особенности устройства оснований и фундаментов на засоленных грунтах.**

Развитие экономики Казахстана тесно связано с массовым строительством и реконструкцией объектов на территориях, сложенных грунтами различного типа. Застройка этих территорий сопровождается подтоплением. В условиях подтопления засоленные грунты в основании подвергаются изменениям, характеризуются структурной и суффозионной неустойчивостью, коррозионной активностью и другими малоизученными процессами, которые определяют надежность и долговечность зданий и сооружений, возведенных на этих грунтах. В данной работе изложены научно обоснованные конструктивно-технологические решения проектирования и строитель-

ӘОЖ 624.131.7. ОРАЗАЛЫ Е.Е., ТОҚАНОВ Д.Т., МҰХАМЕДЖАНОВА А.Т. **Тұзды топырақта табан мен іргетастарын орналастыру ерекшеліктері.**

Қазақстан экономикасының дамуы әртүрлі типтегі үйілген топырақтар аймақтарындағы объектілерді қайта құрумен және жаппай құрылыспен байланысты. Осы аймақтар құрылысы судың деңгейінің көтерілуімен қатар жүреді. Судың деңгейінің көтерілуі жағдайындағы табанның тұзды топырағы өзгерістерге ұшырайды, құрылымдық және суффозиондық тұрақсыздығымен, таттану белсенділігімен және де басқа аз зерттелген процестермен сипатталады, олар осы топырақтан тұрғызылған ғимараттар мен үймереттердің сенімділігін және беріктігін анықтайды. Осы жұмыста тұзды топырақтарда жобалау мен құрылыстың ғылыми негізделген конструктивті-техно-

UDC 624.131.7. ORAZALY E.E., TOKANOV D.T., MUKHAMETZHANOVA A.T. **Features of Bases and Foundations Arrangement on Saline Soils.**

The development of economy in Kazakhstan is closely connected with the mass construction and reconstruction of objects in the territories put by soil of various type. Building in these territories is followed by flooding. In the conditions of flooding the saline soil in the base is exposed to changes, is characterized by structural and suffusion instability, corrosion activity and other low-studied processes which define reliability and durability of the buildings and constructions built on this soil. In this work there is presented the evidence-based constructive and technological solutions of design and construction on the saline soil. They will permit to provide the quality of construction of build-

ства на засоленных грунтах. Они позволят обеспечить качество строительства зданий и сооружений на засоленных грунтах. Если учесть, что в Казахстане засоленные грунты занимают обширные территории, подверженные интенсивному техногенному воздействию, разработка и внедрение подобного подхода приобретает актуальное значение.

логиялық шешімдері баяндалған. Олар тұзды топырақты жердегі ғимараттар мен үймереттер құрылысының сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Егерде, Қазақстандағы қарқынды техногенді әсерге бейім тұзды топырақтар ауқымды аймақтарды алып жатқанын ескерсек, осындай тәсілді әзірлеу мен енгізу өзекті мәнге ие болады.

ings and structures on the saline soil. If to take into consideration that in Kazakhstan the saline soil occupies extensive territories subject to intensive anthropogenic influence, the development and deployment of such an approach gets relevance.

УДК 624.011.1. НЭМЕН В.Н., ПАСТУХОВ А.В., ГРОЗНОВ В.В., СИМ А.О., КУРОХТИНА И.А., ТОЛЕНОВ А.К. **Экспериментальное исследование балок из плит OSB и MFP при действии статических нагрузок.**

Экономически эффективные и экологически чистые плиты OSB и MFP получили широкое применение в строительстве. Однако использование их в составе тяжело нагруженных конструкций является инновационным моментом. В статье рассмотрен вопрос о применимости балок, выполненных из плит OSB и MFP, для перекрытий зданий. Серия опытных балок была испытана на действие статических нагрузок. Проведенные исследования показали, что балки, выполненные из плит OSB-3 и MFP-5, могут служить несущими конструкциями междуэтажных перекрытий жилых домов и даже офисов. Они могут использоваться и для устройства опалубок, и в качестве стоек малоэтажных каркасных зданий. При этом являются водостойкими конструкциями.

ӘОЖ 624.011.1. НЭМЕН В.Н., ПАСТУХОВ А.В., ГРОЗНОВ В.В., СИМ А.О., КУРОХТИНА И.А., ТӨЛЕНОВ А.К. **Статикалық жүктемелер әрекетінің кезінде OSB және MFP тақталарынан жасалған бөренелерді эксперименттік зерттеу.**

Экономикалық тұрғыдан тиімді және экологиялық таза OSB және MFP тақталары құрылыста кең қолданысқа ие. Бірақта, оларды ауыр жүктелген конструкциялар құрамында пайдалану инновациялық кезең болып табылады. Мақалада OSB және MFP тақталарынан жасалған бөренелерді ғимараттың үстіңгі жабынын жабу үшін қолдану мәселесі қарастырылған. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, OSB-3 және MFP-5 тақталарынан әзірленген бөренелер тұрғын үйлердің, тіпті офистердің этаж арасындағы жабындыларының салмақ түсетін конструкциялар ретінде қызмет көрсете алады. Олар ағаштан жасалған қалып құрылғысы үшін және де аз қабатты каркас ғимараттардың тіреуі ретінде де қолданылуы мүмкін. Сонымен бірге, суға төзімді конструкция болып табылады.

UDC 624.011.1. NEMEN V.N., PASTUKHOV A.V., GROZNOV V.V., SIM A.O., KUROKHTINA I.A., TOLENOV A.K. **Experimental Study of Beams Made of OSB and MFP Plates under Static Loading Action.**

Economically effective and environmentally friendly OSB and MFP plates are now widely used in construction. However their use in the structure of heavily loaded designs is an innovative moment. In the article the matter of applicability of the beams made of OSB and MFP plates for the buildings floor slab panels is considered. A series of experimental beams were tested for the action of static loadings. The carries out studies showed that the beams made of OSB-3 and MFP-5 plates can serve as the bearing designs of interfloor slab panels of houses and even offices. They can be also used for the arrangement of timbering, and as racks of low frame buildings. At this they are waterproof designs.

УДК 666.342.666.9.015. ШАЙКЕЖАН А., КАЛМАГАМБЕТОВА А.Ш., ИКИШЕВА А., ИМАНОВ Е.К. **К расчету вращающейся печи при обжиге безглинистого цементного сырья.**

Статья посвящена задачам, связанным с работой цементообжигательной печи с целью внесения ясности в комплекс вопросов, возникающих при синтезе портландцемента из высококальциевых силикатов. Расчеты выполнены исходя из производственных и опытных данных работы вращающейся печи №1 с мокрой подготовкой сырья Карагандинского АО «Central Asia Cement». Технология портландцемента на основе новых сырьевых смесей требует улучшения ситуации в границах участка цепной зоны вращающейся печи. При навеске цепей со свободными концами формулу скорости движения материала в области влажного материала для безглинистой шихты следует вводить соответствующий опытный коэффициент. Установленные ранее данные физико-химических превращений высокореакционных кальциевых силикатов являлись основанием для зонального теплового расчета. Представленные вычисления тепловых балансов зон позволяют определить температуру газового потока на границах этих зон. Результаты расчетов будут использованы для проведения опытно-промышленных испытаний новой технологии.

ӘОЖ 666.342.666.9.015. ШАЙКЕЖАН А., КАЛМАГАМБЕТОВА А.Ш., ИКИШЕВА А., ИМАНОВ Е.К. **Сазсыз цемент шикізатын күйдіру кезіндегі айналмалы пеш есебіне.**

Жоғары кальций силикаттарының портландцементін синтездеу кезінде туындайтын мәселелер кешеніне анықтық енгізу мақсатында цементті күйдіру пешінің жұмыстарымен байланысты міндеттерге арналған. Есептеу №1 айналатын пеш жұмысының өндірістік және тәжірибелік мәліметтерінен шыға отырып Қарағанды «Central Asia Cement» АҚ шикізатты ылғалды дайындаумен орындалған. Жаңа шикізат қоспалары негізіндегі портландцемент технологиясы айналмалы пеш тізбекті зонасы аймағы шекарасындағы жағдайларды жақсартуды талап етеді. Бос шеттері бар тізбектер ілмегі кезінде ылғал материал аумағындағы материалдың қозғалыс жылдамдығы формуласын сазсыз шихта үшін сәйкес тәжірибелі коэффициентті енгізу керек. Жоғары реакциялық силикаттардың ертеректе белгіленген физика-химиялық мәліметтері аймақтық жылу есебі үшін табан болып табылады. Зона жылу баланстарының ұсынылған есептеулері осы зона шекараларындағы газ ағымдары температурасын анықтауға мүмкіндік береді.

UDC 666.342.666.9.015. SHAYKEZHAN A., KALMAGAMBETOVA A.Sh., IKISHEVA A., IMANOV E.K. **Designing Rotating Furnace when Calcinating Clay-Free Cement Raw Materials.**

The article deals with the tasks connected with operation of the cement-calcinating furnace for the purpose of clarifying a complex of questions arising in the synthesis of Portland cement from high-calcic silicates. The calculations are executed proceeding from the production and experimantal data of operation of rotating furnace No. 1 with wet preparation of raw materials of the Karaganda Central Asia Cement JSC. The technology of Portland cement on the basis of new raw mixes requires the improvement of the situation within the boundaries of the chain zone of the rotating furnace. When hinging chains with free ends the formula of speed of the material movement in the field of damp material for clay-free furnace charge is to be entered in the corresponding experimantal coefficient. The data of physical and chemical transformations of high-reactionary calcic silicates established earlier were the basis for the zone thermal calculation. The presented calculations of thermal balances of zones permit to determine the temperature of the gas stream on the boundaries of these zones. The results of calculations will be used for carrying out trial tests of the new technology.

УДК 625.179. АКАШЕВ А.З., ДАНИЯРОВ Н.А., КЕЛИСБЕКОВ А.К. **О методах диагностики оборудования тягового подвижного состава.**

В статье рассматриваются методы диагностирования оборудования тягового подвижного состава. Вначале дается общая характеристика видов работ по техническому обслуживанию локомотивов на предприятии ТЧР-14. Проведен анализ предприятий ТЧР-14, ТЧЭ-14 и ЛСЦ-5. По методике профессора Г.И. Солода разработаны классификационные признаки и систематизирована структура технологического процесса технического обслуживания и ремонта ТПС. Представлена структура ремонта грузового тягового подвижного состава в условиях Карагандинского отделения дороги. Рассмотрена структурная схема классификации методов диагно-

ӘОЖ 625.179. АКАШЕВ А.З., ДАНИЯРОВ Н.А., КЕЛИСБЕКОВ А.К. **Тартымдық жылжымалы қозғалыс құрал-жабдықтарына диагностика жасау әдістері туралы.**

Мақалада тартымдық жылжымалы құрамының құрал-жабдықтарына диагностика жасау әдістері қарастырылды. Алдымен ТЧР-14 кәсіпорнындағы локомотивтерге техникалық қызмет көрсету бойынша жұмыс түрлерінің жалпы сипаттамасы беріледі. ТЧР-14, ТЧЭ-14 және ЛСЦ-5 кәсіпорындарына талдау жүргізілді. Профессор Г.И. Солоданың әдістемесі бойынша ТПС жөндеу және техникалық қызмет көрсету технологиялық процесінің құрылымы жүйеге келтіріліп, классификациялық белгілер әзірленді. Қарағанды жол бөлімі жағдайында жүктік тартымдық жылжымалы құрамын жөндеудің құрылымы ұсынылды. Қарағанды локомотив жөндеу депо кәсіпор-

UDC 625.179. AKASHEV A.Z., DANIYAROV N.A., KELISBEKOV A.K. **Methods of Diagnosing of Traction Rolling Stock Equipment.**

In the article there are considered the methods of diagnosing the equipment of the traction rolling stock. In the beginning there are given the general characteristic of types of works for maintaining locomotives at TChR-14 enterprise. The analysis of TChR-14, TChE-14 and LSTs-5 enterprises is carried out. By the technique of professor G. I. Solod classification signs are developed and the structure of technological process of maintenance and repair of TRS is systematized. The structure of repairing the cargo traction rolling stock in the conditions of the Karaganda division of the road is presented. The block diagram of classification of methods of diagnosing is considered. There is proposed the type of technical service of locomotives at

стирования. Предложен вид технического обслуживания локомотивов на предприятии Карагандинского локомотиворемонтного депо.

нындағы локомотивтерге техникалық қызмет көрсетудің түрі ұсынылды.

the enterprise of the Karaganda locomotive repair depot.

УДК 621.3:004.38(574). ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Разработка структуры базы данных автоматизированной системы расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт.**

Рассмотрен порядок выполнения и утверждения расчета электроснабжения добычного участка шахты. Выявлены причины, приводящие к аварийным ситуациям на шахтах. Формализованы списки базы знаний автоматизированной системы расчета (АС РЭС) электроснабжения добычных участков угольных шахт. Предложена структура подсистемы хранения данных отдела главного энергетика шахты. Определены критерии построения информационной модели АС РЭС. Проанализированы информационные потоки подсистемы хранения данных АС РЭС. Разработана структура базы данных АС РЭС добычных участков угольных шахт.

ӘОЖ 621.3:004.38(574). ПАРШИНА Г.И., ФЕШИН Б.Н. **Көмір шахталарындағы өндіру аймақтарын электрмен жабдықтау есебінің автоматтандырылған жүйесінің мәліметтер базасының құрылымын әзірлеу.**

Шахтаның өндіру аймағын электрмен жабдықтау есебін бекіту және орындау тәртібі қарастырылған. Шахтадағы апаттық жағдайлардың себептері анықталды. Көмір шахталарының өндіру аймағын электрмен жабдықтау (ЭЖЕ АЖ) есебінің автоматтандырылған жүйесіндегі білім базасының тізімі нысандандырылды. Шахтаның бас энергетика бөлімінде мәліметтерді сақтаудың ішкі жүйесінің құрылымы ұсынылды. ЭЖЕ АЖ ақпараттық моделін құрудың критерилері анықталды. ЭЖЕ АЖ мәліметтерді сақтаудың ішкі жүйесінің ақпараттық ағымдары талданды. Көмір шахталарының өндіру аймақтарындағы ЭЖЕ АЖ мәліметтер базасының құрылымы әзірленді.

UDC 621.3:004.38(574). PARSHINA G.I., FESHIN B.N. **Developing Database Structure of Automated System of Calculating Electric Power Supply for Production Units of Coal Mines.**

There is considered the order of performance and adoption of calculation of power supply of a mining production unit. There are revealed the causes leading to the emergency situations in mines. Lists of the knowledge base of the automated system of calculation (RES AS) of power supply of mining production units in coal mines are formalized. The structure of the subsystem of data storage of the department of the chief power engineering specialist of mine is proposed. The criteria of developing the RES AS information model are defined. Information streams of the subsystem of the RES AS data storage are analyzed. The structure of the RES AS database of mining production units of coal mines is developed.

УДК 697.97. ПЯСТОЛОВА И.А., ТЛЕУОВ А.Х., ТЛЕУОВА А.А. **Эффективность плоского коллектора солнечной энергии в условиях Республики Казахстан.**

В данной работе рассматриваются вопросы эффективного использования плоских коллекторов солнечной энергии в системах солнечного теплоснабжения применительно к условиям Республики Казахстан. Обоснованы основные технические характеристики коллекторов в зависимости от уровня солнечной радиации региона. Параметры коллектора определяются его конструктивными особенностями. Можно определить основные конструктивные параметры плоского коллектора солнечной энергии (КСЭ). При обосновании необходимых параметров КСЭ также необходимо воспользоваться данными о распределении среднемесячных температур наружного воздуха по регионам Республики Казахстан. Эффективная работа коллектора солнечной энергии и всей системы в целом зависит от параметров самого коллектора, поступающего солнечного излучения и разности температур теплоносителя на входе в коллектор и наружного воздуха.

ӘОЖ 697.97. ПЯСТОЛОВА И.А., ТЛЕУОВ А.Х., ТЛЕУОВ А.А. **Қазақстан Республикасы жағдайында күн энергиясы жазық коллекторының тиімділігі.**

Бұл жұмыста Қазақстан Республикасының жағдайына сәйкес күннің жылумен қамтамасыз ету жүйесінде күн энергиясының жазық коллекторларын тиімді пайдалану мәселелері қарастырылады. Өңірдегі күн радиациясының деңгейіне байланысты коллекторлардың негізгі техникалық сипаттамалары негізделген. Коллектордың параметрлері оның конструкциялық ерекшеліктері бойынша анықталады. Күн энергиясының жазық коллекторының (КЭК) негізгі конструкциялық параметрлерін анықтауға болады. КЭК қажетті параметрлерін негіздеу барысында Қазақстан Республикасының өңірлері бойынша сыртқы ауаның орташа айлық температурасының таралуы туралы мәліметтерді пайдалану қажет. Күн энергия коллекторының және тұтастай барлық жүйенің жұмысы коллектордың өзінің параметрлеріне, түсетін күн сәулесіне және сыртқы ауа мен коллектор кірісіндегі жылу тасымалдағыш температурасының айырымына байланысты.

UDC 697.97. PYASTOLOVA I.A., TLEUOV A.Kh., TLEUOVA A.A. **Efficiency of Flat Collector of Solar Energy in the Republic Of Kazakhstan.**

In this work there are considered the matters of the efficient use of flat collectors of solar energy in systems of solar heat supply in relation to the conditions of the Republic of Kazakhstan. The main technical characteristics of collectors depending on the level of solar radiation of the region are proved. The parameters of the collector are defined by its design features. It is possible to determine the key design data of the flat collector of solar energy (CSE). When justifying the CSE needed parameters it is also necessary to use the data of the distribution of average monthly temperatures of external air in the regions of the Republic of Kazakhstan. The efficient work of the collector of solar energy and all the system depends in general on the parameters of the collector, the arriving sunlight and difference of temperatures of the heat carrier on an entrance to the collector and external air.

УДК 621.31. БРЕЙДО И.В., КАВЕРИН В.В. **Экспериментальные исследования статических характеристик резонансного трансформатора.**

Актуальность работы обусловлена повышением надёжности и снижением потерь преобразователя электрической энергии, выполненного на базе резонансного трансформатора. Целью работы являются экспериментальные исследования энергетических характеристик резонансного трансформатора с заданными геометрическими размерами и импульсным возбуждением. В процессе экспериментальных исследований выявлены шесть параметров резонансного трансформатора, оказывающих существенное влияние на его энергетические характеристики. Экстремально получены зависимости интегрального значения мощности возбуждения резонансного трансформатора, мощности, отдаваемой в нагрузку, и коэффициента передачи мощности в функции активного сопротивления нагрузки, длительности импульса и частоты следования импульсов возбуждения, а также геометрического расположения индуктора на индуктивном резонаторе. Определена линейная скорость движения фронта волны электромагнитного поля вдоль оси индуктивного резонатора на частоте полностью волнового резонанса.

ӘОЖ 621.31. БРЕЙДО И.В., КАВЕРИН В.В. **Резонанс трансформаторының статикалық сипаттамаларын эксперименттік зерттеу.**

Жұмыстың өзектілігі резонанс трансформаторы негізінде орындалған электр қуаты түрлендіргіші шығынының төмендеуімен және сенімділігінің артуымен шартталған. Жұмыс мақсаты берілген геометриялық өлшемдермен және импульсті қозуы бар резонансты трансформатордың энергетикалық сипаттамаларын эксперименттік зерттеу болып табылады. Эксперименттік зерттеулер процесінде резонансты трансформатордың энергетикалық сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететін алты параметр анықталды. Резонанстық трансформатордың қозу қуатының, жүкке берілетін қуаттың интегралдық мәнінің және қуатты жүктің белсенді кедергі функциясына беру коэффициентінің, импульс ұзақтығының және қозу импульстарының жүру жүйелілігінің, сондай-ақ, индуктордың индукциялық резонаторда геометриялық орналасуы тәуелділіктері экстремалды түрде алынды. Толығымен толқынды резонанс жиілігіндегі индуктивті резонатордың осін бойлаған электрмагнитті өріс толқыны бағытындағы қозғалыстың сызықтық жылдамдығы анықталды.

UDC 621.31. BREYDO I.V., KAVERIN V.V. **Experimental Studies of Static Characteristics of Resonant Transformer.**

The relevance of the work is caused by increasing reliability and decreasing losses of the converter of electric energy executed on the basis of the resonant transformer. The aims of the work are pilot studies of power characteristics of the resonant transformer with the set geometrical dimensions and pulse excitement. In the course of pilot studies six parameters of the resonant transformer having essential impact on its power characteristics are revealed. Dependences of integrated value of power of excitement of the resonant transformer, the power given to loading and coefficient of transferring power as the active resistance of loading, the duration of an impulse and frequency of impulses of excitement, as well as the geometrical arrangement of the inductor on the inductive resonator are extremely obtained. The linear speed of the movement of the wave front of the electromagnetic field along the axis of the inductive resonator at frequency of completely wave resonance is determined.

Информационное сообщение

Республиканский научно-технический журнал «Университет еңбектері – Труды университета» Карагандинского государственного технического университета входит в перечень изданий, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК для публикации основных результатов диссертаций.

Результаты реформы высшей школы и системы научной аттестации в Республике Казахстан, основанные на трехуровневой системе образования, в соответствии с принципами организации Болонского процесса: академической мобильностью, международным обменом, двудипломным образованием, множественностью траекторий обучения бакалавров, магистров и PhD-докторантов, развитием системы дистанционного образования, положительно влияют на все сферы жизни университета, в том числе и на содержание статей в журнале.

Проблемы высшей школы в рамках Болонского процесса, инновационное развитие профессионального образования на базе специализированных программно-аппаратных комплексов и телекоммуникационных средств, с последующим созданием систем дистанционного образования, не ограниченных в географических границах, стали платформой, объединяющей ученых и преподавателей высших учебных заведений Республики Казахстан, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Примерами являются международные контакты ученых, преподавателей, студентов, магистрантов и докторантов с коллегами из России, Германии, Чехии, Японии, Китая и других стран, участие КарГТУ в международных программах «Синергия», «ТЕМПУС», УШОС.

Практический опыт получения двудипломного образования в магистратуре КарГТУ и институте МЭИ-Festo (по специальности «Автоматизация и управление») получен в процессе реализации программы «Синергия». В Национальном исследовательском университете «МЭИ» и Уральском федеральном университете им. первого Президента РФ Ельцина Б.Н. прошло семестровое обучение магистрантов кафедры АПП университета по программе УШОС.

Известные в Республике Казахстан, в СНГ и дальнем зарубежье ученые университета приступили к подготовке PhD-докторантов:

в области геотехнологий и безопасности жизнедеятельности: академик НАН РК Газалиев А.М, профессора Дрижд Н.А., Портнов В.С., Низаметдинов Ф.К., Исабек Т.К., Ибраев М.К., Серых В.И.;

в области металлургии и машиностроения: профессора Исагулов А.З., Жетесова Г.С., Глотов Б.Н., Николаев Ю.А.;

в области строительства, транспорта и экономики: профессора Байджанов Д.О., Бакиров Ж.Б., Малыбаев С.К., Кадыров А.С., Ахметжанов Б.А., Стеблякова Л.П.;

в области автоматизации и электроэнергетики: профессора Брейдо И.В., Фешин Б.Н.;

в области проблем высшей школы: профессора Егоров В.В., Пак Ю.Н.

Своими научными достижениями и публикациями, культурой и инновационной направленностью статей, публикуемых в журнале на момент его становления и в настоящее время, ученые университета помогли журналу приобрести новое качество.

АО «Национальный центр научно-технической информации» определил импакт-фактор научного журнала «Университет еңбектері – Труды университета» за 2010 г., который по казахстанской базе цитирования составил величину, равную 0,092. Для дальнейшего повышения рейтинга журнала выпускается англоязычная версия, доступная широкому кругу ученых в электронном, а в последующем и твердом вариантах.

В настоящее время не формально, а фактически существует триединая форма языка представляемых статей на казахском, русском или английском языках.

Основная тематическая направленность журнала определена в публикации материалов по следующим разделам:

1. Проблемы высшей школы.
2. Машиностроение. Металлургия.
3. Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности.
4. Строительство. Транспорт.
5. Автоматика. Энергетика. Информатика. Управление.
6. Экономика.
7. Научные сообщения.

Собственник журнала: Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ) Министерства образования и науки Республики Казахстан» (г. Караганда).

Территория распространения журнала: Республика Казахстан, страны СНГ.

Почтовый адрес КарГТУ: 100027 г. Караганда, Бульвар Мира, 56.

Факс: (8-7212)-56-03-28.

Журнал выходит 4 раза в год – ежеквартально.

Адрес редакционно-издательского отдела (РИО):

100027, Караганда, Бульвар Мира, 56, IV корп., ауд. 208

E-mail: rio_kstu@mail.ru

Тел.: 8-7212-56-75-94 + 1057

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакцию в двух экземплярах, указывается индекс УДК, приводится аннотация на русском, казахском и английском языках. Статья, распечатанная в 2 (двух) экземплярах, дополняется резюме содержащим не менее 7 предложений, ключевыми словами – не более 15 слов (но не словосочетаний), сведениями об авторах. Распечатанные статьи не возвращаются. Все файлы записываются на CD-диск, прикладывается квитанция об оплате за статью (можно оплачивать сразу несколько статей) в банке ЦентрКредит, на счет КарГТУ, указанный ниже. Полный комплект сдаётся в Редакционно-издательский отдел КарГТУ (IV корп., ауд. 208). Объем статьи не должен быть менее 6-ти и не более 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через один интервал, с одной стороны бумаги форматом А4, поля со всех сторон по 2 см, страницы нумеруются. Текст необходимо набирать в редакторе Word 2003, 2007 шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегль) – 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 последующем изложении.

Рекомендуется компьютерная графика. Рисунки могут иметь расширения, совместимые с Word 97, Word 2003, Word 2007, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP. Для рисунков должен применяться шрифт Arial. Размер шрифта (кегль) 14. Рисунки должны быть хорошего качества. Для таблиц рекомендуется шрифт Times New Roman, размер шрифта (кегль) 14.

Формулы должны быть набраны в формуляторе MathType или Equation. В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Список литературы (только органически связанной со статьей, не более 7) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. Авторские свидетельства в списке литературы оформляются следующим образом: номер а.с., название, год и № «Бюллетеня изобретений».

В конце статьи следует указывать название организации, где выполнена работа, контактный телефон, факс и адрес электронной почты.

Статья должна быть подписана всеми авторами с указанием ученой степени, служебного и домашнего адресов и телефонов. Публикация неверно оформленных статей задерживается.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора. В исключительных случаях, по решению редакционного совета, может быть опубликовано более одной статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать экспериментальными данными или результатами 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 текстов, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

Статья направляется на рецензию одному из членов редакционного совета журнала и при положительном результате будет опубликована в порядке очереди (обычно в ближайшем или следующем номере журнала).

Для публикации статьи необходимо произвести оплату в сумме 1800 тг. с получением одного экземпляра в руки. Если количество авторов в одной статье 2 и более человек, то оплата за публикацию производится не менее двух экземпляров номера. По электронной почте статьи не принимаются.

Адрес редакционно-издательского отдела (РИО):
100027, Караганда, Бульвар Мира, 56, IV корп., ауд. 208
E-mail: rio_kstu@mail.ru
Тел.: 8-7212-56-75-94 + 1057

Республиканское государственное предприятие на правах хозяйственного ведения «Карагандинский государственный технический университет» Министерства образования и науки Республики Казахстан
100027, Караганда, Бульвар Мира, 56
Тел.: 8-7212 (56-51-92), (56-88-95)
ИИК KZ638560000000147366
АО Банк ЦентрКредит
БИК KCJBKZKX
КБЕ 16
БИН 000240004524
Ректор РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет» МОН РК,
академик НАН РК Газалиев Арстан Мауленович

республикалық ❖ журнал ❖ республиканский

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ ❖ ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

2015. № 4. 99 с.

№ 15375–ж тіркеу куәлігін 2015 жылдың 27 мамырда Қазақстан Республикасының Инвестициялар және даму министрлігінің жанындағы Байланыс, ақпараттандыру және ақпарат комитеті берген

Регистрационное свидетельство № 15375–ж от 27 мая 2015 года выдано Комитетом связи, информатизации и информации при Министерстве по инвестициям и развитию Республики Казахстан

Әдеби редакторлар – Литературные редакторы
Р.С. Искакова, Б.А. Асылбекова

Аудармашылар – Переводчики
Г.Г. Нурсейтова, Н.М. Драк

Компьютерлік ажарлау және беттеу – Компьютерный дизайн и верстка
Магаз Утебаев, Мереке Утебаев, У.Е. Алтайбаева

Жарыққа шыққан күні	25.11.2015	Дата выхода в свет
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	12,5	Объем, п.л.
Таралымы	500	Тираж
Тапсырыс	317	Заказ
Индексі	74379	Индекс

E-mail редакции: rio_kstu@mail.ru
Отпечатано в типографии Карагандинского государственного технического университета
Адрес типографии и редакции: 100027, г. Караганда, б. Мира, 56.