



Қазақстан Республикасы
Ұлттық инженерлік академиясының

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Национальной инженерной академии
Республики Казахстан

№ 1 (55)

Алматы
2015

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ РК**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик Б. Т. ЖУМАГУЛОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н. К. Надиров – академик, заместитель главного редактора; **Ж. Т. Багашарова** – ответственный секретарь; академик **Ж. М. Адиллов**, академик **А. Ч. Джомартов**, академик **Р. А. Алшанов**, академик **М. Ж. Битимбаев**, академик **М. М. Бекмагамбетов**, академик **А. В. Болотов**, академик **А. И. Васильев** (Украина), академик **Б. В. Гусев** (Россия), академик **Г. Ж. Жолтаев**, академик **П. Г. Никитенко** (Белоруссия), академик **К. К. Кадыржанов**, академик **А. Х. Катаев** (Республика Таджикистан), академик **К. С. Кулажанов**, академик **А. А. Кулибаев**, академик **А. М. Пашаев** (Азербайджан), академик **Х. Милошевич** (Сербия), академик **М. М. Мырзахметов**, академик **А. Ш. Татыгулов**, академик **А. К. Тулешов**, академик **Ю. И. Шокин** (Россия).

**INTERNATIONAL
SCIENTIFICALLY-TECHNICAL JOURNAL
HERALD TO NATIONAL ENGINEERING ACADEMY
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

B. T. ZHUMAGULOV
Editor-in-Chief, academician

THE EDITORIAL BOARD:

N. K. Nadirov – academician, Deputy Editor; **Zh. T. Bagasharova** – Managing Editor; **Zh. M. Adilov**, academician; **A. Ch. Dzhomartov**, academician; **R. A. Alshanov**, academician; **M. Zh. Bitimbayev**, academician; **M. M. Bekmagambetov**, academician; **A. V. Bolotov**, academician; **A. I. Vasilyev**, academician (Ukraine); **B. V. Gusev**, academician (Russia); **G. Zh. Zholtayev**, academician; **P. G. Nikitenko**, academician (Belorussia); **K. K. Kadyrzhanov**, academician; **A. H. Kataev**, academician (Republic Tadzhikistan); **K. S. Kulazhanov**, academician; **A. A. Kulibayev**, academician; **A. M. Pashayev**, academician (Azerbaijan); **H. Miloshevich**, academician (Serbiya); **M. M. Myrzakhmetov**, academician; **A. Sh. Tatygulov**, academician; **A. K. Tuleshov**, academician; **Yu. I. Shokin**, academician (Russia).

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Республиканское общественное объединение
«Национальная инженерная академия Республики Казахстан».

Издается с 1997 года.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 287 от 14.11.1996 г.,
выдано Национальным агентством по делам печати и массовой информации
Республики Казахстан.

Свидетельство о перерегистрации № 4636-Ж от 22.01.2004 г.,
выдано Министерством информации Республики Казахстан.

Журнал включен Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан
в перечень изданий для публикации основных результатов научно-технических работ соис-
кателей ученых степеней доктора философии PhD и доктора по профилю и ученых званий
доцента и профессора.

Журнал включен в международную англоязычную базу реферативных данных по техниче-
ским наукам INSPEC.

Подписку на журнал можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта» и
ТОО Агенстве «Евразия пресс».

Подписной индекс:

для физических лиц – **75188**,
для юридических лиц – **25188**.

Подписка продолжается в течение года.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80, к. 415.

Тел. 8-7272-915290, факс: 8-7272-915190,

e-mail: nia_rk@mail.ru, ntpneark@mail.ru, www.neark.kz

FOUNDER:

Republic public association
“National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan”.

Published since 1997 year.

Issued 4 times a year.

Certificate about registration the edition N 287, November, 14, 1996,
was given by National agency on affaires of press and mass information
of the Republic of Kazakhstan.

Certificate about re-registration N 4636-Zh, January, 22, 2004,
was given by Ministry of information of the Republic of Kazakhstan.

The Committee of Science of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan has included the Journal into the list of issues for publication of the main results of scientific-technical investigations of applicants for scientific degrees (Doctor philosophy PhD, Doctor on specialization) and academic ranks (Professor and Associate professor).

The Journal was included into international English-language abstracts database on technical sciences “INSPEC”.

Subscription to journal may be drawn up at post offices of OJSC “Kazpochta” and in PLL Agency “Evraziya press”.

Subscription index:

for natural persons – **75188**,

for juristic persons – **25188**.

Subscription continues during a year.

Address of editorial offices: 050010, Almaty city, Bogenbay Batyr str., 80, off. 415.

Tel. 8-7272-915290, fax: 8-7272-915190,

e-mail: nia_rk@mail.ru, ntpneark@mail.ru, www.neark.kz

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

EXPO-2017 – «ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО»

23 января 2015 г. в Алматы состоялось совещание по подготовке к проведению Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках Всемирной выставки «ЭКСПО-2017».

Проект Концепции Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» обсужден на представительном совещании в Доме дружбы.

Организовали встречу два ведущих научных учреждения страны – Национальная инженерная академия Республики Казахстан (НИА РК) и Казахская национальная академия естественных наук (КазНАЕН). На нее прибыли представители министерств, депутаты Парламента, руководители крупных промышленных, энергетических, исследовательских и проектных организаций и объединений, а также известные ученые и инженеры.

Открывая первое совещание такого высокого уровня, президент Национальной инженерной академии Бакытжан Жумагулов отметил, что задача совещания – обсудить проект концепции, определить идеологические подходы, как проводить Всемирный конгресс в рамках международной выставки и на какие результаты рассчитывать.

«Всемирный конгресс в рамках выставки должен стать масштабным, имиджевым мероприятием, соответствующим значимости ЭКСПО-2017, – заявил ученый. – И по тому, как мы его проведем, мир будет судить об уровне казахстанской науки и инженерных разработок. Нельзя забывать и о прагматическом принципе, о котором говорит Глава государства. Суть этого принципа в том, что наша страна должна не только показать себя, но и получить от мирового сообщества прогрессивные технологии, современные подходы, интеллектуальный и инновационный капитал. Особенно это важно сегодня, когда в мире резко нарастают конкурентные противоречия в геополитике, экономике и идеологии».

В связи с этим, считает Б. Жумагулов, Всемирный конгресс обогатит отечественную науку и инженерное дело новыми идеями, принципами, а также исследовательскими и технологическими возможностями и контактами.

Приветствия в адрес форума направили председатель Программного комитета конгресса, президент Казахской национальной академии естественных наук Нуртай Абыкаев, министры энергетики, образования и науки – Владимир Школьник и Аслан Саринжипов. Они высоко оценили проведение международной выставки и Всемирного конгресса.

За время подготовки к ЭКСПО-2017 сделано уже многое. Так, Министерство энергетики ведет активную работу по развитию не только традиционных видов энергии, но и альтернативных, возобновляемых источников. Уже складывается рынок этих видов энергии. Особое внимание уделяется реализации пилотных «зеленых» техноло-



гий в регионах республики. В Министерстве образования и науки в рамках выставки принимаются конкретные меры по кадровому обеспечению, научно-техническому и технологическому сопровождению программ и проектов. Они ведутся совместно с учеными академий и Назарбаев Университетом. Более ста научно-технических проектов выполняется по возобновляемой энергетике.

В приветствии Национальной компании «Астана ЭКСПО-2017», которое направил участникам встречи председатель ее правления Талгат Ермагияев, подчеркивается, что подготовка к выставке идет полным ходом. Возводятся новые объекты, в тематических павильонах разворачиваются экспозиции об опыте лучших энергетических практик. Докладывая о работе научно-инженерного коллектива НИА РК и КазНАЕН над проектом Концепции конгресса, главный ученый секретарь Президиума НИА РК, член-корреспондент Гульбазар Медиева подчеркнула, что сделан серьезный анализ мирового опыта по проведению подобных научных форумов и выставок. Был организован ряд встреч и обсуждений с учеными, специалистами производства, в том числе и в регионах страны. Кроме того, ученые выезжали за рубеж. В наступившем году намечаются командировки для участия в работе ЭКСПО-2015 в Италию и другие страны.

В ходе обсуждения проекта концепции интересные дискуссии развернулись по выступлениям академика Альберта Болотова, члена-корреспондента Ибрагима Сулейменова, сосредоточивших свое внимание на перспективах и сценариях развития мировой энергетики до 2050 года. Обсуждались проблемы, связанные с безопасностью, доступностью и экологической устойчивостью использования энергетики. Именно эта тройственная задача особенно остро волнует в настоящее время мировое сообщество.

Нескольким актуальным вопросам посвятил свое выступление член-корреспондент НИА РК, президент АО «BAY Systems» Алтай Кадыржанов: «У Казахстана имеются возможности по доставке больших масс электроэнергии на сверхдальние расстояния. Это может сделать нашу страну активным участником Российско-Европейского энергетического рынка и создаст условия для проникновения на энергетические рынки южных стран, включая Афганистан, Иран, Пакистан, Западный Китай».

По его мнению, в связи со строительством новых магистральных газопроводов значительно выросло газоснабжение юго-восточных регионов республики. Это позволяет качественно увеличить применение газа для выработки тепла и электроэнергии. Следует также активнее использовать в этом регионе потенциал свыше 50 энергопригодных рек. Для более эффективной подготовки к международной выставке он предложил войти в Правительство с ходатайством и создать при двух академиях экспертную группу по организации и проведению ЭКСПО-2017, наделив ее соответствующими полномочиями и финансированием.

На встрече определены концептуальные подходы к подготовке столь ответственного форума мирового уровня, его ключевые тематические направления, меры по организационному, научному и информационному обеспечению.

Подводя итоги совещания, Бакытжан Жумагулов подчеркнул, что все предложения и замечания по проекту концепции будут учтены с тем, чтобы на следующей встрече, которая должна пройти весной текущего года в Астане, утвердить концепцию Всемирного конгресса.

*Подготовлено по материалам
газеты «Казахстанская правда» №19 (27895), 2015 г.*

В БУДУЩЕЕ – С НОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

СОВЕЩАНИЕ

по подготовке к проведению Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках Всемирной выставки «ЭКСПО-2017». Алматы, 23 января 2015 года

*Б. Т. Жумагулов,
президент Национальной инженерной академии РК.
Вступительное слово на совещании*

Құрметті әріптестер!

Дүниежүзілік инженерлер мен ғалымдар конгресінің концепциясын талқылау үшін осы залға жиналған барлық жиынға қатысушылар – Хош келдіңіздер!

Ерекше алғысымды Мемлекеттік органдардың басшылары – ҚР Энергетика министрілігіне, ҚР Білім және ғылым министрілігіне, сонымен қатар «Астана ЭКСПО – 2017» Ұлттық компаниясына білдіремін.

Біз сіздерге біздің академиялар – ҚР Ұлттық инженерлік және Қазақстан Ұлттық жаратылыстану ғылымдары академиясының «ЭКСПО – 2017» көрмесі аясында осындай конгресті өткізу бастамасына қолдау көрсеткендеріңіз үшін ризашылығымызды білдіреміз.



Уважаемые коллеги!

Рад приветствовать собравшихся в этом зале участников совещания по обсуждению проекта Концепции Всемирного конгресса инженеров и ученых.

Особую признательность хочу выразить руководству государственных органов **Министерства энергетики РК, Министерства образования и науки РК**, а также **Национальной компании «Астана ЭКСПО – 2017»**.

Мы признательны им за поддержку инициативы наших академий – КазНАЕН и НИА РК – о проведении такого Конгресса в рамках выставки «ЭКСПО – 2017».

Огромное спасибо!

У нас сегодня практически первое совещание столь широкого уровня.

Наша задача – обсудить проект Концепции конгресса, определить идеологические подходы: как его готовить, как проводить, на какие результаты рассчитывать.

Но прежде всего хочу поделиться соображениями о том, как мы должны **относиться к конгрессу в целом**. Безусловно, это должно быть масштабное **имиджевое** мероприятие, соответствующее международной значимости ЭКСПО – 2017.

По тому, как мы его проведем, во многом мир будет судить о лице казахстанской науки и инженерных разработок.

Здесь нам надо быть на высоте. Но это только частная задача. Гораздо важнее **прагматический принцип**, которому учит нас Глава государства Н. А. Назарбаев.

Суть его в том, что на ЭКСПО – 2017 страна должна не только показать себя, но и многое **получить от мирового сообщества** – самые прогрессивные технологии, подходы, интеллектуальный и инновационный капитал.



Особенно важно это сегодня, когда в мире резко нарастают конкурентные противоречия в геополитике, экономике, идеологии.

Полагаю, что точно так же нам надо относиться и к нашему конгрессу.

Он должен реально **обогащать** нашу науку и инженерное дело новыми идеями, принципами, направлениями, исследовательскими и технологическими возможностями и контактами. Тогда свою задачу мы сможем считать выполненной.

Думаю, с такой точки зрения мы должны взглянуть и на **проект Концепции конгресса**.

Для его создания была проделана серьезная работа. Сделан анализ мирового опыта проведения подобных научных форумов и выставок ЭКСПО.

Такой анализ будет **перманентно продолжен**, в том числе и с выездом наших специалистов в зарубежные страны на подобные мероприятия.

Это очень важно, ведь действительно: лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Был проведен ряд встреч и обсуждений с учеными, специалистами производства, в том числе и в регионах Казахстана.

Получившийся на этой основе проект Концепции всем участникам совещания был роздан.

Сегодня мы рассчитываем услышать по нему ваши замечания, предложения, мнения.

В программе совещания предусмотрено заслушать несколько системных, в том числе коллективных, сообщений.

Все представленные предложения будут обязательно проанализированы и учтены при формировании итогового варианта Концепции.

Желаю всем участникам совещания успешной работы!

А. А. Зейнуллин,

главный ученый секретарь КазНАЕН.

*Приветственное слово участникам совещания от имени председателя
Программного комитета Всемирного конгресса ученых и инженеров,
президента КазНАЕН Н. А. Абыкаева*

ПРИВЕТСТВИЕ

участникам совещания по обсуждению проекта Концепции Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации»

Уважаемые участники совещания!



Прошло уже больше двух лет с момента избрания Казахстана страной проведения Международной специализированной выставки ЭКСПО-2017 «Энергия будущего». Лидер нации, Президент Республики Казахстан Н. А. Назарбаев назвал ее «величайшей возможностью для Казахстана получить новые энергетические и «зеленые» технологии и выразил уверенность, что она станет еще одной золотой страницей нашей истории.

В этой связи две ведущие академии – Национальная инженерная академия Республики Казахстан и Казахстанская национальная академия естественных наук выступили с инициативой провести в ее рамках соответствующий по тематике Всемирный конгресс инженеров и ученых.

Это предложение поддержано на государственном уровне и включено в план основных мероприятий выставки. Наши академии определены главными организаторами конгресса, который пройдет в июне 2017 года в Астане, информация о нем уже размещена на сайте ЭКСПО-2017.

Это большая честь и большая ответственность. Прецедентов объединения таких крупнейших мероприятий еще не было, и нам с вами предстоит не простая работа. Уверен, что она нам по плечу и конгресс сможет быть достойным Всемирной выставки, показать лицо казахстанской науки и инженерной мысли, дать толчок повышению уровня наших исследований и разработок в сфере новой энергетики, укреплению международных связей и авторитета казахстанских ученых и инженеров.

Приветствую участников совещания и благодарю представителей государственного управления, бизнеса и научно-инженерного сообщества, выразивших намерение активно участвовать в подготовке конгресса.

Это первое из серии подобных совещаний, которые будут проводиться регулярно. Оно даст важный импульс нашей совместной работе, налаживанию межотраслевого и межинституционального взаимодействия, лучшему пониманию концептуальных подходов к проведению столь ответственного мероприятия.

Желаю вам плодотворной работы и успехов!

*А. С. Соспанова,
директор Департамента по возобновляемым
источникам энергии Министерства энергетики РК*

Уважаемые участники совещания!

От имени министра энергетики Республики Казахстан Владимира Сергеевича Школьника разрешите поприветствовать вас на сегодняшнем мероприятии и выразить организаторам благодарность за активную работу по подготовке к проведению Всемирного конгресса инженеров и ученых.

Несмотря на то, что Казахстан – энергодефицитная страна, существует необходимость развивать чистые технологии, чистую энергетику для снижения выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ. Покрывая свои внутренние потребности, мы экспортируем нефть, газ, уголь, уран. Однако сегодня, имея большой потенциал ВИЭ, у нас серьезные намерения добиться роста использования возобновляемых источников энергии.

Международное сообщество ищет новые источники энергии, которые не будут наносить экологического вреда окружающей среде. Казахстан как страна, нацеленная на вхождение в число 30 развитых стран мира, приняла «Стратегию “Казахстан-2050”», где Главой государства поставлена задача по развитию альтернативных и возобновляемых видов энергии.

Возобновляемая энергия является перспективным приоритетом в устойчивом использовании природных ресурсов, так как сокращаются выбросы парниковых газов и уменьшается негативное влияние на изменение климата.

В настоящее время весь развитый мир вкладывает значительные инвестиции в развитие возобновляемой энергетики. И Казахстан начинает набирать обороты в данном направлении.

Принята Концепция перехода к «зеленой» экономике, закон о ВИЭ, уже утверждены и действуют фиксированные тарифы на ВИЭ. Таким образом, в стране по выработке политики в области ВИЭ проведена определенная работа по улучшению правового поля для привлечения инвесторов.

Приняты конкретные целевые индикаторы развития ВИЭ и шаги по их достижению. Планируется довести долю ВИЭ в общем объеме энергопотребления страны в размере 3% от общей выработки до 2020 года.

В целях успешного развития ВИЭ в Казахстане ведется мониторинг за использованием ВИЭ и разработан План мероприятий по развитию альтернативной и возобновляемой энергетики в Казахстане на 2013 – 2020 годы. Он предусматривает к 2020 году введение в эксплуатацию 106 объектов суммарной мощностью 3054,55 МВт.

В 2014 году завершено строительство 9 объектов ВИЭ суммарной мощностью 57,62 МВт.



В 2015 году планируется ввести в эксплуатацию порядка 23 объектов ВИЭ с суммарной установленной мощностью 432,05 МВт, включая 5 ВЭС – 162,5 МВт; 10 ГЭС – 118,05 МВт; 8 СЭС – 151,5 МВт.

Сегодня имеется 35 реализованных проектов ВИЭ общей суммарной мощностью 128 МВт.

В Казахстане активно проводится государственная политика развития возобновляемой энергетики, направленная на принятие системных мер по развитию ВИЭ, и это отвечает существующим глобальным вызовам и стратегическим интересам республики в долгосрочном плане. Реализация этих мер позволит Казахстану оказаться в ряду ведущих стран по развитию «зеленой» энергетики и будет способствовать достижению стратегических целей по переходу к «зеленой» экономике.

Как известно, 27 ноября 2012 г. была создана Государственная комиссия по подготовке и проведению ЭКСПО-2017 в Астане, председателем которой является Премьер-Министр РК.

Госкомиссия рассмотрела и одобрила (12 сентября 2013 г.) концепцию Выставки с учетом ее тематики «Энергия будущего». В подготовке Концепции участвовало и наше министерство.

Главная задача министерства при подготовке к выставке – создание условий для развития секторов «зеленой» экономики и ВИЭ. Министерство энергетики ответственно за реализацию следующих пунктов плана по подготовке к ЭКСПО-2017:

проведение мероприятий по популяризации тематики ЭКСПО-2017 «Энергия будущего»;

реализация пилотных проектов с использованием «зеленых» технологий.

По этим пунктам плана министерство работает с национальными компаниями и акиматами.

Работа, проводимая в регионах по популяризации ЭКСПО с темой «Энергия будущего», а также вводимые объекты ВИЭ в регионах поступательно формируют положительное общественное мнение и укрепляют имидж ЭКСПО-2017, повышая степень доверия местного населения к этому мегапроекту, особенно среди молодого поколения.

Проект «Энергия будущего» ставит конкретные цели: исследовать стратегии, программы и технологии, направленные на развитие устойчивых источников энергии, повышение надежности и эффективности энергоснабжения, осуществление плана энергосберегающего производства и эффективного использования энергетических ресурсов.

Спасибо за внимание!

*А. К. Тулешов,
заместитель председателя
Комитета науки Министерства образования
и науки Республики Казахстан*

**Уважаемый Бакытжан Турсынович!
Уважаемые участники совещания!**

Разрешите мне от имени министра образования и науки Республики Казахстан Аслана Бекеновича Саринжипова приветствовать вас на совещании по вопросу организации Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации».

Позвольте выразить искреннюю благодарность Национальной академии естественных наук и Национальной инженерной академии за инициативу и начинание нужного дела для организации Всемирной выставки «ЭКСПО-2017».

Проведение Международной выставки «ЭКСПО-2017» в Астане Президент страны Н. А. Назарбаев объявил как общенациональный проект. Он поднимет международный авторитет Казахстана на новый уровень, позволит совершить рывок в развитии «зеленой» экономики.

ЭКСПО-2017 дает возможность привлечь лучшие мировые технологии энергосбережения, новые разработки и технологии использования существующих альтернативных энергоисточников, таких, как энергия солнца, ветра, морских, океанических и термальных вод.

Первоочередной задачей Министерства образования и науки по подготовке к проведению и организации международной специализированной выставки «ЭКСПО-2017» является научное обеспечение организации и проведения выставки.

Предложение Национальной академии естественных наук и Национальной инженерной академии о проведении Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках Международной выставки «ЭКСПО-2017» является актуальным.

В 2014 году, в рамках грантового финансирования, МОН РК реализован проект Национальной инженерной академии «Создание возобновляемых источников энергии нового типа на основе термочувствительных полимеров и интерполимерных комплексов» на 35 млн тенге.

В рамках этого проекта выполнен и испытан опытный экземпляр водного скутера с комбинированным двигателем на базе ДВС, солнечной панели и нового источника энергии на основе фазовых переходов в растворах термочувствительных полимеров. Образец прошел ходовые испытания, доказывающие эффективность использования новых источников энергии для утилизации вторичного тепла любого типа.

Казахстанские ученые одними из первых в мире занялись вопросом создания наноразмерных твердотопливных элементов и к 2017 году представят их действующие



экземпляры. Такие твердотопливные элементы смогут выдавать электрическую энергию до 10 кВт/см³.

Министерством на опытно-производственной базе СЭЗ «Астана – новый город» проведена презентация проектов, выполняемых по научно-технической программе «Разработка чистых источников энергии Республики Казахстан на 2013-2017 годы в рамках ЭКСПО-2017».

На выставке были представлены действующие установки, макеты с привлечением мультимедиа в области возобновляемой и альтернативной энергетики, энергосбережения, энергоэффективности. В частности:

по солнечной энергетике – выставочный макет действующего вертикально-интегрированного производства поликремния и высокоэффективных солнечных элементов и модулей; опытный образец фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии с высоким КПД;

по ветроэнергетике – демонстрационная ветроэнергетическая установка с концентратором потока, с автоматически изменяющейся площадью ометаемой поверхности;

по геотермальным водам – выставочный комплекс производства тепла и электроэнергии на основе геотермальных вод.

Кроме того, в качестве национального символа Казахстана предложена установка в центральном павильоне ЭКСПО-2017 голографического изображения «Золотого человека», создающего 3D эффект.

Эта презентация показала готовность отечественных ученых продемонстрировать на ЭКСПО-2017 разработки, соответствующие мировому уровню.

Полагаю, что проведение такого масштабного мероприятия, как Всемирный конгресс инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках ЭКСПО-2017 придаст новый серьезный импульс развитию казахстанской науки.

Спасибо за внимание!

*М. Е. Омаров,
заместитель председателя Правления
АО «НК Астана ЭКСПО-2017»*

Уважаемые участники совещания!

Я хотел бы поприветствовать вас и поблагодарить за приглашение быть участником сегодняшней встречи.

Позвольте мне коротко рассказать о наших достижениях и текущем состоянии дел по подготовке к выставке.

На сегодняшний день проведена большая работа по подготовке и организации Международной специализированной выставки «ЭКСПО-2017» в Астане.

Был принят и введен в действие «**Закон об ЭКСПО-2017**», разработано и передано в секретариат Международного бюро выставок **Регистрационное досье**, получены официальное **признание ЭКСПО-2017** и **флаг бюро**. Сегодня мы вошли в активную фазу подготовки к выставке.

В настоящее время идет строительство объектов выставки, в ходе которого используются высокие строительные технологии и стандарты. Строительство объектов идет с опережением графика, что отметил во время своего последнего визита в октябре прошлого года генеральный секретарь МБВ господин В. Лоссерталес.

Мы проводим разработку содержательной части выставки: тематических павильонов, зоны лучших практик, а также Национального павильона Казахстана и Музея Будущего, являющихся якорными проектами выставки.

Вместе с тем нами ведется активная работа по привлечению новых участников выставки и пропаганде выставки «Энергия будущего». В прошедшем году были проведены такие знаковые мероприятия, как **Первое международное собрание участников выставки** и **Международный форум «Энергия будущего»**. Мероприятия планируется проводить ежегодно.

В 2017 году **форум «Энергия будущего»** будет длиться на протяжении всей выставки и состоять из семинаров, симпозиумов и других значимых мероприятий, одним из которых будет грандиозный по масштабам и значимости **Конгресс инженеров и ученых**, для обсуждения которого мы сегодня собрались.

Хотелось бы отметить, что конгресс – это важный шаг для установления международного сотрудничества между отечественными научными институтами и мировыми лидерами в области энергетики в поисках решений глобальных проблем, поднимаемых выставкой.

Уже на стадии подготовки к конгрессу привлечены ведущие организации по изучению проблем энергетики, что, несомненно, положительно скажется на качестве планируемого мероприятия.

Отдельно хотелось бы поблагодарить казахскую Инженерную академию и Академию естественных наук за проявленную инициативу и проводимую работу по подготовке и организации такого мероприятия.

В завершение хотелось бы всем пожелать плодотворной работы.

Благодарю за внимание!



*А. В. Болотов,
академик,
генеральный директор ТОО «Экоэнергомаш»*

**ПЕРСПЕКТИВЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ
ДО 2050 ГОДА.
РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ
ИЗ НЕИСЧЕРПАЕМЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ – ВЕКТОР
РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО**



Будущее – часть времени с множеством событий, которые ещё не произошли, но могут произойти. Чем короче по времени предполагаемое, прогнозируемое или желаемое будущее, тем оно больше будет похоже на настоящее, которое по каким-то причинам нас не устраивает. Разрабатывая концепцию «Энергетика будущего», необходимо оценить сегодняшнее её состояние, контуры будущей энергетики и угрозы, которые несет за собой неверное определение будущей энергетики, а также дистанцию времени, пройдя которую можно сказать: «Мы не навредили своим потомкам»!

Для прогнозирования будущего огромное значение имеют политическое устройство глобальной и локальных цивилизаций, функционирование политических союзов, экономических связей, миграция людских ресурсов по регионам, всемирная открытость рынков товаров и услуг. Прогноз «энергия будущего» невозможно представить без оценки политических устремлений государств, входящих в локальные цивилизации, природных условий, наличия энергетических ресурсов и социальных традиций населения.

Сегодняшние политические события в мире – выдвижение России на передовые позиции на международной арене, глобальный финансовый кризис, энергетический кризис в отдельных регионах и стремление найти оптимальное решение социальных проблем – усложняют разработку предвидений. При этом принятие мер по сохранению окружающей среды отодвигается как бы на второй план. И это вовсе не значит, что Природа сама будет противостоять техногенному натиску бушующих цивилизаций, она уже сопротивляться не может – меняется климат, вымирают живые существа. Поэтому необходимо принятие самых действенных мер по созданию технологий, не наносящих непоправимый вред природе, по широкому вовлечению в энергобаланс безопасных для неё энергетических ресурсов.

Экологически приемлемый баланс между тепловыми и возобновляемыми источниками энергии рассматривается на основании анализа динамики выбросов парниковых газов и появления на Земле избыточной тепловой энергии при использовании ископаемого энергетического сырья – угля, газа, нефти и урана.

Планируемый к представлению в Концепции «Энергия будущего» период до 2050 года является очень коротким – всего 33 года от ЭКСПО-2017 и может представлять

только первые шаги к созданию энергии будущего. Будущее будет зависеть от глобальных политических инициатив, проявления эгоистических интересов локальных цивилизаций и отдельных государств. Стратегически верным было бы установить дистанцию будущего, например в 100 лет, за пределами инициатив действующего поколения людей с их меркантильными интересами.

Использование доступной для всех энергии Солнца, ветра, движущейся воды, тепла Земли – безобидной энергии для природной среды определит возможность существования цивилизаций за пределами прогнозируемого периода.

Задача сегодня – вскрыть причины нарастающего энергоэкологического кризиса, оценить объемы использования ископаемого топлива и вред, наносимый этим природе, особенности использования водных ресурсов для выработки электроэнергии, определить современные направления модернизации энергетики. Из краткосрочных мер необходимо оценить возможность снижения потребления электроэнергии за счет энергосбережения.

Современный период развития человечества можно характеризовать через три Э: Энергетика, Экономика, Экология.

Энергетика в этом ряду занимает особое место. Она является определяющей и для экономики, и для экологии. От нее в решающей мере зависят экономический потенциал государств и благосостояние людей. Она же оказывает наиболее сильное воздействие на окружающую среду, экосистемы и биосферу в целом. Самые острые экологические проблемы (изменение климата, гиперосадки, кислотные дожди, всеобщее загрязнение среды обитания) прямо или косвенно связаны с производством энергии. Поэтому не будет преувеличением сказать, что от решения проблем энергетики зависит возможность решения основных экологических и экономических проблем.

Электрическая энергия необходима, её получают, не считаясь с затратами и с тем, чем это сопровождается.

«Электроэнергетика — одна из наиболее инерционных отраслей, в которой от замысла до ввода в действие новых мощностей требуется значительное время, а с энергодефицитом мы столкнемся уже в ближайшем будущем. Поэтому единственная возможность решить эту проблему в кратко- и среднесрочной перспективе, считаю, это стимулирование энергосбережения»¹.

«Правительство должно сконцентрировать свои усилия на внедрении энергосберегающих и экологически чистых технологий. К повсеместной экономии электроэнергии наши предприятия и граждане еще не приступили. Надо прямо сказать, что дешевая энергия заканчивается. Если хотим меньше платить, надо экономить. Это должно стать заботой каждого»².

В реализации программы энергосбережения есть огромные резервы – сокращение потерь энергии при производстве, передаче и потреблении. Энергосбережение – далеко не бесплатное мероприятие, и сколько будет стоить кВт·ч полученной энергии ещё предстоит узнать.

¹ Государственная Программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 – 2014 годы. Утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 9 марта 2010 года № 958.

² Программа «Энергосбережение 2020» ИА ZAKON.KZ.

Современная энергетика образует комплекс технологических и экономических взаимосвязей, требующих отдельного рассмотрения.

Тепловая энергетика. В теплоэнергетический комплекс входят первичные энергетические ресурсы – уголь, нефть, газ, ядерное топливо, а также использующие их электрические станции разных типов, сухопутные, воздушные и водные транспортные средства.

Угольная энергетика вносит основную долю в общей выработке электроэнергии, выбросах парниковых газов и засорении окружающей среды, но в ближайшей перспективе будет по-прежнему играть основную роль в энергетике страны, хотя в будущем её использование не предусматривается.

Нефтяная энергетика, технологии, особенности. Нефть – сладкое зло цивилизации. Общеизвестно, что добыча и использование нефти наносят огромный вред окружающей среде. Отрицательное воздействие нефти на окружающую среду происходит на всех этапах «большого пути» – от бурения поисковых скважин в процессе разведки до выброса парниковых газов при использовании продуктов переработки нефти. Значительный ущерб экологии наносят разливы и выбросы в морях и океанах. *Авария в Мексиканском заливе стала первой крупной катастрофой в истории человечества.* Казначейство штата Луизиана оценило экологические и экономические последствия этого в размере около ста миллиардов долларов.

Использование нефти и нефтепродуктов в энергетических установках и двигателях транспортных средств, происходящее с КПД, не превышающем 35 – 40%, сопровождается выработкой парниковых газов и создаёт тепловую перегрузку поверхности земли. Нерешенной проблемой является сжигание попутного газа. Нефтяная энергетика может рассматриваться как переходная к энергетике будущего.

Природный газ является наиболее экологически чистым энергетическим ресурсом с перспективой долгосрочного использования при генерации энергии и в двигателях внутреннего сгорания.

Атомная энергетика – большая энергетика, большая политика и большие проблемы. Современные АЭС имеют ряд достоинств по сравнению с другими видами тепловых электростанций, имеют высокий коэффициент использования установленной мощности – КИУМ, значительно превышающий КИУМ электростанций других типов.

Однако АЭС – самые дорогие по уровню капитальных затрат среди традиционных источников энергии (газ, уголь, нефть).

По расчётам Агенства по ядерной энергетике ОЭСР удельная стоимость 1 кВт установленной мощности атомной электростанции 1900 долл. США, построенной в странах ОЭСР в конце 1990-х годов, выросла до 3850 \$/кВт для станций, построенных в 2009 г. В 2010 г. цена строительства новой АЭС составила 5339 \$/кВт.

Операционные затраты на эксплуатацию 1 кВт атомной энергетической мощности значительно превосходят затраты на содержание 1 кВт мощности парогазовых или газотурбинных электростанций, что естественно ведёт к повышению стоимости вырабатываемой ею электроэнергии.

Развивая ядерную энергетику как энергетику будущего в интересах экономики, нельзя забывать об её опасности, так как ошибки на всех этапах приводят к катастрофам.

фическим последствиям. С момента начала эксплуатации атомных станций в 14 странах мира произошло более 150 инцидентов и аварий различной степени сложности.

Катастрофы, произошедшие в 1986 г. на Чернобыльской АЭС (СССР) и в 2011 г. на Фукусиме (Япония), своими последствиями до сих пор наводят ужас на мировую общественность. В мире существует оппозиция АЭС, защищающая интересы будущего планеты, человечества, чистоту окружающей среды, доказывающая, что атомная энергетика является дорогой, с тяжёлыми последствиями для будущих поколений.

Опыт создания и эксплуатации корабельных и судовых атомных энергетических установок стал основой при разработке атомных плавучих электростанций (ПАЭС). Высокий уровень безопасности ПАЭС, подтвержденный полувековым опытом эксплуатации установок атомных ледоколов, практически снимает вопрос о выборе места расположения атомных станций. Они могут размещаться в непосредственной близости от населенных пунктов, не создавая опасности для людей. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) прогнозирует, что к 2030 г. в мире будет работать как минимум 140 и как максимум 290 таких мини-реакторов. Такие объекты можно строить как объекты будущей энергетики, не создавая при этом дорогостоящих систем передачи энергии для решения проблем труднодоступных регионов и питания установок по опреснению морской воды.

Общий вывод по тепловой энергетике. Использование ископаемых энергетических ресурсов и тепловой энергетики происходит с низким КПД и ведёт к экологической катастрофе, даже если оптическая плотность и сопротивление атмосферы выходу в космос инфракрасного излучения поверхности земли останутся на сегодняшнем уровне. Энергетические ресурсы являются разменной монетой политических процессов в мире, особенно в Европе, рычагом политического переустройства мира. Для энергетики будущего необходимо существенное сокращение тепловой энергетики.

Возобновляемые энергетические ресурсы представляют большой комплекс природных явлений с различными особенностями использования их для выработки электрической энергии.

Гидроэнергетика. Потенциал гидроэнергетики, достигающий 50 000 млрд кВт·ч в год, превосходит более чем в четыре раза суммарное годовое потребление энергии в мире, где установлены ГЭС общей мощностью более 10 ГВт. В Европе основной гидроэнергетический потенциал уже реализован: 98% потребляемой энергии в Норвегии вырабатывается за счет гидроэнергетики, а правительство Германии заявило, что в стране уже не существует больше мест для размещения ГЭС.

Общие проблемы гидроэнергетики:

сокращение дебита воды по руслу рек вследствие сокращения запасов воды в ледниках и снежниках из-за потепления климата, зависимость от атмосферных осадков;

конфликт вододеления между энергетикой, сельским и коммунальным хозяйством, общая нехватка пресной воды;

экологический вред окружающей среде при затоплении больших территорий и экономический ущерб на связанных регионах;

противостояние государственных интересов по трансграничным рекам.

Основные реки Казахстана – Иртыш, Или, Сырдарья, Урал, Тобол, Есиль и Шу являются трансграничными. Более 40% водных ресурсов поступает из соседних стран.

В связи с этим Казахстан является водозависимой страной и использование трансграничных рек для него – очень важная проблема. В настоящее время проблемой двухсторонних отношений Республики Казахстан и Китайской Народной Республики в плане совместного использования водных ресурсов является увеличение Китаем водозаборов из трансграничных рек Или и Иртыша (от 0,5–1 до 2–4 км³/год). Это влечет за собой ряд негативных последствий для Казахстана как социально-экономического, так и экологического характера. Малая гидроэнергетика имеет большое значение благодаря обеспечению принципа децентрализации. Проблематичным с экологической точки зрения является использование энергии глубинных течений океанов.

Солнечная энергетика. В настоящее время стоимость электричества, производимого фотоэнергетическими системами, в 1,5–2 раза выше, чем от традиционных, однако объем рынка фотопреобразователей непрерывно растёт. Резко увеличивается интерес к фотоэнергетике в развивающихся странах – в Бурунди, Ботсване, Кении, Руанде, Уганде, Замбии, Зимбабве и других, где уже установлены тысячи фотоэнергетических систем. Свои национальные программы по развитию фотоэнергетики имеют Монголия и Вьетнам, США, страны Европы. Цена на фотоэлектрические системы снижается с темпом 4%/год.

«Одним из приоритетных направлений развития электроэнергетики и решения экологических проблем Казахстана является использование возобновляемых энергетических ресурсов. Ресурсы ветровой и солнечной энергии в стране являются стабильными и приемлемыми для экономически оправданной энергетики. Основная задача – увеличение их доли в энергобалансе страны»¹.

В 2010 г. Президентом РК Н. А. Назарбаевым открыт совместный казахстанско-французский проект KazPV «Создание производства фотоэлектрических модулей на основе казахстанского кремния». Проект полностью реализуется в Казахстане: от добычи сырья на Сарыкольском месторождении жильного кварца, на KazSilicon в г. Уштобе, доработки систем в Усть-Каменогорске и до производства фотоэлектрических модулей на заводе ТОО AstanaSolar. Несмотря на то, что фотовольтаика имеет в составе технологических процессов экологически опасные и энергоёмкие производства и не может обеспечить изготовление панелей производимой ими энергией, тем не менее она интенсивно поддерживается рынком, совершенствуется и в сочетании с энергией ветра является реальным источником энергии будущего.

Ветроэнергетика. «Живая энергия» – эксергия ветра, исключительно просто превращается в электричество. Она используется во всех странах мира, а в ряде государств удельный вес ветроэнергетики в общей структуре энергетики уже превышает доли некоторых традиционных источников. В Германии она составляет более 8%, а в Дании приближается к 30%. В Испании ветер – третий по важности источник энергии после газа и атома. Исторически наиболее распространены в мире пропеллерные ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения, продвигаемые в экономику государств производителями оборудования. Развиваемая ими мощность ограничивается постоянным несоответствием установки углов лопастей на скорость ветра и установки всего ветроколеса на направление ветра, поэтому они имеют низкий коэффициент использования энергии ветра

¹ Болотов А.В. Энергосбережение: стратегия, тактика и технологии // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2014. №2. – С.73.

$$\text{КИЭВ} = \text{КИСВ} \times \text{КИНВ} = 0,10 - 0,13,$$

где КИСВ – коэффициент использования скорости ветра, КИНВ – коэффициент использования направления ветра.

Для больших агрегатов экономически оправданная мощность 1500 – 2500 кВт. Наиболее благоприятной территорией для размещения пропеллерных ВЭС являются побережья океанов и морей, мелководье, где ветер имеет одно главное направление и «блуждание» направления $\pm 35 - 45^\circ$. Там коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ) ВЭС достигает 12–13%.

Однако в местах, где ветер имеет двухвекторную или многовекторную розы ветров, типичные для континентальных районов, КИЭВ ветропарков снижается более чем в два раза и составляет 4,8 – 7,4%.

Все пропеллерные ВЭА малой мощности имеют КИЭВ, не превышающий 4,5 – 6%.

Для получения высоких экономических показателей ветроэнергетики необходим переход на использование ветроэнергетических агрегатов с вертикальной осью вращения, без зависимости их эффективности от непрерывных изменений направления ветра (КИНВ = 1).

Вертикальные ветроагрегаты – новое направление создания ВЭС, которое имеет небольшой период развития и представлено пока агрегатами малой мощности.

Распространены следующие группы вертикальных ветроагрегатов: ортогональные, Савониуса, Дарье, геликоидные, многолопастные.

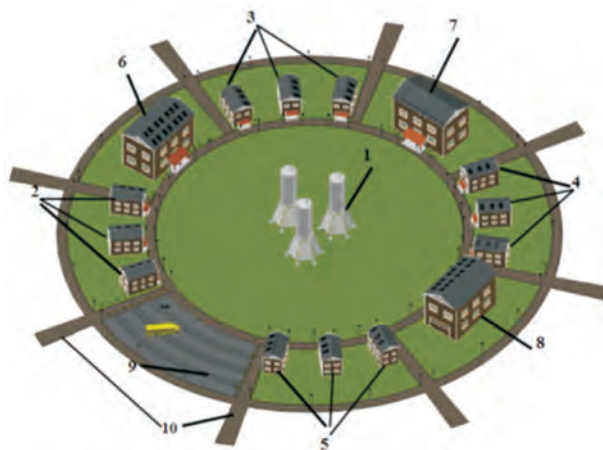
Среди вертикальных ВЭС ветровая роторная турбина ВРТБ, разработанная специалистами Казахстана и Российской Федерации, по международным оценкам определена как лучшее аэродинамическое, энергетическое и конструктивное решение, принципиально новая идеология реализации энергии ветра.

Мощность и вырабатываемая энергия турбиной ВРТБ определяются классическими формулами без каких-либо понижающих коэффициентов:

$$N=0,5 \rho V^3 \text{ кВт/м}^2; Q = Nt=(0,5 \rho V^3)t \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

На принципиальной схеме ВРТБ базируется строительство автономных комплексных энергетических систем КЭС ВРТБ мощностью 2, 5, 8, 16, 40, 80 кВт для питания обособленных объектов, разработка энергетических комплексов мощностью 160 – 400 кВт и мегаваттного класса. Создание отечественной ветроэнергетики активно поддержано АО «НАК “Казатомпром”», учредившим специализированную компанию ТОО «Экоэнергомаш». В результате совместных действий специалистов Казахстана и России на отдаленных объектах Республики Казахстан установлено и успешно эксплуатируется в разных климатических условиях в течение длительного времени более 50 КЭС ВРТБ разной мощности.

Благодаря совершенной аэродинамике, оригинальной системе автоматике и складирования энергии КЭС ВРТБ вырабатывают электроэнергию в 3–4 раза большем объеме, чем агрегаты других типов одинаковой мощности в равных условиях. ВРТБ выдают энергию при слабом ветре, когда другие ВЭС *ещё* не работают, при средних и сильных ветрах, ураганах, когда другие ВЭС *уже* не работают или снижают выработку, пропуская мимо наиболее мощные ветровые потоки.



Экономическая эффективность и срок восстановления инвестиций в строительство КЭС ВРТБ определяются ветровым потенциалом в местах их установки.

Для многоагрегатных станций ВРТБ требуется меньшая территория, чем для ветропарков с другими ветроагрегатами, что особенно важно для эффективного использования территорий, принадлежащих питаемому объекту, и «месторождений ветровой энергии», таких, как Джунгарские Ворота, Шелекский Коридор, Курдай и других, что существенно сокращает расходы на покупку или аренду земли.

Комплексные энергетические системы ВРТБ открывают перспективы для формирования генеральных планов застройки населенных пунктов с учетом розы ветров и установкой КЭС ВРТБ непосредственно в центре нагрузок.

Источники электроэнергии КЭС ВРТБ, использующие энергию ветра и солнца, имеют неисчерпаемые экономические и социальные перспективы. Они направлены на продвижение цивилизации на территории с низкой плотностью населения, открывают новые возможности для развития бизнеса, являются существенным вкладом в энергетическую безопасность страны. Это реальная энергия будущего – бери там, где живёшь, сколько хочешь, ничего не выкапывай, ничего не перевози, ничего не закапывай, не загрязняя реки и акватории, не разрушая природу.

Концепция «Энергия будущего» в ЭКСПО-2017. Человечеству необходимо электричество во всём многообразии его преобразований в свет, тепло, движение, в интеллектуальные эффекты. Необходимы многообразные способы его получения, конкурирующие по экономике с единственным общим условием – не наносить вред среде обитания.

В докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) ООН сообщается, что в период до 2012 года средняя температура земной поверхности увеличилась на 0,85 градуса, средний уровень моря с 1901 по 2010 год вырос на 19 см.

Удержание целевого уровня повышения температуры на 2°C требует, чтобы выбросы парниковых газов и тепла сократились на 40 – 70% к 2050 году по сравнению с уровнем 2010, и достигли нулевого уровня к 2100 году. Если это не принять, то сохранение современных способов производства и потребления энергии к 2100 году

приведет к повышению температуры поверхности земли на 6°C, уровня Мирового океана на 691 – 100 см и к экологической катастрофе.

Руководящими идеями энергетики будущего на 50 лет должно быть сокращение использования ископаемых энергетических ресурсов в 2–3 раза. Необходимо обеспечить равенство доступа любой личности к энергии, так же, как имеется доступ для всех к кислороду воздуха.

Участвуя в глобальном процессе решения энерго-экологических проблем XXI века, Республика Казахстан принимает активные меры по развитию экологически чистой электроэнергетики.

При подготовке к выставке ЭКСПО-2017 «Энергия будущего» предстоит определить:

1. Направления совершенствования традиционных технологий, сокращения использования тепловых установок до уровня, обеспечивающего сохранение климата.

2. Оптимизацию реакторов в атомной энергетике по мощности и экономичности с возможностью автономного использования и предотвращения опасности катастроф глобального масштаба.

3. Преобладающее развитие неисчерпаемых энергетических ресурсов для полного удовлетворения спроса на энергию.

4. Разработку футуристических технологий на новых принципах безопасного извлечения энергии, сверхпроводящих ЛЭП и безопасного для живых организмов беспроводного транспорта электроэнергии.

*К. Т. Молдабаев,
заместитель председателя Правления АО «Самрук-Энерго»*

БАЛАНС ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРИЛЕММЫ: БЕЗОПАСНОСТЬ, ДОСТУПНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Уважаемые дамы и господа, коллеги!



В настоящее время энергетика все больше сталкивается с быстроменяющимися глобальными вызовами.

Мировому сообществу предстоит найти баланс при решении «энергетической трилеммы»: безопасность, доступность и экологическая устойчивость.

Вступив в XXI век, век информатизации в условиях обострения глобальной конкуренции, усиления взаимозависимости стран и регионов, мировое сообщество стремится обеспечить менее восприимчивую к нарастающим угрозам глобального и регионального характера энергетическую безопасность.

Второй составляющей трилеммы является доступность энергии (энергетическое равенство), которая является одним из необходимых условий благосостояния человечества в настоящем и будущем. Несмотря на то, что доступ к энергии будет расширяться, темпы роста этого показателя будут недостаточными. В настоящее время более 2 млрд людей во всем мире не имеют доступа к электричеству¹. В 2030 году около 730–880 млн жителей Земли все еще не будут иметь доступ к электроэнергии, преимущественно на африканском континенте к югу от Сахары. К 2050 году это число уменьшится до 320–530 млн человек, но проблема останется².

За прошедшие 20–30 лет способы энерговыработки дополнились решениями, связанными с возобновляемыми и другими альтернативными источниками энергии, а также с усовершенствованиями традиционных видов генерации.

Угольная энергетика, базирующаяся на дешёвых добываемых открытым способом экибастузских углях, в настоящее время является основой энергетики Казахстана (более 70% генерации) и будет развиваться благодаря внедрению чистых угольных технологий.

АО «Самрук-Энерго» вносит свой вклад в реализацию проектов с использованием чистых угольных технологий.

Так, завершается восстановление энергетических блоков мощностью 500 МВт на Экибастузской ГРЭС-1, расширяется Экибастузская ГРЭС-2 с блоком мощностью 636 МВт, продолжается строительство Балхашской ТЭС мощностью 1320 МВт.

В соответствии с планами по развитию «зеленой» экономики приоритетным для компании является вовлечение в энергобаланс возобновляемых источников энергии средних и малых гидроэлектростанций, ветропарков и солнечных электростанций.

¹ Доклад Саткалиева А. М. в журнале Казэнерджи.

² Выступление Саткалиева А. М. на АЭФ 2014, сессия «Стратегия устойчивой энергетики будущего Казахстана до 2050 года».

Так, в 2013 году АО «Самрук-Энерго» успешно завершен уникальный инновационный проект по строительству первой промышленной солнечной электростанции в г. Капшагае мощностью 2 МВт. Планируемый ежегодный объем производства электроэнергии составляет 3,6 млн кВт · ч.

В настоящее время АО «Самрук-Энерго» реализуется проект по строительству первой промышленной ветровой электростанции в г. Ерейментау мощностью 45 МВт с перспективой расширения до 300 МВт. Во время телемоста, посвященного результатам индустриализации за первое полугодие прошлого года, Глава государства ознакомился с ходом строительства этого объекта.

В среднесрочной перспективе группа компаний АО «Самрук-Энерго» планирует реализовать ряд проектов в области ВИЭ, включая строительство ВЭС в Шелекском Коридоре мощностью 60 МВт с перспективой расширения до 300 МВт, строительство второй очереди ВЭС в г. Ерейментау мощностью 50 МВт, а также строительство контролирующей Кербулакской ГЭС мощностью 33 МВт.

Однако резкий переход от угольной генерации к ВИЭ приведет к значительным капитальным затратам и невысокой надежности энергоснабжения, учитывая необходимость регулирования суточной неоднородности генерации электричества. Повсеместное внедрение альтернативных источников (ветер, солнце) потребует компенсирующей выработки (маневренная генерация) и зависимости от технологий хранения энергии.

Главное преимущество систем хранения энергии – снижение рисков нехватки энергии при уменьшении производства от ветровых или солнечных электростанций, а также сокращение использования двойной инфраструктуры (маневренная генерация).

В этой области АО «Самрук-Энерго» намерено сотрудничать с АОО «Назарбаев Университет» в рамках проекта «Производство энергоаккумулирующих батарей» на основе технологий американской компании PrimusPower.

В Казахстане, как и во всем мире, вопросам устойчивого развития энергетики уделяется огромное внимание. С сентября 2009 года ассоциация KAZENERGY представляет Казахстан во Всемирном энергетическом совете (ВЭС, World Energy Council) – международной неправительственной организации. Совет охватывает все сферы энергетики, включая угольную, нефтяную, газовую, ядерную, гидроэнергетическую и альтернативную. В сфере его внимания реструктуризация рынков, энергетическая эффективность, энергетика и окружающая среда, ценообразование и многое другое. Председателем Казахстанского национального комитета ВЭС является Алмасадам Майданович Саткалиев, председатель Правления АО «Самрук-Энерго».

Перспективные направления и новые тренды развития электроэнергетической отрасли обсуждались в мае 2014 года на Саммите лидеров мировой энергетики, проведенном в рамках Астанинского экономического форума при поддержке Правительства Республики Казахстан совместно с ВЭС и ассоциацией KAZENERGY.

Проведение у нас в стране Всемирного конгресса инженеров и ученых, посвященного тематике предстоящей международной выставки «Энергия будущего», будет способствовать позиционированию Республики Казахстан как одной из успешно развивающихся стран в области энергетики, укреплению взаимовыгодного сотрудниче-

ства, установлению прямых контактов между энергетическими сообществами.

Конгресс станет дискуссионной площадкой мирового масштаба, на которой ведущие инженеры и ученые со всех стран обсудят основные достижения и тенденции развития электроэнергетической отрасли.

По итогам рассмотрения проекта Концепции конгресса предлагаем его организаторам рассмотреть возможность включения в панельную дискуссию «Использование возобновляемых энергоресурсов в целях электро- и теплоснабжения» раздела «Системы хранения энергии». Также предлагаем пригласить ведущих инженеров и ученых в области системы хранения энергии из Массачусетского и Калифорнийского технологических институтов (*Дональд Садоуэй, Дэвид Рутледж*), Назарбаев Университета (*Жумабай Бакенов*), Университета Арканзаса и таких компаний, как GravityPower (*Джеймс Фиске, Том Мэйсон*), PrimusPower (*Том Степъен*), AquionEnergy и TeslaMotors (*Джей Би Стробел*).

Поддерживаем предложение организаторов конгресса по приглашению в соорганизаторы МГУ им. М. В. Ломоносова, МЭ РК, ВЭС и Глобальный экологический фонд.

Спасибо за внимание!

*И. Э. Сулейменов,
ГНС лаборатории полимерных материалов НИИ,
КазНУ им. аль-Фараби*

Принципы формирования тематической структуры конгресса:

системность при ориентации на максимально широкий спектр проблем энергетического сектора экономики;

нацеленность на **конечный** результат – дополнительное стимулирование инновационной активности в РК;

учет **современных** тенденций развития мировой энергетики;

ориентация на **междисциплинарность** и мультидисциплинарность, в том числе в аспекте социальных проблем энергетики;

обеспечение взаимодействия с высшей школой.

Тематическая структура конгресса:

перспективы и сценарии развития мировой энергетики до 2050 года (глобальные, региональные и национальные энергетические политики);

баланс энергетической трилеммы: безопасность, доступность и экологическая устойчивость;

тренды развития мировых энергоресурсов (ископаемые, биотопливо, биомасса, возобновляемые источники энергии, ядерная, атомная);

энергетический рынок (инвестиция, инновация, трансфер технологий, коммерциализация и венчурная деятельность);

кадровое обеспечение (образование, подготовка кадров в области «зеленой» энергетики).

Ориентация на современные тенденции развития энергетики – фактор междисциплинарности:

фактор диверсификации в комплексном понимании;

с учетом значения ЭКСПО-17 для РК – обеспечение широкого представительства казахстанских организаций (включая вузы) в работе конгресса на основе междисциплинарности;

использование научного потенциала исследовательских групп в смежных отраслях знаний (химия, радиоэлектроника, экономика и т.д.);

пример имеющегося опыта НИА РК: симпозиум «Социальные и экономические аспекты развития энергетики в современных условиях», Ялта, 14 – 16 ноября 2012 г.

Организационно-методическое обеспечение:

работа с потенциальными докладчиками;

работа с потенциальными слушателями – обеспечение заинтересованного контингента;

рекламно-организационные акции;

разъяснение значения конгресса для поддержки и стимулирования инновационной активности в РК – работа с вузами РК и ближнего зарубежья;



ориентация на междисциплинарность – расширение спектра исследовательских групп – потенциально активных участников конгресса;

вовлечение молодых ученых, в том числе в организационную и подготовительную работу.

Примеры акций по организационно-методическому обеспечению в рамках взаимодействия с высшей школой:

стимулирование междисциплинарного характера научной работы молодых ученых (использование достижений в смежных отраслях знания для решения проблем энергетики) – магистерские диссертации, элементы инновационных методик обучения и т.д.;

пример: диссертации междисциплинарного характера ФРТиС АУЭС;

стимулирование участия в конгрессе через создание заинтересованности – стимулирование инновационной деятельности (стартапы, новые формы выполнения практических работ и т.д.);

создание молодежных групп поддержки конгресса через работу в социальных сетях и т.д.

*А. С. Трофимов,
генеральный директор
ТОО «Институт “Казсельэнергопроект”»*

Уважаемые участники совещания!

Подготовленный проект Концепции Всемирного конгресса инженеров и ученых очень масштабный, охватывает весь спектр развития энергетики и будет содействовать решению современных тройственных задач – безопасной, доступной и экологической энергии.

Я считаю, что в проекте Концепции очень удачно подобрана тематика проблем, выносимых на рассмотрение 6 секций и 6 «круглых столов». Нас, специалистов отраслевого проектного института, будут интересовать почти все темы.

Для условий Казахстана в обозримом будущем потребуется решать такие вопросы, как:

- 1) использование возобновляемых энергоресурсов в целях электро- и теплоснабжения;
- 2) оптимизация электрических сетей, повышение их энергоэффективности, маневренности, пропускной способности и энергетической безопасности;
- 3) создание интеллектуальных электрических сетей.

Следует отметить, что до сего времени в Казахстане не выполнены прогнозные работы по определению наивыгоднейшего напряжения электропередачи, особенно в распределительных электрических сетях напряжением 10, 20, 35, 110 и 220 кВ.

Для дальнейшего совершенствования технико-юридических норм и экономических отношений в сфере обеспечения надежности, качества и безопасности электроснабжения необходимо разработать и принять республиканский Закон «О надежности и качестве электроснабжения» и вытекающие из него подзаконные акты, в том числе варианты компенсации потребителям или поставщикам электроэнергии за невыполнение одной из сторон обязательств по обеспечению и качеству электроснабжения.



Ж. К. Бокенбаев,
председатель Правления

АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения»

О МЕРАХ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ КАЗАХСТАНА



Электроэнергетика – базовая отрасль экономики Казахстана, надежное и эффективное функционирование которой является необходимым условием развития всей экономики страны и неотъемлемым фактором обеспечения цивилизованных условий жизни населения.

Сегодня электроэнергетика Казахстана достаточно надежно обеспечивает экономику республики тепловой и электрической энергией.

Однако существенные проблемы отрасли, наметившиеся на рубеже 1990 – 2000 годов и получившие развитие в последующий период, не нашли до настоящего времени своего разрешения: сохраняется

тенденция снижения эффективности работы энергопредприятий, из-за недостатка инвестиций почти прекратился процесс обновления и модернизации основного оборудования.

Ниже сделана попытка проанализировать причины основных проблем в электроэнергетике Казахстана и сформулировать предложения по их решению.

1. Основные проблемы электроэнергетики Казахстана. К настоящему времени в электроэнергетике республики накопился ряд серьезных проблем:

А. Производство, передача и распределение электрической и тепловой энергии:

1. Острая проблема старения основного и вспомогательного оборудования во всех звеньях электроэнергетики Казахстана в связи с неудовлетворительными объемами реконструкции и модернизации существующих энергетических активов.

2. Нарастающий дефицит производства электроэнергии в часы максимума нагрузки в связи с динамичным ростом нагрузок на фоне отсутствия ввода новых генерирующих мощностей и недоиспользования имеющихся мощностей.

3. Неоптимальный состав электростанций и, прежде всего, нехватка маневренных регулирующих мощностей электростанций из-за чего энергосистема Казахстана сегодня не способна в часы пиковой нагрузки самостоятельно обеспечивать необходимый баланс между поставкой и потреблением электроэнергии, что является обязательным условием устойчивой работы энергосистемы; необходимо отметить, что такая ситуация представляет значительную угрозу для энергетической безопасности страны.

4. Напряженная ситуация складывается и в системах **централизованного теплоснабжения (СЦТ)**, где износ тепловых сетей и котельного оборудования является недопустимо высоким, что создает угрозу возрастающего числа аварий в системах теплоснабжения городов и населенных пунктов; действующие теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) Казахстана построены в основном в 60–80-е годы прошлого столетия. С

1990–2010 гг. вводы мощностей на ТЭЦ осуществлялись в весьма ограниченных масштабах, что привело к повсеместному их износу и необходимости их замены. Общая протяженность тепловых сетей в СЦТ (в двухтрубном исчислении) составляет около 12 тыс. км. Около 70% от общей протяженности теплотрасс имеют возраст более 20 лет при нормативном сроке службы 25 лет. Повреждаемость тепловых сетей неуклонно нарастает, особенно в СЦТ городов с высоким уровнем грунтовых вод.

5. Устаревшие технологии и соответственно низкая энергоэффективность отрасли и большой объем загрязнения электростанциями окружающей среды.

На долю объектов электроэнергетики приходится:

43–45% общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, треть из которых составляют выбросы золы, выбросы от ТЭЦ являются преобладающими – до 70%.

68–73% общих эмиссий парниковых газов;

10% ежегодного объема образования отходов;

300 млн т накопленных ЗШО, под складирование которых занято порядка 8,5 тыс. га, переработка ЗШО в промышленном масштабе в Казахстане практически отсутствует.

Низкой по сравнению с зарубежными странами является и энергоэффективность электростанций. Недопустимо высоким, даже с учетом протяженности электрических сетей Казахстана, остается уровень потерь электроэнергии при ее передаче и распределении.

Б. Иная деятельность в сфере электроэнергетики.

Энергомашиностроение и казахстанское содержание. Из-за практического отсутствия отечественного энергомашиностроения промышленность Казахстана лишь в незначительной степени удовлетворяет потребности отечественной энергетики в электроэнергетической продукции (в основном электротехническая аппаратура и кабельная продукция). По этой же причине электроэнергетические компании Казахстана закупают 95% необходимого оборудования за рубежом, что не только снижает казахстанское содержание в отрасли, но и угрожает энергетической безопасности республики.

Эта проблема усугубляется тем, что основное и вспомогательное оборудование, установленное на тепловых электростанциях (ТЭС) РК, изготовлено на заводах России, на технические стандарты которых ориентирована продукция существующих предприятий энергомашиностроения Казахстана. Однако в последние годы при реконструкции, модернизации и новом строительстве наблюдается тенденция перехода на оборудование мировых производителей, которая, очевидно, будет нарастать.

Строительно-монтажные, проектно-изыскательские и научно-исследовательские работы. Основной проблемой этого сегмента электроэнергетики Казахстана является невостребованность таких видов работ, причем наука была практически исключена из процесса реформирования и развития отрасли.

Обеспечение кадрами. Серьезной проблемой являются старение кадров и отсутствие отечественной базы подготовки по многим специальностям для энергоремонтных, энергостроительных, энергомонтажных и эксплуатационных работ.

Существующая инфраструктура и материально-техническое оснащение организаций технического и профессионального образования не обеспечивают подготовку кадров в необходимом количестве и надлежащего качества.

2. Причины возникновения проблем. Коренной причиной существующих проблем в электроэнергетике стали недооценка серьезности и масштабности наметившихся на рубеже 1990 – 2000 годов и получивших развитие в последующий период глубинных проблем отрасли и как результат непринятие своевременных и адекватных мер по их решению.

Этому способствовали внешнее благополучие в отрасли и достаточно надежное обеспечение экономики республики тепловой и электрической энергией в этот период, что объясняется, прежде всего, резким (в два раза) снижением потребления электроэнергии во второй половине 1990-х годов по сравнению с 1990 годом (таблица 1) и сохранившимся к этому времени потенциалом отрасли как в генерации, так и в электрических сетях.

Таблица 1 – Потребление и производство электроэнергии с 1991 по 2013 г., млрд кВт·ч

Показатели	1990	1991	1995	1998	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2013
Потребление	104,7	101,6	73,9	53,0	54,4	68,1	76,5	80,6	77,9	76,6	88,1	90,8
Производство	87,4	86,0	66,5	49,2	51,4	67,6	76,4	80,0	78,4	82,6	86,2	91,9

Поэтому вплоть до начала 2000-х годов в электроэнергетике Казахстана имелись значительные резервы как в области генерации, так и в электрических сетях, что позволяло отрасли успешно справляться с текущими задачами по энергоснабжению, несмотря на все возраставшие проблемы в ней и сложный, как показала и отечественная и международная практика, процесс реструктуризации отрасли, предусматривавший переход от вертикально-интегрированной монополии к либерализованному конкурентному рынку.

Результатом недооценки этих вопросов и недостаточного внимания к отрасли стало нарастание проблем как в сфере электроэнергетики (генерация, передача и распределение электроэнергии), так и в сфере теплоэнергетики (СЦТ) и, прежде всего, их недостаточная инвестиционная привлекательность.

2.1. Причины проблем в генерации электроэнергии. Непосредственными причинами указанных проблем в области генерации электроэнергии являются:

1. Необеспечение своевременных и адекватных инвестиционных стимулов как для реабилитации существующих, так и для строительства новых генерирующих активов, что, в свою очередь, стало результатом следующих факторов:

незавершенность начатого в 1996 году формирования конкурентного оптового рынка электрической энергии;

введенная с 2009 года система предельных тарифов на рынке электроэнергии, наряду с известными достоинствами, обладает в то же время и серьезными недостатками: 1) практически полное прекращение конкуренции между производителями и переход от конкурентного ценообразования к административному регулированию цен; 2) отсутствие механизма, обеспечивающего равные, как на конкурентном рынке, условия для всех энергоснабжающих, энергопередающих организаций и потребите-

лей, являющихся субъектами оптового рынка электрической энергии (далее оптовых потребителей) для покупки ими электроэнергии у разных электростанций; это создает условия и стимулы для электростанций (особенно для электростанций с низкими издержками и соответственно низкими предельными тарифами) продавать электроэнергию аффилированным ЭСО, которые затем могут ее перепродавать оптовым потребителям по ценам выше предельных тарифов; 3) инвестиционная непривлекательность отрасли для строительства новых генерирующих мощностей; 4) неравные, как показала практика, возможности для производителей, включенных в одну и ту же ценовую группу, для получения инвестиционного дохода в рамках единого для каждой ценовой группы предельного тарифа;

на розничных рынках поставленная при их либерализации цель – предоставление розничным потребителям свободы выбора поставщиков электроэнергии и соответственно создание условий для конкуренции между энергоснабжающими организациями – так и не была достигнута, так как на них доминируют энергоснабжающие организации, созданные региональными электросетевыми компаниями.

2. Несовершенство нормативной технической базы отрасли, состоящей из более чем тысячи документов, что негативно отразилось на техническом состоянии энергетических объектов.

3. Наделение ОАО КЕГОС, являющегося коммерческой организацией и одним из крупнейших покупателей электроэнергии на оптовом рынке, также функциями системного оператора, осуществляющего руководство как ЕЭС РК, так и оптовым рынком электроэнергии. Эти полномочия дали ОАО КЕГОС исключительную «рыночную власть» и создали предпосылки для его незаинтересованности в развитии конкурентного рынка и в формировании прозрачных и не дискриминационных рыночных механизмов.

4. Отсутствие среди институтов развития экспертно-аналитического центра, оказывающего уполномоченному органу поддержку в разработке и реализации государственной политики в электроэнергетике Казахстана, в которой, как и во всем мире, в последние годы происходят сложные технические и рыночные преобразования.

2.2. Причины проблем в электросетевой деятельности. Ситуация с магистральными передающими электрическими сетями, находящимися на балансе АО КЕГОС, обстоит в принципе на достаточно приемлемом уровне в отличие от распределительных электрических сетей, которые характеризуются высокой изношенностью и большими электрическими потерями.

Согласно действующему законодательству для снижения физического износа сетей, оборудования и электрических потерь РЭК разрабатывают и реализовывают инвестиционные программы, рассчитанные на 2–3 года и направленные на модернизацию и обновление активов. При этом объем финансирования инвестиционной программы рассчитывается исходя из тарифа, утвержденного АРЕМ. В 2014 году требования к инвестиционной программе РЭКов по срокам законодательно увеличены до 5 лет и более.

С целью повышения эффективности производственной и финансовой деятельности РЭК АРЕМ РК с 1 января 2013 года ввело регулирование тарифов по методу сравнительного анализа (бенчмаркинг).

Сложность применения сравнительного анализа при установлении тарифов РЭК снижает прозрачность регулирования, пределы понимания и участия заинтересованных сторон в политике регулирования тарифов РЭК. Поэтому применение метода сравнительного анализа выявило ряд проблем:

- ограничение применения данной методики вследствие несопоставимости основных характеристик РЭК;
- непрозрачность методики расчета тарифа и, как следствие, потенциальная субъективность ее применения и снижение инвестиционной привлекательности сектора.

2.3. Причины проблем в системах централизованного теплоснабжения (СЦТ).

Основными из них являются:

- 1) недостатки нормативной правовой базы;
- 2) отсутствие схем теплоснабжения городов для обоснования тепловой и электрической мощности ТЭЦ исходя из климатических условий, потребности в теплоэнергии, наличия районов плотной застройки, состояния оборудования существующих ТЭЦ и планов их реконструкции, потребности в электрической мощности;
- 3) отсутствие координации местными органами власти разработки программ модернизации и реконструкции тепловых сетей и контроля их исполнения;
- 4) недогрузка тепловых мощностей ТЭЦ, что привело к ухудшению их технико-экономических показателей, росту себестоимости производства тепла и электроэнергии, неконкурентоспособности электроэнергии, выработанной ТЭЦ, с электроэнергией крупных конденсационных электростанций РК, расположенных вблизи месторождений дешёвого угля.

3. Важнейшие задачи в электроэнергетике РК и меры по их решению. Сегодня важнейшей задачей в электроэнергетике страны является реализация мер, направленных на:

- 1) дальнейшее совершенствование рынка электрической энергии;
- 2) совершенствование тарифообразования в секторе передачи и распределения электроэнергии; при этом в ценообразовании в обязательном порядке необходимо обеспечить соблюдение баланса между интересом потребителей в покупке электроэнергии по доступной цене, с одной стороны, и интересом отрасли не только в возмещении текущих затрат, но и в привлечении инвестиций в модернизацию и развитие – с другой;
- 3) совершенствование централизованного теплоснабжения;
- 4) совершенствование системы управления электроэнергетикой.

3.1. Меры по совершенствованию рынка электроэнергии. 27 мая 2014 года Министерство индустрии и новых технологий РК представило в Правительство Казахстана Концепцию по развитию топливно-энергетического комплекса до 2030 года, согласно которой планируется переход к целевой **полностью конкурентной** модели оптового рынка электроэнергии к 31 декабря 2025 года.

Согласно концепции на переходном этапе предполагается работа следующих субрынков:

- 1) рынок централизованной торговли мощностью – ежегодный конкурентный обор поставщиков, которые оказывают системному оператору услуги по поддержанию готовности электрической мощности;

2) рынок централизованной торговли электроэнергией – торговля электроэнергией на единой площадке с целью заключения контрактов на поставку электроэнергии;

3) балансирующий рынок – урегулирование системным оператором отклонений фактических объемов поставки и потребления электроэнергии от плановых в режиме реального времени;

4) рынок децентрализованной торговли – заключение двусторонних договоров на куплю-продажу электроэнергии между производителями и потребителями.

1. Концепцией подразумевается установление предельных тарифов на рынке мощности для соответствующих групп энергопроизводящих организаций, как это прописано в поправках к Закону «Об электроэнергетике».

2. На переходном этапе для реализации государственной политики в области электроэнергетики предполагается создание национального оператора в сфере производства электроэнергии в Республике Казахстан, который будет выполнять следующие функции:

- строительство социально важных объектов электроэнергетики, в случае если соответствующий государственный конкурс на строительство не состоялся;

- централизованная деятельность по купле-продаже экспортируемой и импортируемой электрической энергии;

- участие в строительстве объектов энергетики за пределами Республики Казахстан по поручению Правительства Республики Казахстан.

3. В целях регулирования отрасли предполагается создание некоммерческой организации «Совет рынка», которая должна стать совещательной площадкой для субъектов оптового рынка электроэнергии и разрабатывать регламенты его работы.

Дополнительно к мерам, предусмотренным в этой концепции, в целях инновационного обновления отрасли предлагаются также следующие мероприятия:

А. Разработка Программы модернизации электростанций РК, в которой должны быть определены:

- на основе анализа текущей ситуации в данном сегменте средне- и долгосрочные целевые задачи для модернизации и реконструкции существующих генерирующих мощностей с учетом применения современных инновационных технологий и оборудования, обязательные для исполнения для разных категорий и типов генерирующих мощностей (с указанием этапов и сроков);

- целевые показатели эффективности для разных категорий и типов генерирующих мощностей.

Б. Внесение изменений в «Правила организации и функционирования рынка электрической мощности», направленные на создание для энергопроизводящих организаций в переходный период (т. е. до создания в 2025 году полностью конкурентного рынка) стимулов для целевого использования полученных на данном рынке средств.

В. Совершенствование нормативно-правовой базы в части охраны окружающей среды и разработка программы по ограничению загрязняющих выбросов в окружающую среду электростанциями.

Г. Формирование полноценной нормативно-технической базы (стандарты, технические регламенты и др.) и ее постоянное обновление и совершенствование с учетом современного уровня технологий и оборудования.

3.2. Совершенствование тарифообразования в секторе передачи и распределения электроэнергии. Возможным вариантом совершенствования тарифообразования и улучшения инвестиционного климата для РЭК представляется внедрение успешно применяемых в мировой практике методик установления предельных цен на долгосрочный период с прогнозируемыми показателями по необходимому доходу и возмещаемым статьям затрат, а также показателей надежности и качества сервиса и обслуживания потребителей.

В целях дальнейшего обновления, модернизации активов с применением новых и инновационных технологий и оборудования предлагаются также следующие мероприятия: а) разработка программы по модернизации и развитию магистральных и распределительных электрических сетей; б) внесение изменений и дополнений в «Правила утверждения инвестиционной программы (проекта) субъекта естественной монополии и ее корректировки»; в) закрепление на законодательном уровне ответственности государственного органа, осуществляющего руководство в сферах естественных монополий и на регулируемых рынках, за развитие распределительных электрических сетей.

3.3. Совершенствование централизованного теплоснабжения. Основными задачами в области централизованного теплоснабжения являются:

1) разработка и совершенствование нормативной правовой базы в целях обеспечения надежного функционирования и развития систем централизованного теплоснабжения;

2) разработка в каждом городе схем теплоснабжения для обоснования тепловой и электрической мощности ТЭЦ исходя из климатических условий, потребности в тепловой энергии, наличия районов плотной застройки, состояния оборудования существующих ТЭЦ и планов их реконструкции, потребности в электрической мощности;

3) координация разработки местными органами власти программ модернизации и реконструкции тепловых сетей и контроль их исполнения;

4) активное внедрение при проведении реконструкции и в новом строительстве современной бесканальной прокладки стальных трубопроводов, предварительно изолированных в заводских условиях высококачественной теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке.

3.4. Меры по совершенствованию системы управления электроэнергетикой. В целях совершенствования системы управления электроэнергетикой страны представляется целесообразным принять следующие меры:

1. В целях усиления межотраслевой координации в системе государственного управления экономикой передать уполномоченному органу в области электроэнергетики Министерству энергетики РК также полномочия и функции.

2. В интересах дальнейшего устойчивого развития рынка электроэнергии и создания на нем справедливой конкурентной среды и благоприятного инвестиционного климата проведение реструктуризации ОАО КЕГОК, предусматривающей: а) назначение независимого системного оператора (НСО) на базе Национального диспетчерского центра АО КЕГОК; б) возвращение АО КЕГОК его первоначальных функций оператора Национальной электрической сети (НЭС).

3. Законодательное усиление ответственности Министерства экономики РК (в лице его Комитета регулирования естественных монополий и защиты конкуренции) за устойчивое функционирование и развитие электрических сетей и других регулируемых секторов электроэнергетики.

4. Создание при уполномоченном государственном органе экспертно-аналитического центра по вопросам развития электроэнергетики, а также возобновляемых источников энергии.

3.5. Меры в иных сферах деятельности.

Энергомашиностроение. В области энергетического машиностроения путем создания совместных или лицензионных производств необходимо расширить ассортимент выпускаемого энергетического оборудования, к наиболее перспективным направлениям которого для Казахстана относятся производство котельного, турбинного и электросетевого оборудования, технические характеристики которых следует довести до мировых стандартов с тем, чтобы за счет импортозамещения радикально повысить казахстанское содержание.

Научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы. Для развития казахстанского содержания в этой области необходимо принять следующие меры:

– государственная поддержка, направленная на стимулирование инноваций и НИОКР;

– разработка механизма финансирования НИОКР;

– создание отраслевых научно-исследовательских институтов;

– развитие всех форм государственно-частного партнерства.

Подготовка кадров. Необходимо увеличить подготовку специалистов по востребованным отраслевым специальностям в системе высшего и среднего специального образования страны, а также за рубежом в рамках программы «Болашак».

*А. М. Магауов,
генеральный директор Казахской ассоциации
организаций нефтегазового и энергетического комплекса
KAZENERGY*



Национальный доклад, посвященный топливно-энергетическому комплексу Республики Казахстан, разработан ассоциацией KAZENERGY в целях формирования комплексного представления о текущей ситуации и перспективах развития базовых секторов казахстанской экономики, в совокупности составляющих ТЭК РК.

Основные задачи доклада:

обзор текущего состояния угольной, нефтегазовой, урановой отраслей, а также сфер производства, передачи, распределения, маркетинга и потребления электрической и тепловой энергии;

оценка потенциала РК по использованию возобновляемых источников энергии, реализации «зеленых инициатив», снижению энерго- и ресурсоемкости экономики, в том числе в свете проведения в Астане Международной выставки «EXPO-2017»;

выявление основных проблем и системных пробелов в ТЭК РК;

оценка перспектив развития ТЭК РК и выработка рекомендаций, направленных на совершенствование механизмов государственного регулирования и повышение инвестиционной привлекательности комплекса.

Национальный доклад отражает стратегический взгляд KAZENERGY на устойчивое развитие топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан как единого целого.

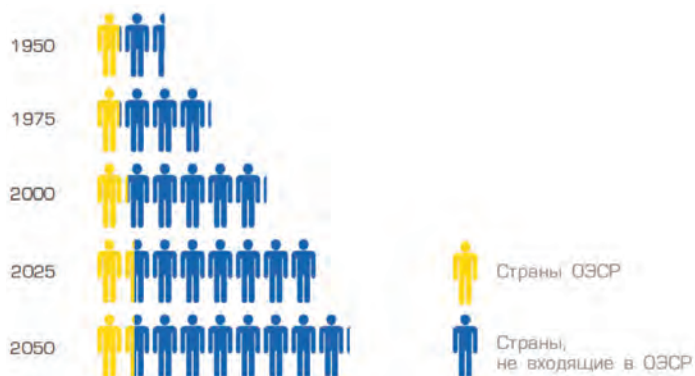
Глобальные вызовы:

рост населения (80 млн чел. в год);

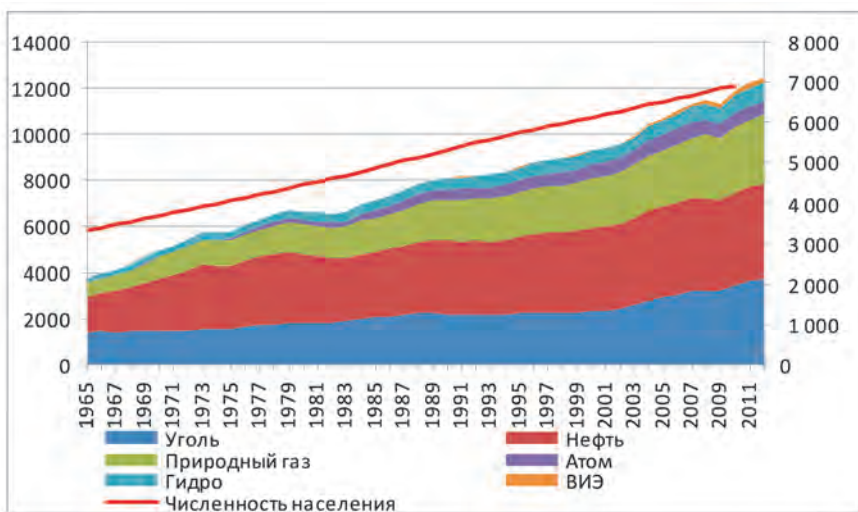
рост энергопотребления (250 млн т н.э. в год);

рост энергопотребления на добычу энергоресурсов (снижение EROI);

ограниченность запасов ископаемых энергоресурсов.



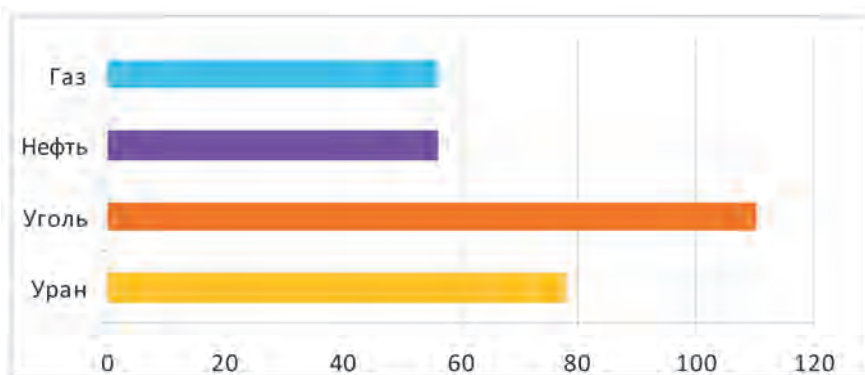
Численность населения земли, млрд чел



Объемы мирового потребления первичной энергии

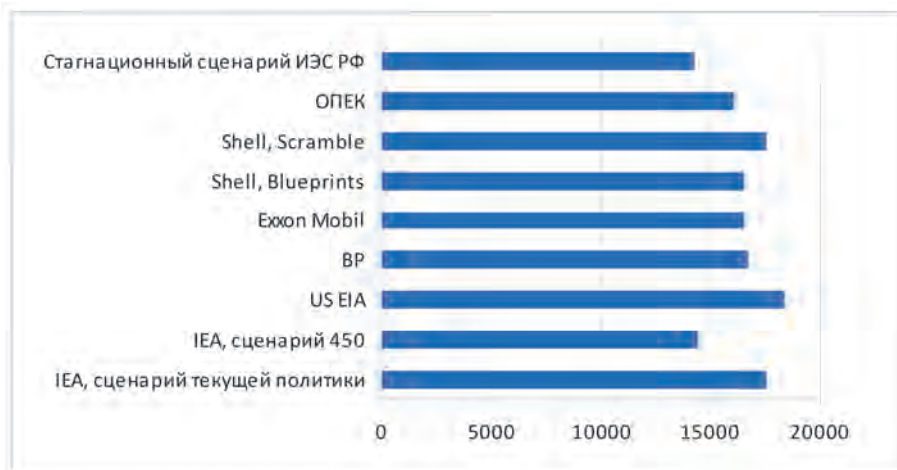
Снижение энергетической рентабельности

Ресурс	Страна	Годы	EROI
Нефть и газ	Канада	1970	65
		2010	15
	США	1970	30
		2007	11
Уголь	США	1950	80
		2007	60
	Китай	1995	18
		2009	21



Срок истощения доказанных запасов энергоресурсов, лет

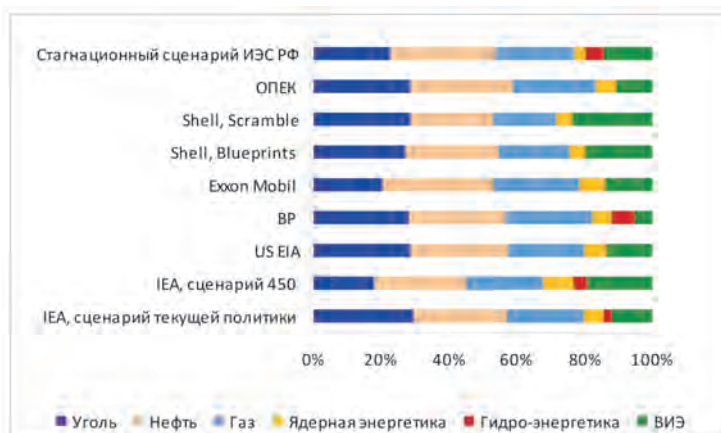
Прогноз мирового потребления первичной энергии в 2030 году, млн т н.э.:
нефть, газ и уголь до 2030 года сохранят свои позиции в качестве ведущих мировых энергоносителей.



Прогноз мирового потребления первичной энергии в 2030 году, млн т н.э.

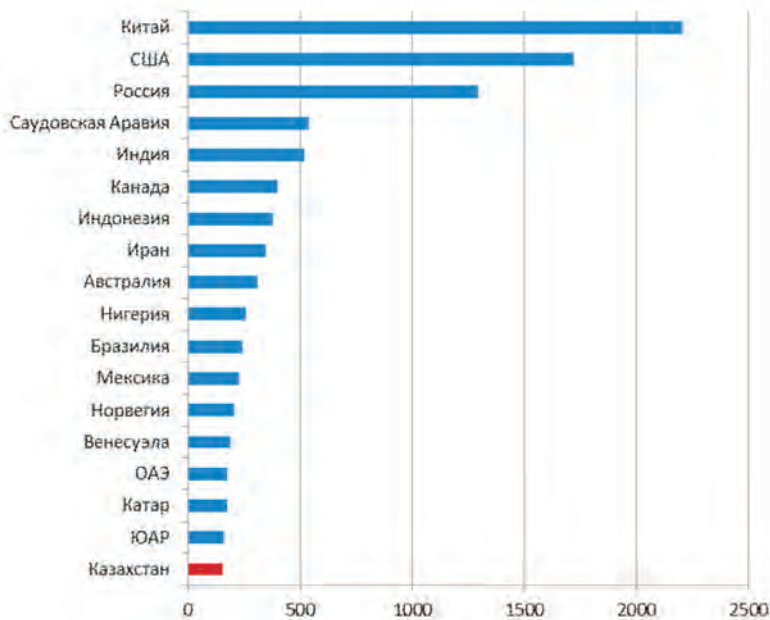
Вероятный прогноз структуры мирового топливного баланса на 2030 г.:

объемы мирового потребления первичной энергии вырастут примерно на треть;
доля нефти, газа и угля составит 85%;
доля нефти сократится до 25% в основном за счет роста доли газа (в том числе СПГ);
реализация после 2020 года проектов по созданию ядерных реакторов 4-го поколения и повышению эффективности использования ядерного топлива может привести к существенному увеличению количества строящихся АЭС, основной рост строительства АЭС придется на развивающиеся страны;
доля ВИЭ в производстве электроэнергии составит не более 10%.
Прогноз структуры мирового потребления первичной энергии в 2030 г.

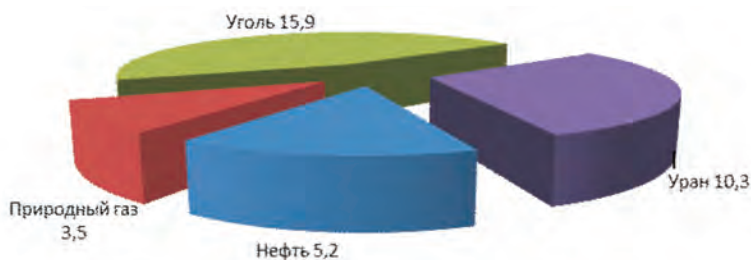


Производство первичных энергоресурсов

Казахстан входит в двадцатку мировых лидеров по производству первичных энергоресурсов.



Производство первичных энергоресурсов по странам, млн т н.э.



Доказанные запасы ископаемых энергоресурсов, млрд т н.э.



Производство первичных энергоресурсов в РК по видам, млн т н.э.

Совокупный объем извлекаемых запасов топливных ресурсов (нефть, газ, уголь и уран) Казахстана составляет порядка 34,9 млрд т нефтяного эквивалента (т н.э.).

В структуре извлекаемых природных энергоресурсов Казахстана основную долю составляют запасы угля и урана (46 и 30% соответственно), при этом на углеводороды приходится в сумме до 25%.

Наибольший объем экспорта в энергетическом эквиваленте приходится на уран (255,8 млн т н.э., или менее \$2,5 млрд), а в стоимостном – на нефть (79,2 млн т н.э., или \$56,4 млрд).

Уважаемые коллеги!

В годы существования Советского Союза в Казахстане и России была построена, не имевшая в то время аналогов в мире, линия электропередачи с напряжением 1150 киловольт Барнаул – Экибастуз – Кокшетау – Кустанай – Челябинск для транспортировки электроэнергии из Сибири на Урал через территорию Казахстана, с дальнейшим транспортом электроэнергии в центр России и Европу. Этот уровень электрического напряжения позволяет более чем в три раза увеличить пропускную способность линии по сравнению с существующими. В настоящее время по ряду субъективных причин эта линия электропередачи переведена на работу с более низким напряжением 500 киловольт, что снижает её пропускную способность на 70% .



Участок линии протяжённостью более чем 1000 километров проходит по территории Казахстана. Он проработал на проектном напряжении более 4 лет, что дало возможность приобрести опыт эксплуатации линии уникального в мире класса.

Возможность доставки больших масс электроэнергии на сверхдальние расстояния, появляющаяся благодаря переводу транспорта электроэнергии на принципиально новый класс электрического напряжения, может сделать Казахстан активным участником Российско-Европейского энергетического рынка, создаст условия для проникновения казахстанской электроэнергии на энергетические рынки южных сопредельных с нами стран (включая Афганистан, Иран, Пакистан, Западный Китай). Возрастает заинтересованность внешних инвесторов в развитии энергоисточников в Казахстане, так как качественно увеличивается возможность транспорта и продажи электроэнергии.

Линия электропередачи уже построена и существует, и для её перевода снова на проектное напряжение 1150 киловольт требуются сравнительно небольшие капиталовложения, а получаемый эффект от роста объёмов производства, транспорта и сбыта электроэнергии исключительно высок, следовательно, очень велика коммерческая выгодность проекта.

Например, при затратах на первом этапе в 50–70 миллионов американских долларов можно увеличить пропускную способность линии электропередачи дополнительно до 500 мегаватт. Окупаемость инвестиций составит не более одного года. Строительство электростанции такой же мощности на дешёвом экибастузском угле потребует затрат около одного миллиарда долларов со сроком окупаемости не менее 10 лет.

Очень высока инновационная значимость проекта, так как линия электропередачи такого класса электрического напряжения в мире существует только в Китае и построена в 2009 году, гораздо позже, чем у нас.

В процессе работы над этим предложением мною были проведены переговоры со специализированными эксплуатационными, проектно-конструкторскими,

строительно-монтажными организациями, а также с заводами-изготовителями специального оборудования как в России, Украине, так и в дальнем зарубежье (Германия, США, Китай). Отзывы в основном положительные. Имеются проработки как с ответственными, так и с международными финансовыми институтами.

В последние годы в связи со строительством новых магистральных газопроводов значительно улучшилось газоснабжение юго-восточных регионов страны. Это позволяет качественно увеличить применение газа для выработки тепла и электроэнергии. В этих целях предлагается строительство высокоэффективных газопоршневых электростанций мощностью от 50 до 200 МВт и тепловой производительностью от 42 до 168 Гкал/ч на площадках существующих ТЭЦ и котельных, а также для энергоснабжения вновь строящихся жилых массивов.

Реализация первой очереди проекта мощностью 50 МВт «под ключ» **возможна за один год**, при традиционной технологии это заняло бы 7–8 лет.

Срок окупаемости – 4–4,5 года (в энергетике аналогичный показатель обычно составляет до 12–15 лет).

Агрегаты станции имеют **высокий КПД** – до 94% и требуют **небольшие площади для размещения**. При мощности 100 МВт достаточно 2 га земельной площади. Для сравнения, Алматинские ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 приблизительно такой же мощности занимают по несколько десятков гектаров.

Простота и надежность эксплуатации – персонал электростанции мощностью 100 МВт состоит из 2–5 человек.

Технология и оборудование станции соответствуют самым высоким **экологическим стандартам**.

Имеются договоры:

с западной компанией с первоклассным рейтингом о возможности поставки оборудования;

с западноевропейским банком о возможности кредитования по схеме экспортного или проектного финансирования от 70 до 85 % от суммы стоимости проекта без предоставления залогов в зависимости от участия заказчика.

Ранее проведенными исследованиями показано, что на юго-востоке Казахстана имеется более 50 энергопригодных рек, но их потенциал используется крайне ограниченно. Предлагаемый проект *WaterCurrentGenerator* представляет новейшие инновационные технологии, которые позволяют наиболее эффективным путем кинетическую энергию в водотоках преобразовывать в электрическую, не имеет шумовых и визуальных воздействий и не препятствует продолжению и развитию речных и морских перевозок.

Энергогенераторы от 100 кВт до 10 МВт, в зависимости от скорости, глубины и ширины потока, размещаются на берегу, что обеспечивает их круглосуточную надежную и безопасную работу и облегчает организацию их периодического технического обслуживания, устраняя необходимость в выполнении сложной работы на воде или под водой.

Система не требует для работы применения ископаемых видов топлива (нефть, уголь, газ). Не выделяется CO₂ и другие газы, загрязняющие окружающую среду. Технология квалифицируется на получение «карбон кредит» как зеленая техно-

логия. Она не наносит никакого вреда водной флоре и фауне. Нет необходимости в строительстве дамб, плотин или других гидросооружений. Сроки пуска в эксплуатацию комплекса под ключ 7–9 месяцев с учетом проведения проектно-сметных работ. Может быть легко и быстро демонтирована для обслуживания оборудования или в случае производства каких-либо работ в реке или канале. Очень проста в сервисе и не требует высокой квалификации обслуживающего персонала. Расчетный срок эксплуатации не менее 40 лет.

Она может быть установлена практически на любом водном пути, который имеет скорость потока от 5–6 км/ч или более. При увеличении скорости воды в два раза количество производимой энергии увеличивается в 8 раз. Типичные области применения *WaterCurrentGenerator* включают в себя реки, естественные и искусственные каналы, проливы и другие водные объекты, способные обеспечить надежное и бесперебойное движение водного потока.

Система надежная, высокоэффективная, низкочатратная и стабильная. Для примера, расчетная окупаемость блока 8 МВт при затратах на финансирование проекта 11,5 млн долларов составляет 2 года.

Развитие как электроэнергетики, так и любой другой отрасли промышленности в очень большой степени зависит от развития производства электротехнического оборудования. Одним из приоритетов государственной индустриальной инновационной политики в Казахстане является развитие электромашиностроительной отрасли. Предлагается строительство в городе Алматы с участием турецкой компании BAY SYSTEMS электротехнического завода, объём и номенклатура выпуска которого рассчитаны таким образом, чтобы они имели востребованность как на казахстанском рынке, так и на рынке Единого экономического союза.

Учитывая высокую международную значимость проведения выставки «ЭКСПО-2017», предлагается просить Правительство Казахстана поручить Национальной инженерной академии Республики Казахстан совместно с Казахстанской национальной академией естественных наук создать рабочую экспертную группу по организации и проведению Всемирной выставки «ЭКСПО-2017», наделив её соответствующими полномочиями и финансированием.

*Ж. М. Адилев,
ректор КазНТУ им. К. И. Сатпаева*

Основные проблемы и принципы подготовки инженерных кадров в контексте задач Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации»



В рамках Всемирного конгресса инженеров и ученых предполагается обсуждение проблем кадрового обеспечения энергетики будущего, актуальность и масштабность которых очевидны и требуют пристального внимания.

В настоящее время на основе синергии телекоммуникационных и энергетических технологий и систем создана серия прорывных открытий и технологий для развития энергетики будущего. Новые формы коммуникации стали средством для создания, организации и управления новыми источниками энергии, в том числе возобновляемой.

Казахстан располагает достаточными источниками энергии, при этом есть угроза истощаемости запасов нефти и газа. Но страна имеет большой потенциал выработки энергии при помощи воды, ветра, биомассы и солнца.

Сегодня можно определить следующие основные принципы энергетики будущего:

- переход на возобновляемые источники энергии;
- превращение используемых объектов в мини-электростанции;
- водородные и другие технологии по хранению энергии;
- использование энергетического интернета для управления распределением энергии;
- перевод автомобильного парка на электромобили.

По прогнозам экспертов, в ближайшие 15–20 лет внешняя среда будет благоприятней для Казахстана, чем в последующие десятилетия, и за это время республика должна существенно продвинуться в формировании наукоемкой экономики, совершенствовании институциональной среды и укреплении человеческого капитала.

Для формирования кадрового потенциала энергетики будущего необходима подготовка высококвалифицированных специалистов, отвечающих следующим профессиональным требованиям:

- системное мышление;
- работа в режиме высокой неопределенности и быстрой смены условий задач;
- умение управлять проектами;
- программирование и IT-решения;
- работа с искусственным интеллектом;
- клиентоориентированность, умение работать с запросами потребителей;
- навыки межотраслевой коммуникации.

Опыт обучения бакалавров, магистров и докторов PhD показал, что их подготовка не в полной мере решает проблему кадрового сопровождения и реализации новых инновационных технологий вследствие недостаточности приобретенных ими в процессе обучения компетенций. Необходима более тесная интеграция образования, науки и производства.

Хочу выразить признательность многотысячному коллективу КазНТУ Министерству образования и науки за поддержку в создании на базе университета совместно с НИИ холдинга «Парасат» Национального исследовательского технического университета. Это даст мощный импульс для развития инженерного образования, науки и инноваций в стране.

В современных условиях для развития энергетики будущего необходимо внедрение новых образовательных программ, построенных на принципах устойчивого «зеленого» развития. Следует осуществлять подготовку специалистов, которых по функциональным обязанностям можно подразделить на специалистов по энергопроизводству и энергопотреблению.

По мнению экспертов Агентства стратегических инициатив и сотрудников Московской школы управления «Сколково», в будущем окажутся востребованными следующие профессии:

Профессии будущего в области энергопроизводства:

1. **Менеджер по модернизации систем энергогенерации.** Управляет модернизацией электростанций различного типа и внедряет энергоэффективные методы использования ресурсов.

2. **Разработчик микро- и локальных систем генерации.** Специалист по разработке и проектированию технологий в области микро- и малой генерации энергии.

3. **Метеоэнергетик.** Специалист, занимающийся оптимизацией и прогнозированием генерирующих мощностей с учетом климатических условий.

4. **Проектировщик систем рекуперации.** Специалист по технологическим решениям аккумулирования избыточной энергии движущихся средств.

5. **Дизайнер носимых энергоустройств.** Дизайнер, занимающийся созданием товаров индивидуального пользования с функцией микрогенерации.

6. **Проектировщик энергонакопителей.** Занимается проектированием систем накопления энергии, позволяющих сберегать энергию для перераспределения.

Профессии будущего в области энергопотребления:

1. **Энергозаправщик.** Специалист, осуществляющий обслуживание инфраструктуры для заправки электромобилей и других средств.

2. **Системный инженер интеллектуальных энергосетей.** Специалист, занимающийся проектированием, моделированием и сопровождением умных энергосистем на протяжении всего жизненного цикла.

3. **Энергоаудитор.** Специалист по использованию и оптимизации энергопотерь частным сектором и производственными комплексами.

4. **Маркетолог энергетических рынков.** Специалист, занимающийся решением задач энергосбыта на высоко конкурентном рынке с учетом множества частных производителей.

5. **Защитник прав энергопотребителей.** Специалист, занимающийся защитой прав потребителей по соответствию стандартам и правовым вопросам энергопотребления.

Таким образом, будущая модель образования XXI века должна включать в себя два основных фактора – научная подготовка и профессиональная подготовка и один «опережающий фактор» – надпрофессиональная подготовка. Во-первых, это опережающее развитие самого образования (ориентированного на цели устойчивого развития) по сравнению с другими сферами деятельности (экономической, политической и др.). Во-вторых, это опережающий механизм в самом образовательном процессе, его ориентация на будущее и формирование модели «зеленого устойчивого общества».

*М. М. Мырзахметов,
зав. кафедрой «инженерные системы и сети»
КазНТУ им. К. И. Сатпаева*

О ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ



Будущее человечества и всей мировой цивилизации связано с состоянием энергоресурсов и окружающей среды. Рост народонаселения, повышение уровня жизни и благосостояния людей ведут к возрастанию потребления энергоресурсов и нарушению среды обитания людей.

Энергоресурсы бывают возобновляемые и невозобновляемые, исчерпаемые и неисчерпаемые.

Традиционные энергоресурсы из минерального сырья – угля, нефти, газа исчерпаемые и невозобновляемые; нетрадиционные энергоресурсы – солнце, ветер, вода возобновляемые и неисчерпаемые.

Состояние окружающей среды будет постоянно изменяться в сторону ухудшения среды обитания живых организмов и человека.

В настоящее время учебные заведения готовят специалистов – энергетиков по использованию традиционных энергоресурсов, в области охраны окружающей среды, специалистов-экологов по контролю за состоянием окружающей среды и предотвращению негативного влияния на окружающую среду от использования природных ресурсов.

В XXI веке необходимо в корне менять подготовку специалистов с высшим образованием с учетом настоящего и перспектив на будущее. С 2003 г., в соответствии с Болонской декларацией (1999 г.), высшие учебные заведения республики перешли на 3-ступенчатую подготовку специалистов бакалавр – магистр – доктор. Инструменты Болонского процесса страны ЕС начали внедрять в практику в 2008–2010 годах. Принципиально важный момент заключается в том, что европейская система кредитной технологии и Болонский процесс в целом не являются системой образования. Кредиты и Болонский процесс в ЕС направлены на достижение весьма узкой ограниченной цели – обеспечение сравнимости академических степеней и достижения большей мобильности студентов в Европе. В обозримом будущем в Европе не предполагается создания унифицированной единой системы высшего образования, и каждая страна сохранит свою уникальную систему, имеющую национальные, исторические и культурные традиции.

Согласно Закону «Об образовании» РК бакалавриат, магистратура, докторантура являются академическими степенями высшего образования, которые определяют направления подготовки и специализации по нескольким специальностям. Бакалавриат – базовое высшее образование, срок обучения 4 года, магистратура профессиональная – 1,5 года и научно-педагогическая – 2 года, докторантура – 3 года. Госзаказ на бакалавриат составляет 35 000 студентов, госзаказ на магистратуру – 10–15% от бакалавриата. В США магистранты составляют 90% от бакалавриата, в ЕС – 74%.

Если мы хотим войти в число 30 ведущих стран мира, нам следует приблизиться хотя бы к ЕС, магистранты должны составлять не менее 70% бакалавриата.

В настоящее время создаются научно-исследовательские университеты, например КазНТУ им. К. И. Сатпаева объединяется с 9 НИИ холдинга «Парасат».

Если мы намерены перейти на инновационное направление развития экономики, то в составе исследовательских университетов должны быть опытно-конструкторские бюро, опытно-промышленное производство и центры коммерциализации научных достижений. Успехи экономического развития республики определяют индустриально-инновационные технологии, поэтому организация исследовательских университетов – хороший шаг для развития народного хозяйства. В дальнейшем необходимо создать правовые и научно-методические основы внедрения результатов НИР в производство и улучшения подготовки высококвалифицированных специалистов.

*М. М. Бекмагамбетов,
д.т.н., председатель Отделения транспорта
и коммуникаций НИИ РК,
президент ТОО «Научно-исследовательский институт
транспорта и коммуникаций»*

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА



Одной из основных проблем в рамках «третьей промышленной революции» является подготовка кадров, в том числе для транспортного комплекса.

Необходимо понять в полной ли мере и по всем ли направлениям транспортной деятельности удовлетворяются потребности отрасли в специалистах, соответствует ли качество их подготовки существующим требованиям энергоэффективности, новым реалиям.

Это является достойной задачей для совместной работы Министерства образования и науки, Министерства по инвестициям и развитию Казахстана, Национальной инженерной академии РК, образовательных и научно-исследовательских учреждений по

формированию концептуальных подходов к совершенствованию системы профессионального образования.

Увеличение спроса на эффективные транспортные услуги сопровождается ростом потребности в квалифицированных кадрах. И уже сегодня мы вынуждены констатировать наличие неудовлетворенного спроса по ряду специальностей.

Прежде всего, речь идет о такой новой для отрасли сфере, как интеллектуальные транспортные системы. Вопросы развертывания отдельных ИТС-технологий в последние годы широко обсуждаются на самом различном уровне – от Евразийской экономической комиссии, Министерства по инвестициям и развитию Казахстана, МВД до отдельных транспортных операторов. В первую очередь это создание системы экстренного реагирования при авариях с использованием ГЛОНАСС/GPS, систем диспетчерского руководства движением транспорта, взимание платы за проезд, управление техническими средствами организации дорожного движения и пр.

Прикладное применение таких систем становится предметом жаркого обсуждения специалистов-практиков. При этом система профессионального транспортного образования оказывается как бы в стороне.

Да, в учебных заведениях рассматриваются отдельные вопросы соприкосновения транспортной отрасли и индустрии информационных технологий. Однако теоретические знания на практике оказываются крайне далеки от реального положения дел.

Например, не вызывает сомнения тот факт, что ИТС базируются на моделировании транспортных систем/транспортных потоков. Этот предмет достаточно хорошо теоретически изучен, разработано множество программных продуктов. Однако, имея за спиной багаж таких теоретических знаний, выпускник казахстанского вуза не в состоянии приступить к практической работе. Причина тому – **отсутствие знаний о**

национальной практике применения транспортных моделей. Сегодня практически единственный успешный опыт моделирования транспортной ситуации в рамках города имеют специалисты Научно-исследовательского института транспорта и коммуникаций (НИИ ТК).

Наш опыт показывает, что прикладное применение транспортного моделирования затруднено рядом факторов. Так, в Казахстане не применяется практика создания и ведения баз данных по УДС городов и населенных пунктов, поэтому фактические параметры каждого участка УДС приходится определять в ходе полевых исследований по разработанной методологии. Причем должна быть разработана методология таких исследований.

Свои особенности имеют процессы определения узлов моделей, сбора информации о парке АТС и оценке их технико-эксплуатационных показателей, получения данных об интенсивности транспортных потоков, работе общественного пассажирского транспорта и пр. Например, проблема заключается в том, что не существует единой методологии сбора данных об интенсивности транспортных потоков, информация не накапливается, не систематизируется и не анализируется (кроме Алматы, где эту работу выполняет наш институт). НИИ ТК была разработана соответствующая инструкция, пригодная для применения в городских условиях для различных целей исследования. Этот документ был рекомендован нами для внедрения в рамках гармонизации городского информационного пространства.

Иными словами, транспортная модель – это лишь инструмент, а задача профильного образования – научить студента пользоваться этим инструментом исходя из реальных ситуаций. И сделать это без поддержки практикующих специалистов невозможно.

Решение вопроса энергоэффективности лежит не только в русле улучшения конструкций ТС, перехода на альтернативные виды топлива, но и изменения подходов к планированию, формированию, развитию транспортных систем.

В частности, требуется создание единой системы городских и пригородных перевозок, состоящей из различных видов транспорта, взаимодействующих друг с другом для достижения общей цели.

На основе результатов моделирования и практического опыта функционирования транспортных систем современных мегаполисов специалистами НИИ ТК были сформулированы следующие концептуальные подходы к совершенствованию и развитию транспортной системы г. Алматы:

1. В основу дальнейшего развития транспортной схемы города закладываются **формирование транспортных коридоров**, обеспечивающих быстрые непрерывные связи между центром города и основными системами внешнего транспорта, а также надежное функционирование пассажирских систем массового транзита.

Предусматривается создание **скоростных магистралей безостановочного движения** ТС с соблюдением принципа разнесения потоков пассажиров и ТС. Было предложено сформировать три кольца безостановочного движения:

– внутригородское скоростное кольцо (ул. Саина, Рыскулова, ВОАД – восточная объездная автомобильная дорога, пр. аль-Фараби);

– среднее кольцо;

– БАКАД (Большая алматинская кольцевая автомобильная дорога).

Доказано, что внутри кольца интенсивность и плотность транспортного потока снижаются на 20–30%. При безостановочном движении сокращаются расход топлива и выбросы вредных веществ в атмосферу.

2. Приоритет развития отдается системам общественного транспорта, включая внедрение современных систем массового транзита – метро, LRT и BRT (скоростное автобусное или троллейбусное сообщение). Основная задача – повышение конкурентоспособности системы общественного транспорта по отношению к автомобилям индивидуального использования. Целевые показатели – достижение, как минимум, паритета между объемами перевозок индивидуальным и общественным транспортом, обеспечение 30% перевозок пассажиров электротранспортом к 2020 году и до 50% к 2040 году. Также к целевым показателям относится обеспечение норм затрат времени на перемещение по городским территориям.

3. Создание на въездах в города транспортно-пересадочных узлов с достаточной пропускной способностью, которые могут обеспечить пересадку с междугородного, междугородного, пригородного транспорта на скоростной маршрутный общественный транспорт. В инфраструктуру узлов должны быть включены перехватывающие парковки, гостиницы, АЗС, пункты питания и торговли.

4. Развитие альтернативных способов перемещения по городу, включая велосипедные дорожки и пешеходные зоны.

5. Институциональное усиление градостроительной деятельности, ориентированное на обеспечение полицентризма развиваемых территорий и предусматривающее обязательную оценку воздействия на транспортную ситуацию с привлечением объективных методов транспортного моделирования.

6. И наконец, совместно с акиматом в настоящее время прорабатывается вопрос введения **платного проезда** в г. Алматы.

Однако практическая реализация перечисленных мероприятий может быть заторможена недостатком высококвалифицированных кадров.

Так, в стране отсутствуют специалисты в области организации мультимодальных и массовых скоростных пассажирских перевозок в рамках городов и агломераций.

Различные элементы системы пассажирского транспорта должны быть связаны через контракты, общую систему диспетчерского регулирования, применение единых билетов, связанную маршрутную сеть и пр. Соответственно специалисты в области организации мультимодальных пассажирских перевозок должны обладать знаниями во всех этих областях.

Остро встала проблема подготовки специалистов, способных на качественно высоком уровне заниматься вопросами разработки телематических систем, их эксплуатации, техническим обслуживанием и ремонтом, оказанием навигационно-информационных услуг.

В процессе обучения должны подробно рассматриваться технологии диспетчерского управления и информационного обеспечения наземного транспорта, особенности проектирования соответствующих систем, их взаимодействия в рамках национальной ИТС.

В последнее время предметом активного обсуждения стали вопросы применения с января текущего года на территории Таможенного союза **Технического регламента о безопасности колесных транспортных средств**. Выяснилось, что в республике не только отсутствует инфраструктура, необходимая для подтверждения соответствия автотранспортных средств, аппаратура спутниковой навигации, системы и устройства вызова экстренных оперативных служб требованиям регламента, но и специалисты, способные выполнять такую работу.

Отрасли нужны профессионалы-метрологи. За последнее время неизменно изменились технические средства измерений, применяемые на транспорте. Появились публикации, учебно-методические материалы по вопросам устройства и эксплуатации аппаратуры спутниковой навигации. Однако в них зачастую упускается тот момент, что такая **аппаратура является средством измерения**. Кстати, этот пробел наличествует и в казахстанском законодательстве.

Параметрами аппаратуры, подлежащими метрологическому контролю, являются данные о скорости, ускорении АТС и его координатах.

Необходимость сертификации бортовой аппаратуры по этим параметрам, кроме технических причин, обусловлена и судебными вопросами, связанными с характером движения АТС непосредственно до, в процессе и сразу после аварии, что дает возможность при судебной экспертизе установить виновного. Кроме того, практика показывает, что без сертификации навигационного оборудования суды не принимают данные о скорости, ускорении и расходе топлива в состоявшихся судебных решениях, мотивируя это отсутствием нормативно-правовой базы.

Применение систем транспортной навигации в страховом секторе экономики без сертификации оборудования и его метрологического контроля также невозможно по указанным причинам.

Еще одно перспективное направление обучения – это подготовка специалистов **в области планирования транспортных систем городов**.

Уровень развития транспортной инфраструктуры казахстанских городов существенно отстает от современных потребностей общества. Корень проблемы кроется в том, что в настоящее время градостроительное планирование и планирование в транспортном секторе городского хозяйства оказываются практически не связанными между собой.

До недавнего времени в национальном законодательстве, связанном с градостроительной деятельностью, отсутствовало как таковое понятие планирования транспортных систем, а в практике градостроительного проектирования не применялись оценки влияния нового строительства или изменения характера землепользования на транспортный комплекс и транспортную ситуацию в целом. Для составления оценок подобного рода в Казахстане просто не существует апробированных методологических подходов и соответственно не разрабатывались и не применяются объективные инструменты ведения адекватного анализа.

Техническая спецификация на разработку (корректировку) генеральных планов населенных пунктов Республики Казахстан обычно включает требование составления раздела «Транспорт и улично-дорожная сеть». Однако эти транспортные разделы оказываются **полностью подчиненными идеям локального зонирования террито-**

рий под те или иные функции без учета потенциального изменения перспективного спроса и предложения транспортных услуг, состояния и эффективности функционирования транспортного сектора. При этом вся совокупность объектов транспортного комплекса и его инфраструктуры **сводится преимущественно к дорожной составляющей**. Кроме того, **каждая подсистема транспортного комплекса рассматривается и планируется самостоятельно**.

Разработка индивидуальных транспортных схем и предложения по организации дорожного движения на уровне локальных проектов вне системы целостного градостроительного проектирования позволяют на короткий срок решать транспортные проблемы. Однако известный эффект притяжения спроса (транспортные потоки) в ответ на улучшение качества предложения (улично-дорожная сеть), а также сохраняющийся потенциал роста уровня автомобилизации населения продолжают усугублять транспортные проблемы. В результате сохраняется, а нередко и усугубляется дискомфорт для проживания в городах Казахстана, их жители часто не имеют ни условий, ни возможностей для высокоэффективных и мало затратных перемещений, в том числе регулярного характера.

На основе отечественного опыта и анализа градостроительного проектирования в развитых странах мира последовательность такого планирования может быть рекомендована:

Этап I. Генеральный план. Раздел «Транспорт и улично-дорожная сеть».

Этап II. Комплексная транспортная схема (КТС).

Этап III. Комплексная схема организации дорожного движения (КСОДД).

Однако не вызывает сомнения, что реализация предложенного подхода будет также затруднена отсутствием специалистов в области транспортного планирования, обладающих знаниями базовых экономических, социальных и культурных процессов развития городов и регионов, знаниями в области градостроительства и территориального планирования, теории и механизмов современного государственного управления, умеющих работать с картографическим материалом и современными статистическими программами и ГИС.

Особенности имеет транспортное планирование на уровне республики, областей и региона. Здесь на первый план выдвигаются вопросы размещения и развития производительных сил, формирования международных транспортных коридоров, согласованного развития различных видов транспорта и др.

Выше приведен лишь незначительный перечень сфер, испытывающих недостаток в подготовленных кадрах.

В заключение хотелось бы отметить, что для того, чтобы система подготовки специалистов в казахстанских вузах отвечала потребностям отрасли, необходимо, чтобы в разработке программ обучения, учебно-методических материалов принимали как можно более активное участие специалисты-практики, в частности представители научно-исследовательских институтов, занимающиеся прикладными разработками наподобие НИИ ТК.

В октябре прошлого года совместно с Международной академией транспорта мы провели первый в Казахстане международный семинар «Интеллектуальные системы на транспорте: стратегия, технологии, обучения». В нем приняли участие более 80

представителей ведущих компаний из России, Казахстана, Таджикистана, Финляндии, Беларуси, Германии, Великобритании, Австрии, Италии и других стран. Итоги этого мероприятия говорят о необходимости регулярного проведения семинаров и конференций по такой тематике с привлечением большего круга заинтересованных компаний и специалистов из разных стран. Эта площадка дала возможность ознакомиться с инновациями в сфере транспортного строительства, новыми решениями в области управления транспортными потоками, повышения безопасности дорожного движения и мониторинга дорожных ситуаций.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 004.89

Г. А. САМИГУЛИНА¹, А. С. ШАЯХМЕТОВА²

¹Институт информационных и вычислительных технологий

²Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗРЕНИЯ

В настоящее время активно развиваются интеллектуальные технологии для дистанционного обучения. Они особенно востребованы людьми с ограниченными возможностями зрения. Исследования посвящены созданию интеллектуальной образовательной технологии. Методы искусственного интеллекта применяются для обработки многомерной информации в режиме реального времени и прогнозирования результатов обучения. Разрабатываемая интеллектуальная система дистанционного обучения позволяет эффективно осваивать новейшие информационные технологии людьми с нарушением зрения на дорогостоящем оборудовании в лаборатории коллективного пользования, обеспечивает оперативное управление процессом обучения, способствует повышению качества полученных знаний и развитию логического мышления, позволяет улучшить обучение и находить индивидуальный подход к каждому обучающемуся.

Ключевые слова: дистанционная система обучения, люди с ограниченными возможностями зрения, информационные технологии, подходы искусственного интеллекта, лаборатория коллективного пользования.

Қазіргі уақытта қашықтықтан оқыту үшін интеллектуалды технологиялар қарқынды даму үстінде. Әсіресе, бұл технологиялар көру бойынша мүмкіндігі шектеулі жандар үшін қажет. Зерттеу интеллектуалды білім беру технологиясын құруға арналған. Жасанды интеллект әдістері нақты уақыт режимінде көп өлшемді ақпаратты өңдеу мен оқу нәтижесін болжауда қолданылады. Құрылып жатқан қашықтықтан оқытудың ақпараттық жүйесі көру бойынша мүмкіндігі шектеулі жандарға жаңа ақпараттық технологияларды заманауи құрылғылар арқылы ұжымдық қолданыстағы зертханада қолайлы меңгеру, оқу үдерісін шұғыл басқаруды қамтамасыз етеді, алынған білім сапасын жетілдіру мен логикалық ойлауды дамытуда, оқу үдерісін жақсарту мен оқытуда жеке тәсілді жүзеге асыруда әрбір білім алушыға қолданылады.

Кілттік сөздер: қашықтықтан оқыту жүйесі, көру бойынша мүмкіндігі шектеулі жандар, ақпараттық технологиялар, жасанды интеллект тәсілдері, ұжымдық қолданыстағы зертхана.

There are currently actively the intellectual technologies for distance learning are developed. Particularly these technologies are demanded by visually impaired people. A lot of researches are devoted to the creation of effective intellectual educational technology. Methods of artificial intelligence are applied for processing multi-dimensional information in real-time and forecasting of learning results. The intellectual

system of distance learning is developed allows to effectively introduce the new information technologies by people with impaired vision on expensive equipment in laboratory of collective usage, provides the operational control of the learning process and they contribute to increase the quality of learning and to develop logical thinking, allow to enhance the process of learning and to carry out an individual approach to every student.

Keywords: *system of distance learning, people with impaired vision, the information technology, artificial intelligence approaches, laboratory of collective usage.*

Сегодня актуальна разработка дистанционных образовательных технологий на основе подходов искусственного интеллекта (ИИ). Существует много публикаций по этой тематике. В работах [1, 2] рассматриваются технические проблемы и задачи процесса проектирования интеллектуальных электронных обучающих систем. Сочетание таких методов обеспечивает проектирование надежных интеллектуальных систем электронного обучения. В исследовании [3] представлены интеллектуальные системы и их реализация в областях электронного обучения и дистанционного образования. Обсуждаются основные вопросы, касающиеся интеллектуального электронного обучения и его преимуществ по сравнению с традиционным обучением.

Одним из важных вопросов современного дистанционного образования является обучение людей с ограниченными возможностями (ЛОВ). В настоящее время информационные технологии все активнее внедряются в жизнь инвалидов по зрению [4, 5]. Дистанционное обучение ЛОВ позволяет выбрать индивидуальную траекторию обучения и работать в удобном темпе, решает психологические проблемы ЛОВ, снимает временные и пространственные ограничения. Для многих незрячих людей компьютерная техника стала необходимым средством работы и коммуникации. В работе [6] представлена интеллектуальная система электронного обучения, основанная на речи с двойным интерфейсом: голосовым интерфейсом пользователя и веб-интерфейсом пользователя. Разработанное приложение дополняет существующие системы электронного обучения, такие, как web-обучение, m-обучение и другие.

В статье [7] представлено интерактивное средство обучения для слабовидящих. Используются алгоритмы распознавания символов, которые применяются для преобразования изображения в текст и текста в голос. Слабовидящий обучающийся имеет возможность понять полученную им информацию. Разработана система распознавания информации, которая состоит из цифровой камеры и голосового синтезатора, функционирующего с помощью прикладной программы речевого интерфейса.

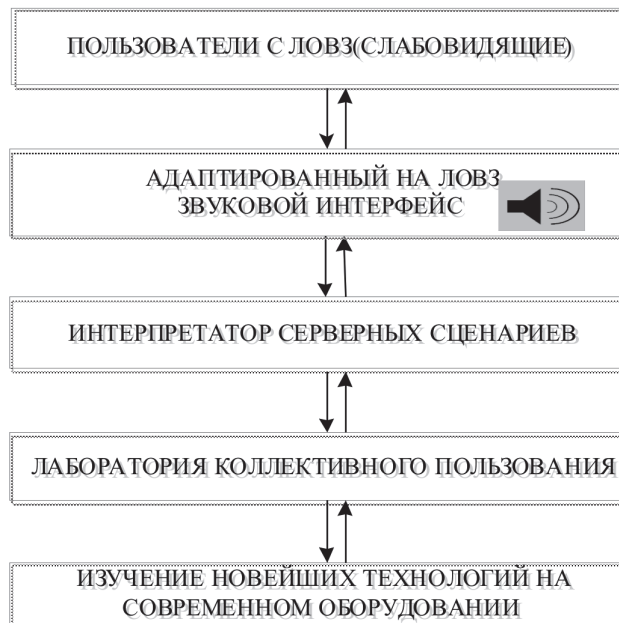
При создании информационных технологий дистанционного обучения людей с ограниченными возможностями зрения (ЛОВЗ) актуальна задача по обеспечению полноценной работы на персональных компьютерах. В специальной школе-интернате для слепых и слабовидящих детей им. Н. Островского в г. Алматы применяется программа экранного доступа JAWS [8]. Программа разработана группой слепых и слабовидящих людей из Freedom Scientific штат Флорида, США. Она дает возможность получить доступ ЛОВЗ к свободному использованию персонального компьютера с операционной системой Microsoft Windows. С помощью синтезатора речи, через аудиокарту компьютера, информация с экрана озвучивается голосом вслух, обеспечивая возможность речевого доступа к разнообразным программам, приложениям. С помощью шрифта Брайля программа позволяет без ограничений пользоваться клавиатурой.

Постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо разработать интеллектуальную обучающую технологию и систему дистанционного обучения для людей с ограниченными возможностями зрения (слабовидящих) на основе современных методов искусственного интеллекта с целью изучения новейших технологий на дорогостоящем оборудовании в лабораториях коллективного пользования (ЛКП).

Решение этой задачи позволит создать для ЛОВЗ благоприятные условия, способствующие социальной адаптации в обществе и обеспечивающие конкурентоспособность в образовании. Особенностью системы является необходимость обработки огромного потока многомерных данных в реальном масштабе времени.

Архитектура интеллектуальной информационной системы дистанционного обучения представлена на рисунке. Разработка интеллектуальной информационной системы дистанционного обучения (ИИСДО) на основе подходов ИИ имеет модульный характер [9]. Интерфейс системы позволяет осуществить регистрацию обучающихся, построение модели ЛОВЗ и выбор модели обучения для ЛОВЗ. Основными модулями ИИСДО являются информационный блок, интеллектуальный блок, обучающий блок и контролирующий блок.

Такая система работает следующим образом. Устанавливается степень ограниченности зрения по медицинскому заключению. Затем система предлагает пройти тестирование для построения модели ЛОВЗ и определения его характеристик. Находит признаки ЛОВЗ по следующим составляющим: интеллектуальный потенциал личности, мотивационный потенциал личности, психологический, физиологический и волевой потенциал личности. Входными данными интеллектуальной системы являются индивидуальные признаки, построенные в виде временных рядов, характеризующие каждый ЛОВЗ. После этого обучающийся осуществляет выбор предмета обучения.



Архитектура интеллектуальной информационной системы дистанционного обучения

Использование специального программного обеспечения с адаптированным звуковым интерфейсом позволяет провести надежный и оперативный обмен информацией и значительно повышает эффективность процесса получения знаний ЛОВЗ.

Предложен следующий алгоритм построения ИИСДО:

Шаг 1. Создание специального интерфейса для ЛОВЗ с озвучиванием действий пользователя на основе программы экранного доступа JAWS (США).

Шаг 2. Регистрация ЛОВЗ в системе дистанционного обучения. Выбор предмета и продолжительности обучения.

Шаг 3. Построение модели ЛОВЗ с учетом возможностей зрения и разработка базы данных информативных признаков на основе тестирования.

Шаг 4. Принятие запросов от ЛОВЗ и передача данных интерпретатору серверных сценариев.

Шаг 5. Предварительная обработка данных и обучение интеллектуальной системы.

Шаг 6. Организация доступа ЛОВЗ в лабораторию коллективного пользования в зависимости от выбранной модели обучения (от предмета обучения и обучающего курса).

Шаг 7. Изучение ЛОВЗ теоретического материала и выполнение практических, лабораторных и самостоятельных работ на современном оборудовании в ЛКП.

Шаг 8. Контроль знаний ЛОВЗ. Прогнозирование результатов обучения на основе подходов ИИ.

Шаг 9. Комплексная оценка знаний ЛОВЗ.

Шаг 10. Оперативное управление процессом дистанционного обучения ЛОВЗ.

Таким образом, внедрение разработанной ИИСДО позволяет улучшить качество обучения ЛОВЗ: самостоятельно пользоваться компьютером, находить и редактировать любые документы, работать и общаться в сети Интернет, иметь доступ в ЛКП, изучать лекции, выполнять лабораторные работы, программировать и тестировать созданные программы. Использование подходов ИИ [10–12] дает возможность прогнозировать результаты обучения и организовать процесс получения знаний ЛОВЗ.

Эта интеллектуальная система решает задачу эффективного дистанционного обучения ЛОВЗ работе на высокопроизводительных вычислительных кластерах в Национальной научной лаборатории коллективного пользования информационных и космических технологий на базе КазНТУ им. К. И. Сатпаева.

ЛИТЕРАТУРА

1 Hisham S. Katoua. Reasoning Methodologies for Intelligent e-Learning Systems //International Journal of Computing Academic Research (IJCAR). – 2012. – Vol. 1 – P. 36 – 44.

2 Henning P., Heberle F., Streicher A. e.a. Personalized Web Learning: Merging Open Educational Resources into Adaptive Courses for Higher Education //Proceedings of the XXII International Conference User Modeling, Adaptation, and Personalization. – Aalborg, Denmark, 2014. – P. 55 - 62.

3 Veselina Nedeva1, Dimitar Nedev. Evolution in the E-Learning Systems with Intelligent Technologies //Proceedings of the International Scientific Conference Computer Science. – 2008. – P. 1028 - 1034.

4 Heidi Schelhowe, Saeed Zare. Intelligent Mobile Interaction: A Learning System for Mentally Disabled People (IMLIS) //Universal Access in Human-Computer Interaction. Addressing Diversity Lecture Notes in Computer Science. – 2009. – Vol. 14. – P. 412 – 421.

5 Julie M. David, Kannan Balakrishnan. Performance Improvement of Fuzzy and Neuro Fuzzy Systems: Prediction of Learning Disabilities in School-age Children //International Journal Intelligent Systems and Applications. – 2013. – N 12. – P. 34 – 52.

6 Azeta A. A., Ayo C. K., Atayero A. A., Ikhu-Omoregbe N. A. A Case-Based Reasoning Approach for Speech-Enabled e-Learning System //Proceedings of the II International Conference on Adaptive Science & Technology. – 2009. – P. 211 – 217.

7 Senthamarai R., Khana V. An Efficient Method For Intelligence In E-Learning For Visually Impaired Persons //International Journal of Advanced Research. – 2013. – Vol. 1. – P. 757 – 767.

8 The World's Most Popular Windows Screen Reader. – 2014. [the electronic resource]: <http://www.freedomscientific.com/>.

9 Самигулина Г. А., Шаяхметова А. С. Построение интеллектуальной системы дистанционного обучения для людей с ограниченными возможностями //Проблемы информатики. – Новосибирск, 2014. – С. 87 – 95.

10 Samigulina G. Development of the decision support systems on the basis of the intellectual technology of the artificial immune systems //Automatic and remote control. Springer. – 2012. – Vol. 74, N2. – С. 397 – 403.

11 Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S. Distance intellectual learning technology for people with disabilities //Proceedings of the XII International conference information technologies and management 2014. – Riga: Information Systems Management Institute, 2014. – P. 285.

12 Самигулина Г. А., Шаяхметова А.С. Дистанционная система обучения людей с ограниченными возможностями на основе подходов искусственного интеллекта //Труды IX международной научно-практической конференции «Интернет – образование – наука - 2014». – Винница, 2014. – С. 231 – 232.

Н. Т. ДАНАЕВ¹, Б. С. ДАРИБАЕВ¹, Ф. С. АМЕНОВА²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби
²Восточно-Казахстанский государственный университет
им. С. Аманжолова

О РЕШЕНИИ НЕСАМОСOPЯЖЕННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ КОНВЕКЦИИ В ПЕРЕМЕННЫХ «ФУНКЦИЯ ТОКА, ВИХРЬ СКОРОСТИ»

Для численного решения операторно-разностных уравнений с однородными краевыми условиями рассмотрен итерационный алгоритм с несамосопряженными операторами типа переменных направлений. Для нахождения решений использовался модифицированный метод минимальных поправок вариационного типа. Проведены вычислительные эксперименты и анализ результатов.

Ключевые слова: операторно-разностные уравнения, итерационный алгоритм типа переменных направлений, модифицированный метод минимальных поправок вариационного типа.

Шекаралық шарттары біртекті операторлы-айырымдық теңдеулерді сандық шешу үшін өзіне-өзі түйіндес емес операторлары бар айнымалы бағыттар типіндегі итерациялық алгоритмдер қарастырылған. Шешімді табу үшін вариациялық типтегі минималды түзетулер әдісінің өзгертілген түрі қолданылды. Сандық есептеулер жүргізіліп, нәтижелерге талдаулар жасалған.

Кілттік сөздер: операторлы-айырымдық теңдеулер, айнымалы бағыттар типіндегі итерациялық алгоритмдер, вариациялық типтегі минималды түзетулер әдісінің өзгертілген түрі.

In this paper, for the numerical solution of operator-difference equations with homogeneous boundary conditions was considered an iterative algorithm with non-self-adjoint operators a type of alternating directions. To find the decision used a modified method of minimal corrections of variational type. Conducted computational experiments and analysis of results.

Keywords: operator-difference equations, iterative algorithm a type of alternating directions, modified minimal corrections of variational type.

Для решения сеточных уравнений существует много различных численных методов, непрерывно ведется работа по их усовершенствованию, проводится переоценка методов, разрабатываются новые методы. Основные методы решения сеточных уравнений систематизированы и подробно изложены в работе [1]. Наибольшие успехи в построении эффективных алгоритмов достигнуты при рассмотрении сеточных уравнений с самосопряженными положительными операторами. Например, для решения двумерных разностных задач с эллиптическими операторами широко известны треугольные итерационные методы, попеременно-треугольные методы, двух- и трех-слойные итерационные методы и т.д. В большинстве случаев для решения сеточных уравнений с самосопряженными положительными операторами исследованы вопросы устойчивости и сходимости, и для них разрабатываются новые численные методы. В работе [2] предложена очень простая модификация алгоритмов наискорейшего спуска и минимальных невязок, позволяющая существенно повысить скорость сходимости, при решении сеточных уравнений с самосопряженными операторами.

В литературе методы решения сеточных уравнений с несамосопряженными операторами изучены слабо по сравнению с самосопряженным случаем.

На практике для решения сеточных уравнений с несамосопряженными операторами с успехом применяются такие методы, как методы минимальных погрешностей и минимальных невязок [1,2].

В этой статье для дифференциальных уравнений тепловой конвекции в переменных «функция тока–вихрь скорости» рассматриваются разностные уравнения с несамосопряженными операторами, для численной реализации которых используется модифицированный метод минимальных поправок вариационного типа.

Постановка задачи. В сеточной области $D_h = \{(kh_1, mh_2), k \in \overline{1, N_1 - 1}, m \in \overline{1, N_2 - 1}\}$, где h_1 и h_2 – шаги сетки по направлениям x и y соответственно, рассмотрим разностную схему, аппроксимирующие дифференциальные уравнения тепловой конвекции для несжимаемой жидкости в переменных «функция тока – вихрь скорости» [3,4]:

$$L_{h,\Psi}(\Omega)\Psi = \frac{1}{\text{Re}} \Delta_h \Omega + \tilde{A}_h \Psi - \frac{Gr}{\text{Re}^2} \theta_x + f, \quad (1)$$

$$\Delta_h \Psi = \Omega, \quad (2)$$

$$L_{h,\theta}(\Psi)\theta = \frac{1}{\text{Re Pr}} \Delta_h \theta + g, \quad (x,y) \in D_h, \quad (3)$$

$$\Psi|_{\partial D} = \theta|_{\partial D} = \Omega|_{\partial D} = 0, \quad (4)$$

где \tilde{A}_h – неотрицательный разностный оператор [3–5].

Для численного решения уравнений (1)–(4) с однородными краевыми условиями рассмотрим итерационный алгоритм типа переменных направлений:

$$\frac{\Omega^{n+1/2} - \Omega^n}{\tau} + L_{h,\Psi}(\Omega^n)\Psi^{n+1/2} = \frac{1}{\text{Re}} \Delta_h \Omega^n + \tilde{A}_h \Psi^{n+1/2} - \frac{Gr}{\text{Re}^2} \theta_x^n + f_h, \quad (5)$$

$$\Delta_h \Psi^{n+1/2} = \Omega^{n+1/2}, \quad (6)$$

$$\frac{\Omega^{n+1} - \Omega^{n+1/2}}{\tau} = \frac{1}{\text{Re}} \Delta_h (\Omega^{n+1} - \Omega^n), \quad (7)$$

$$\Delta_h \Psi^{n+1} = \Omega^{n+1}, \quad (8)$$

$$L_{h,\theta}(\Psi^n)\theta^{n+1} = \frac{1}{\text{Re Pr}} \Delta_h \theta^{n+1} + g_h, \quad (9)$$

$$\Psi^0(x, y) = \Psi_0(x, y) = 0, \quad \Psi^{n+1} = \Omega^{n+1} = \theta^{n+1} = 0, \quad (x, y) \in \partial D_h. \quad (10)$$

При нахождении решений уравнений (7), (8) использовался попеременно-треугольный метод с чебышевским набором параметров [1,8,9].

Для решения вспомогательных сеточных уравнений с несамосопряженными операторами (5) и (9) применялся модифицированный метод минимальных поправок вариационного типа:

$$B \frac{\xi^{s+1} - \xi^s}{\tau_{s+1}} + A_h \xi^s = f, \quad (11)$$

где

$$B = (D + \omega_0 R_1) D^{-1} (D + \omega_0 R_2),$$

$$\tau_{s+1} = \frac{(r^s, w^s)}{(A_h w^s, z^s)}, \quad s = 0, 1, \dots \quad (12)$$

$$B w^s = r^s, B z^s = A_h w^s, r^s = A_h \xi^s - f.$$

Здесь оператор A_h для уравнения (5) имеет следующий вид:

$$A_h = \overset{0}{A}_h - \tau L_{h,\psi}, \overset{0}{A}_h = -\Delta_h + \tau \tilde{A}_h,$$

для уравнения (9):

$$A_h = \overset{0}{A}_h + \tau L_{h,\theta}, \overset{0}{A}_h = -\frac{\tau \Delta_h}{\text{Pr Re}},$$

где для операторов $\overset{0}{A}_h, R_1, R_2$ справедливы следующие соотношения:

$$\overset{0}{A}_h = R_1 + R_2, \quad R_1^* = R_2, \quad \overset{0}{A}_h = \overset{0}{A}_h^* > 0.$$

Параметр ω_0 определяется по формуле

$$\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{\delta_0 \Delta_0}},$$

$$\Delta_0 = 4 \left(\frac{1}{h_1^2} + \frac{1}{h_2^2} \right) + \delta_0, \quad \Delta_0 = \frac{4\tau}{\text{Pr Re}},$$

где Δ_0 соответственно для уравнений (5) и (9), δ_0 – минимальное собственное значение разностного оператора Лапласа.

Особенностью предложенного алгоритма (11), (12) является то, что итерационный параметр τ_{s+1} выбирается по формуле метода минимальных поправок, а оператор B использует структуру модифицированного попеременно-треугольного метода [1].

Для рассматриваемого метода оценка для числа итераций $n_0(\varepsilon)$ не находилась. При этом известно, что решение итерационного алгоритма типа переменных направлений (5)–(10) сходится к решению разностной схемы (1)–(4) со скоростью геометрической прогрессии [5].

Численный расчет. Для проведения вычислительных экспериментов, иллюстрирующих возможности предложенного алгоритма (11),(12), для получения информации о количестве итераций, при котором достигается сходимость, и для проверки эффективности алгоритма (5)–(10) были рассмотрены следующие тестовые задачи [3–7]:

- задача о течении жидкости в квадратной области;
- задача о свободной конвекции в квадратной области при подогреве сбоку;
- задача о конвективном течении в квадратной области с движущейся крышкой.

В таблицах 1–3 приведены данные по количеству итераций при различных значениях итерационного параметра τ , h и $\varepsilon = 10^{-4}$.

Таблица 1 – Результаты расчета задачи о каверне при $Re = 400$

τ	33x33	65x65	129x129
$1 \cdot 10^{-2}$	3905	3845	3838
$9 \cdot 10^{-3}$	4339	4271	4262
$8 \cdot 10^{-3}$	4881	4805	4792

Таблица 2 – Результаты расчета задачи свободной конвекции при подогреве сбоку при $Gr = 10^5$, $Pr = 0,73$

τ	33x33	65x65	129x129
$4 \cdot 10^{-4}$	377	923	3076
$3 \cdot 10^{-4}$	490	1105	3504
$2 \cdot 10^{-4}$	727	1451	4268

Таблица 3 – Результаты расчета задачи конвективного течения с движущейся крышкой при $Re = 400$, $Gr = 10^5$, $Pr = 0,73$

τ	33x33	65x65	129x129
$1 \cdot 10^{-2}$	2648	2813	2865
$9 \cdot 10^{-3}$	2942	3125	3183
$8 \cdot 10^{-3}$	3309	3516	3581

Анализируя данные таблиц, можно заключить, что в случае использования итерационного алгоритма типа переменных направлений вида (5)–(9) фактически достигается равномерная сходимость, т.е. скорость сходимости не зависит от количества узлов расчетной сетки. При тестировании задачи с движущейся крышкой и задачи о каверне количество итераций (см. таблицы 1, 3) с увеличением размера сетки и при уменьшении шага по времени остается равномерным.

На рисунке 1 показаны картинка течения в виде линий тока задачи течения жидкости в квадратной области (в каверне).

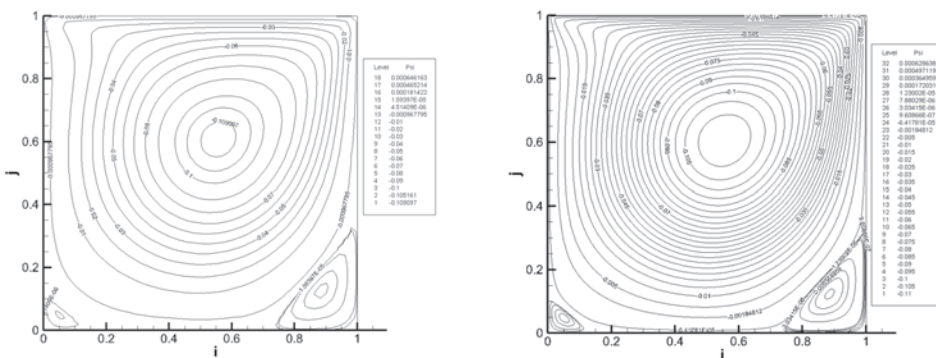


Рисунок 1 – линии тока при $Re = 100$ и $Re = 200$

На рисунке 2 показаны картинки течения в виде изотермы и линии тока задачи свободной конвекции в квадратной области при подогреве сбоку при $Gr = 2 \cdot 10^5$, $Pr = 0,73$.

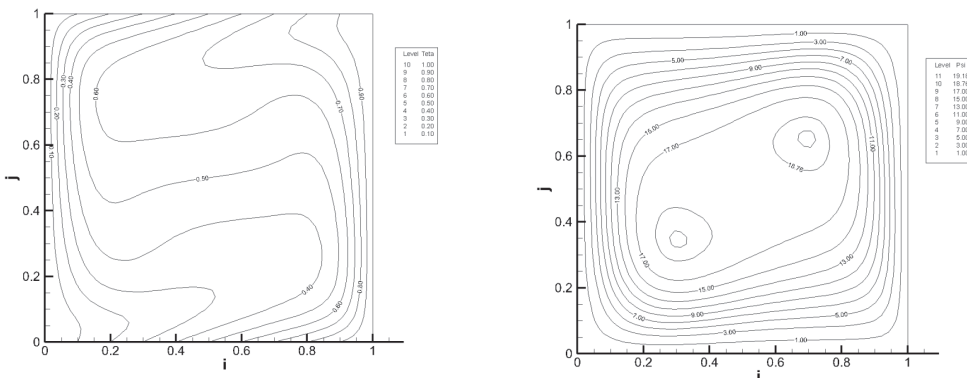


Рисунок 2 – Изотермы и линии тока

На рисунке 3 показаны изотермы и линии тока задачи конвективного течения в квадратной области с движущейся крышкой при различных значениях числа Рейнольдса и $Gr = 2 \cdot 10^5$.

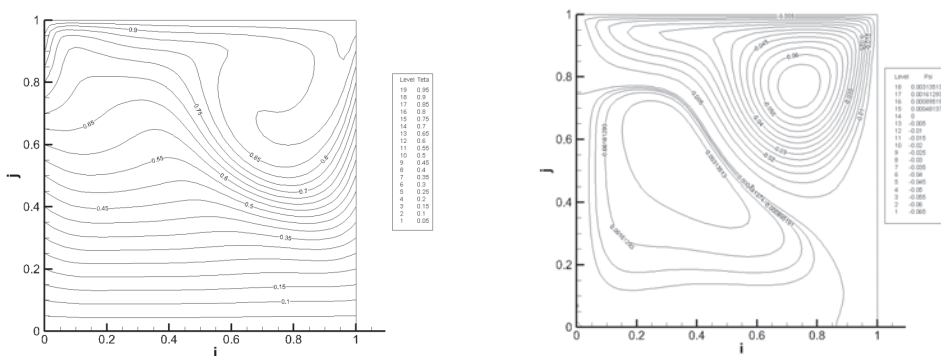


Рисунок 3 – Изотермы и линии тока при $Re = 500$

Таким образом, по результатам вычислительных экспериментов можно заключить, что во всех вариантах расчетов стационарный режим течения был достигнут. Полученные картинки течения полностью совпадают с описаниями, приводимыми в известных работах [5–7], что подтверждает эффективность использования алгоритма (11), (12) для решения уравнений с несамосопряженным оператором.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. – М.: Наука, 1978. – 590 с.
- 2 Альшина Е. А., Болтнев А. А., Качер О. А. Градиентные методы с ускоренной сходимостью // ЖВМ и МФ. – 2005. – Т.45, №3. – С. 374–382.
- 3 Danaev N.T., Daribaev B.S. An iterative algorithm for numerical solution of heat convection equations // The V Congress of Turkic World Mathematicians. – Bulan-Sogottu, 2014. – 172 p.
- 4 Данаев Н.Т., Аменова Ф.С. Исследование сходимости итерационных алгоритмов численного решения задач тепловой конвекции в переменных «функция тока, вихрь скорости» // СибЖИМ. – 2014, – Т.17, №3(59). – С.48–58.
- 5 Данаев Н.Т., Смагулов Ш. Об одной методике численного решения уравнений Навье–Стокса в переменных (Ψ, Ω) // Моделирование в механике. – Новосибирск, 1991. – Т.5 (22), №4. – С.38–47.
- 6 Вабищевич П.Н. Реализация краевых условий при решении уравнений Навье–Стокса в переменных «функция тока–вихрь скорости» // Доклады АН СССР. – 1983. – Т.273, №1. – С.22–26.
- 7 Тарунин Е.Л. Вычислительный эксперимент в задачах свободной конвекции. – Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 1990. – 228 с.
- 8 Коновалов А.Н. К теории попеременно-треугольного итерационного метода // Сибирский математический журнал. – 2002. – Т.43, № 3. – С.552–572.
- 9 Сухинов А.И., Чистяков А.Е. Адаптивный модифицированный попеременно-треугольный итерационный метод для решения сеточных уравнений с несамосопряженным оператором // Математическое моделирование. – 2012. – Т.24, №1. – С.3–20.

Е. А. НЫСАНОВ, Н. К. АШИРБАЕВ, С. Д. КУРАКБАЕВА

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ЗАДАЧИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ И ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Разработана математическая модель нестационарного течения двухфазного (вода + твердые частицы) потока в открытых каналах с учетом фильтрации воды и осаждения твердых частиц. При этом рассматривается случай, когда продольные составляющие скоростей воды и твердой фазы равны, а вертикальная составляющая скорости воды незначительна по сравнению с вертикальной составляющей скорости твердой фазы. На основе этой модели определены продольная скорость потока, скорость осаждения и концентрация твердых частиц, установлены зависимости этих характеристик от основных параметров потока.

Ключевые слова: *двухфазный поток, свободная поверхность, фильтрация, осаждение, концентрация, гидравлическая крупность.*

Судың фильтрленуін және қатты түйіршектердің шөгуін есепке алып, ашық каналдардағы екі фазалы (су + қатты түйіршіктер) ағымның стационар емес ағысының математикалық моделі құрылған. Бұл жерде судың және қатты фазаның жылдамдықтарының ұзына бойлап құраушылары өзара тең, ал судың вертикаль құраушысы қатты фазаның вертикаль құраушысымен салыстырғанда әлдеқайда кіші болған жағдай қарастырылған. Құрылған модель негізінде ағымның ұзына бойлап жылдамдығы, қатты түйіршіктердің концентрациясы мен шөгу жылдамдығы анықталған және осы сипаттамалардың ағымның негізгі параметрлерінен тәуелділіктері орнатылған.

Кілттік сөздер: *екі фазалы ағым, еркін бет, фильтрация, шөгу, концентрация, гидравликалық ірілік.*

A mathematical model for a two-phase (water + solid particles) stream nonstationary flow in open channels considering water filtration and impaction of solid particles has been developed. At that, a case when irrotational components of water velocity and solid phase are equal, however, a vertical component of the water velocity is insignificant as compared with the vertical component of the solid phase, is considered. An axial velocity of the stream, velocity of the impaction and concentration of the solid particles, dependences of these characteristics on the stream's basic parameters have been determined on the ground of this model.

Keywords: *two-phase stream, the free surface, filtration, settling, concentration, hydraulic size.*

Основные уравнения нестационарного течения двухфазного потока, начальные и граничные условия. Движение потоков, состоящих из смеси жидкостей и твердых частиц, весьма сложно [1], поэтому для исследования таких движений применяются различные гидромеханические модели [2, 3], выведенные на основе некоторых гидродинамических явлений. Нами использована «взаимопроникающая» модель, основанная на следующих предположениях: отсутствует межфазовый переход; для каждой фазы в уравнение включаются слагаемые, характеризующие взаимодействие между фазами; каждая фаза принимается как отдельная сплошная среда и описывается отдельными уравнениями [4]:

$$\begin{aligned}
\rho_n \frac{\partial u_n}{\partial t} + \rho_n u_n \frac{\partial u_n}{\partial x} + \rho_n v_n \frac{\partial u_n}{\partial y} &= -f_n \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[2f_n \mu_n \left(\frac{\partial u_n}{\partial x} - \frac{1}{3} \operatorname{div} V_n \right) \right] + \\
+ \frac{\partial}{\partial y} \left[f_n \mu_n \left(\frac{\partial u_n}{\partial y} + \frac{\partial v_n}{\partial x} \right) \right] + \sum_{i=1}^2 K(u_i - u_n) + \rho_n X_n, & \\
\rho_n \frac{\partial v_n}{\partial t} + \rho_n u_n \frac{\partial v_n}{\partial x} + \rho_n v_n \frac{\partial v_n}{\partial y} &= -f_n \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[f_n \mu_n \left(\frac{\partial u_n}{\partial y} + \frac{\partial v_n}{\partial x} \right) \right] + \\
+ \frac{\partial}{\partial y} \left[2f_n \mu_n \left(\frac{\partial v_n}{\partial y} - \frac{1}{3} \operatorname{div} V_n \right) \right] + \sum_{i=1}^2 K(v_i - v_n) + \rho_n Y_n &
\end{aligned} \tag{1}$$

и уравнение неразрывности:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_n u_n) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho_n v_n) &= 0, \\
f_1 + f_2 &= 1, \rho_n = \rho_{ni} f_n,
\end{aligned} \tag{2}$$

где ρ_n , ρ_{ni} – приведенная и истинная плотности n -й фазы соответственно ($n = 1, 2$); u_n , v_n – продольная и вертикальная составляющие скорости n -й фазы; f_n – концентрация (объемное содержание) n -й фазы; p – давление; μ_n – коэффициент вязкости n -й фазы; K – коэффициент взаимодействия между фазами; X_n , Y_n – компоненты массовой силы n -й фазы; x , y – координатные оси; t – время.

Рассмотрим случай, когда массовые силы отсутствуют, продольные составляющие скоростей жидкой и твердой фазы равны, т.е. $u_1 = u_2 = u$, а вертикальная составляющая скорости жидкой фазы внутри потока и на свободной поверхности $v_1 = 0$, на дне канала $v_1 = V$, V – скорость фильтрации. Обозначив $f_2 = f$, $v_2 = v$, сложив по отдельности первое и второе, а также третье и четвертое уравнения системы (1), получим:

$$\begin{aligned}
(\rho_1 + \rho_2) \frac{\partial u}{\partial t} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{4}{3} [(1-f)\mu_1 + f\mu_2] \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} f\mu_2 \frac{\partial v}{\partial y} \right\} + \\
+ \frac{\partial}{\partial y} \left\{ [(1-f)\mu_1 + f\mu_2] \frac{\partial u}{\partial y} + f\mu_2 \frac{\partial v}{\partial x} \right\} &- (\rho_1 + \rho_2) u \frac{\partial u}{\partial x} - (\rho_1 + \rho_2) v \frac{\partial u}{\partial x}, \\
\rho_2 \frac{\partial v}{\partial t} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ [(1-f)\mu_1 + f\mu_2] \frac{\partial u}{\partial y} + f\mu_2 \frac{\partial v}{\partial x} \right\} + \\
+ \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{4}{3} f\mu_2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} [(1-f)\mu_1 + f\mu_2] \frac{\partial u}{\partial x} \right\} &- \rho_2 u \frac{\partial v}{\partial x} - \rho_2 v \frac{\partial v}{\partial y},
\end{aligned} \tag{3}$$

а уравнение для концентрации твердой фазы (2) примет вид

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (fu) + \frac{\partial}{\partial y} (fv) = 0. \tag{4}$$

Течение в открытых каналах отличается тем, что поток имеет свободную поверхность. Если свободная поверхность H в поперечном направлении (в направлении оси z) горизонтальна, то $H = H(x, t)$. Интегрируя уравнение неразрывности для смеси от 0 до H , при предположении, что фильтруется только жидкая фаза (вода), получаем уравнение свободной поверхности [5]:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(U_{\text{см}} \cdot H) = V, \quad (5)$$

где $U_{\text{см}}$ – средняя скорость смеси по глубине потока.

Течение в открытых каналах безнапорное и происходит под действием силы тяжести. Обычно для безнапорного течения принимается гидростатический закон распределения давлений по сечениям [5]. В результате получим замкнутую систему уравнений (3)–(5) относительно u, v, f, H . Рассмотрим начальные и граничные условия для полученной системы уравнений. В начальный момент времени ($t = 0$) течение считаем равномерным в продольном направлении, а во входном створе канала ($x = 0$) характеристики течения задаются известными законами, в конце длины открытого потока сохраняются начальные значения. На дне канала для продольной составляющей скорости потока используем условие прилипания, а для вертикальной составляющей скорости твердой фазы – условие скольжения. На свободной поверхности для продольной составляющей скорости потока пренебрегаем силой трения воздуха, а для вертикальной составляющей скорости твердой фазы применяем условие неравномерности свободной поверхности и считаем, что твердые частицы отсутствуют. Таким образом, начальные и граничные условия примут вид:

$$\begin{aligned} u &= u_0(y), v = v_0(y), f = f_0(y), H = H_0 \text{ при } t = 0, \\ u &= u_1(y, t), v = v_1(y, t), f = f_1(y, t), H = H_1(t) \text{ при } x = 0, \\ u &= u_0(y), v = v_0(y), f = f_0(y), H = H_0 \text{ при } x = l(t), \\ u &= 0, v + \ell_0 \frac{\partial v}{\partial y} = 0, f = f^0(x, t) \text{ при } y = 0, \\ \frac{\partial u}{\partial y} &= 0, v = \frac{dH}{dt} = \frac{\partial H}{\partial t} + u \frac{\partial H}{\partial x}, f = 0 \text{ при } y = H(x, t). \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь $l(t)$ – длина добегающего потока; ℓ_0 – длина пути смещения.

Длина пути смещения может быть установлена на основании эмпирических данных. Для этой цели, в частности, может быть использована эмпирическая формула Базена [5]. Для распределения концентрации твердой фазы в начальный момент времени применяем выражение, зависящее от гидравлической крупности, т.е. скорости осаждения твердых частиц в стоящей воде. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлена связь между диаметрами твердых частиц и их гидравлической крупностью. Следует отметить работу В. Н. Гончарова, давшего эмпирические формулы гидравлической крупности, обобщающие экспериментальные материалы других исследований [1].

Скорость фильтрации считаем постоянной. Для распределения продольной составляющей скорости в начальный момент времени используем экспоненциальный

закон [5], а для вертикальной составляющей скорости твердой фазы в начальный момент времени принимаем скорость осаждения в стоящей воде, т.е. гидравлическую крупность. Глубина потока во входном створе $H_1(t)$ изменяется во времени по следующему закону [5]:

$$H_1(t) = H_0 + a_0 \left(1 - e^{-\gamma_0 t}\right),$$

где a_0 – степень изменения; γ_0 – степень быстроты изменения. $u_1(y, t)$, $v_1(y, t)$, $f_1(y, t)$, определяются по указанным формулам с той лишь разницей, что вместо H_0 подставляется H_1 . Длина добегающего потока $l(t)$ ($0 \leq l(t) \leq L$, L – длина канала) находится через среднюю скорость потока U_{cm} [5].

Решение двумерной задачи течения двухфазного потока с учетом фильтрации воды и осаждения твердых частиц. Поставленная задача решается исходя из системы уравнений (3)–(5) с краевыми условиями (6). Перейдем к безразмерным величинам, причем нелинейные члены линеаризуем, применяя метод простой итерации, т.е. взяв значение из предыдущего временного слоя. Тогда система уравнений (3)–(5) примет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = a_1^{(s)} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a_2^{(s)} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a_3^{(s)} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + a_4^{(s)} \frac{\partial u}{\partial x} + a_5^{(s)} \frac{\partial u}{\partial y} + a_6^{(s)} \frac{\partial v}{\partial x}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} = b_1^{(s)} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + b_2^{(s)} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + b_3^{(s)} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + b_4^{(s)} \frac{\partial v}{\partial x} + b_5^{(s)} \frac{\partial v}{\partial y} + b_6^{(s)} \frac{\partial u}{\partial y}, \\ \frac{\partial f}{\partial t} + c_1^{(s)} \frac{\partial f}{\partial x} + c_2^{(s)} \frac{\partial f}{\partial y} + c_3^{(s)} f = 0, \\ \frac{\partial H}{\partial t} + d_1^{(s)} \frac{\partial H}{\partial x} + d_2^{(s)} H + d_3^{(s)} = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где s – номер итерации. Систему (7) решаем следующим образом. Сначала решается система, составленная из первых двух уравнений вариационным методом [6], согласно которому неизвестные u , v ищем в виде:

$$\begin{cases} u = u_* + \sum_{n=1}^N \varphi_{1n}(y, t) S_{1n}(x), \\ v = v_* + \sum_{n=1}^N \varphi_{2n}(y, t) S_{2n}(x). \end{cases} \quad (8)$$

Здесь $u_* = u_0 x + u_1(1-x)$; $v_* = v_0 x + v_1(1-x)$; φ_{1n} , φ_{2n} – искомые функции; S_{1n} , S_{2n} – функции, которые удовлетворяют всем требованиям данного метода и выбираются так, что функции u , v должны удовлетворять граничным условиям относительно x . Решение (8) подставим в первые два уравнения системы (7), причем вместо неизвестных H и f используем их начальные значения. Полученная система уравнений относительно φ_{1n} , φ_{2n} с соответствующими начальными и граничными условиями решается методом конечных разностей [6]. В качестве функций S_{1n} и S_{2n} использованы $S_{1n}(x) = S_{2n}(x) = \sin n\pi x$. Подставляя найденные функции $u_{(1)}$ и $v_{(1)}$ в третье из уравнений (7) и решая это уравнение с соответствующими условиями из (6) методом

конечных разностей, определяем значение $f_{(1)}$. Аналогично решая четвертое уравнение системы (7) с соответствующими условиями, из выражения (6) находим значение $H_{(1)}$. С помощью установленных $f_{(1)}$, $H_{(1)}$ из первых двух уравнений (7) определяем $u_{(2)}$, $v_{(2)}$ и т.д. Этот процесс продолжается до выполнения условия сходимости. Расчеты проводились при следующих исходных данных и численные результаты обработаны в среде Mathcad: $H_0 = 2$ м, $L = 1000$ м, $V = 0,003$ м/с, $\rho_{1i} = 100$ кг·с²/м⁴, $\rho_{2i} = 250$ кг·с²/м⁴, $\mu_1 = 25 \cdot 10^{-4}$; $125 \cdot 10^{-4}$; $625 \cdot 10^{-4}$ кг·с/м², $\mu_2 = 25 \cdot 10^{-3}$; $125 \cdot 10^{-3}$; $625 \cdot 10^{-3}$ кг·с/м², $d = 0,005$; $0,003$; $0,001$ м, $N = 6$, $a_0 = 0,5$ м, $\gamma_0 = 0,005$ 1/с.

С увеличением коэффициента вязкости твердой фазы и уменьшением среднего диаметра твердых частиц распределение ее концентрации по глубине потока становится более равномерным (рисунки 1 и 2). С увеличением коэффициента вязкости жидкой фазы скорость осаждения твердых частиц уменьшается, т.е. их концентрация растет (рисунок 3).

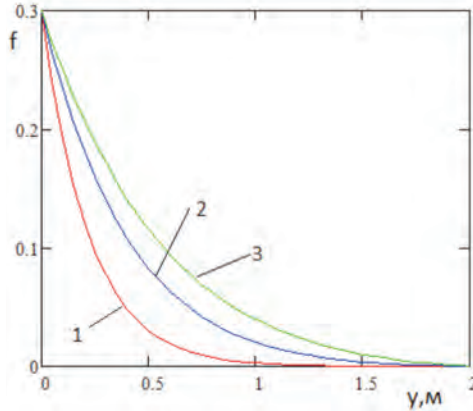


Рисунок 1 – Изменение концентрации твердых частиц по глубине потока при различных коэффициентах вязкости твердой фазы ($t = 180$ с; $x = 250$ м):
 1 – $\mu_2 = 25 \cdot 10^{-3}$ кг·с/м²; 2 – $\mu_2 = 125 \cdot 10^{-3}$ кг·с/м²; 3 – $\mu_2 = 625 \cdot 10^{-3}$ кг·с/м²

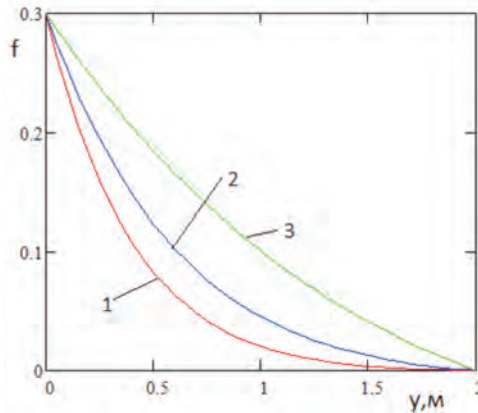


Рисунок 2 – Изменение концентрации твердых частиц по глубине потока при различных средних диаметрах твердых частиц ($t = 180$ с; $x = 250$ м):
 1 – $d = 0,005$ м; 2 – $d = 0,003$ м; 3 – $d = 0,001$ м

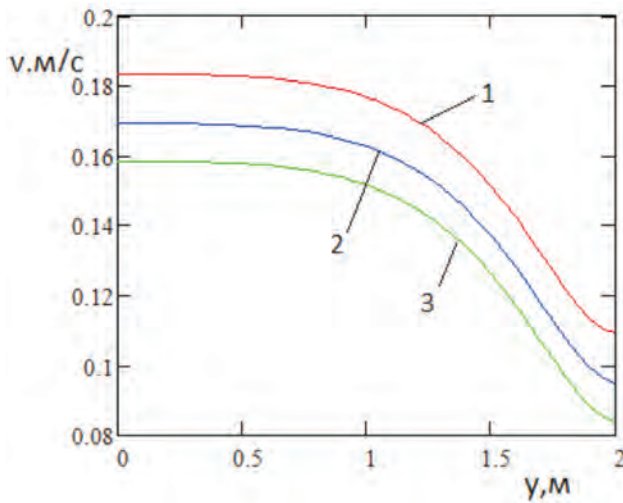


Рисунок 3 – Изменение скорости осаждения частиц по глубине потока при различных коэффициентах вязкости жидкой фазы ($t = 180$ с ; $x = 250$ м)
 $1 - \mu_1 = 25 \cdot 10^{-4}$ кг·с/м²; $2 - \mu_1 = 125 \cdot 10^{-4}$ кг·с/м²; $3 - \mu_1 = 625 \cdot 10^{-4}$ кг·с/м²

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 238 с.
- 2 Jha S. K., Bombardelli F. A. Theoretical/numerical model for the transport of non-uniform suspended sediment in open channels //Advances in water resources. – 2011. – Vol. 34, N 5. – P. 577-591.
- 3 Soo S.L. Particulates and continuum. Multiphase fluid dynamics. – New York, 1989. – 400 p.
- 4 Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. – М.: Наука, 1987. – Ч. 1, 2. – 464 с.
- 5 Нысанов Е.А. Моделирование и методы расчета совместной задачи течения воды в открытых каналах и пористой среде при неполном насыщении. – Шымкент, 2012. – 174 с.
- 6 Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы. – М.: Наука, 1977. – Т.1,2. – 400 с.

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Ученые подсчитали объем попадающей в Мировой океан пластмассы

Ученые подсчитали, сколько пластмассы попадает в Мировой океан из прибрежных государств, и реальные цифры превзошли самые мрачные прогнозы. Выяснилось, что в 2010 году в воду смывалось от 4 до 12 миллионов метрических тонн пластика. Результаты нового исследования представлены в журнале Science.

Последний раз аналогичное исследование проводилось 40 лет назад, в 1975 году: тогда предположили, что в Мировой океан уплывает около 0,1 процента всей производимой пластмассы. Авторы новой статьи подсчитали, сколько пластмассовых отходов выдает каждая страна, имеющая выход к морю, и прикинули, какая часть этого мусора рискует попасть в воду (из открытых свалок и с мусорных полигонов).

По данным ученых, от 15 до 40 процентов этих отходов ежегодно оказывается в Мировом океане. Если учесть, что всего стран со значительным населением в прибрежных районах 192, то получается, что в моря и океаны смывается от 4 до 12 миллионов метрических тонн пластмассы. Это от 1,5 до 4,5 процента мирового производства этих материалов – достаточно, чтобы засыпать каждый метр прибрежных зон на планете. В числе мировых лидеров по загрязнению – Индонезия и Китай.

Однако серьезность проблемы не ограничивается объемом отходов: ученые вообще не представляют, куда девается 99 процентов пластмассового мусора в море и как он влияет на флору

и фауну океана. Наконец, по прогнозам авторов статьи, в ближайшие десять лет объем попадающей в море пластмассы увеличится как минимум вдвое.

В последнее время эта тема часто привлекает внимание ученых. Так, в декабре 2014 года они сообщили, что в Мировом океане находится как минимум 5,25 триллиона частиц пластмассы, которые весят порядка 269 тысяч тонн. В прибрежных водах преобладают крупные куски, а в открытом океане – микрофрагменты. Ученые предположили, что океанические течения работают как дробилки, перемалывая скапливающуюся в них пластмассу.

Челябинский метеорит стал легче на два килограмма

Ученые провели повторное взвешивание метеорита «Челябинск». По сравнению с предыдущими измерениями его масса уменьшилась почти на два килограмма. Осколок крупного космического тела упал 15 февраля 2013 года в озеро Чебаркуль и после его извлечения помещен на хранение в музей. Об этом сообщает ТАСС со ссылкой на заведующего сектором природы Челябинского краеведческого музея Эдуарда Шайгородского.

«Если быть совершенно точным, вес составил 503,333 килограмма – с двенадцатью тройками после запятой. Последнее взвешивание проведено на высокоточных электронных весах грузоподъемностью десять тонн. Метеорит обвязали стропами и взвесили трижды. Полученный результат – среднее трех взвешиваний», – сообщил Шайгородский. Следующее взвешивание ученые планируют провести через два года.

Предыдущее взвешивание показало, что масса метеорита равна 505 килограммам. «В ближайшие годы возможна как потеря веса из-за выпаривания остатков влаги, так и увеличение в результате образования окислов в его теле», – сказал о колебаниях массы тела профессор Физико-технического института Уральского федерального университета, член Комитета по метеоритам РАН, член Международного метеоритного общества Виктор Гроховский.

Метеорит «Челябинск» представляет собой фрагмент астероида, который 15 февраля 2013 года примерно в 07 ч 10 мин по московскому времени вошел в атмосферу Земли. Космическое тело взорвалось в атмосфере на высоте до 50 километров, в результате чего на территорию Челябинской области упало множество его фрагментов. Взрыв наблюдали сотни тысяч человек в области и приграничных районах Казахстана.

Физики предложили модель Вселенной без Большого взрыва

Канадские физики предложили модель Вселенной без Большого взрыва. Результаты исследований авторы опубликовали в журнале *Physics Letters B*, а кратко с ними можно ознакомиться на сайте газеты *The Daily Mail*.

В своей работе они использовали уравнение Ландау–Райчаудхури, представляющее собой уравнение Фридмана (описывающее эволюцию однородной и изотропной вселенной в общей теории относительности) с поправкой второго порядка. В нем ученые заменили классические геодезические траектории (так называются линии, соединяющие кратчайшим образом точки на поверхности) на квантовые траектории Боба.

Теория Большого взрыва предполагает развитие Вселенной из гипотетической первоначальной сингулярности – точки, в которой законы природы не определены. Такие сингулярности в классической теории возникают при пересечениях геодезических линий. Бомовские же траектории не пересекаются друг с другом, следовательно, в теориях с ними сингулярностей не возникает.

Поправку второго порядка к уравнению Эйнштейна ученые интерпретировали как квантовый вклад от новых частиц (массой не более одного электронвольта) в космологическую постоянную Эйнштейна, описывающую нулевую энергию физического вакуума. Эти частицы, согласно авторам, заполняют Вселенную в форме конденсата Бозе–Эйнштейна и обеспечивают ее неограниченное (в том числе и снизу) время существования.

В качестве перспективных кандидатов на роль частиц конденсата авторы исследования называют массивный гравитон (еще не обнаруженный квант гравитационного поля) и аксион. Эта гипотетическая частица позволяет решить сильную CP-проблему в квантовой хромодинамике – отсутствие в эксперименте нарушения инвариантности уравнений теории при одновременных зеркальном отражении и замене частиц на античастицы, когда теоретически такое нарушение возможно.

Конденсат Бозе–Эйнштейна – коллективное образование из бозонов (класса частиц, к которым относятся, например, фотоны – кванты света), находящихся в основном состоянии (то есть с минимальной энергией) и проявляющих себя как одна макроскопическая частица. Иногда такое образование называют пятым состоянием вещества после твердого, жидкого, газообразного и плазмы.

Первый отель с персоналом из роботов откроется в Японии

Руководство японского тематического парка Huis Ten Bosch анонсировало разработку отеля, персонал в котором будет представлен исключительно роботами. Проект получил название Henn-na Hotel, что в переводе означает «Странный отель», сообщает CNN. Представители парка планируют открыть для посетителей первые 72 комнаты 17 июля 2015 года и еще столько же в 2016 году.

На ресепшене гостей будут встречать три человекообразных актроида. Авторы проекта обещают, что они смогут оформлять въезд и выезд и разумно беседовать с постояльцами. В номера гостей проводит один из четырех портье. О количестве роботов-уборщиков не сообщается.

«Мы откроем самый эффективный отель в мире», – заявил президент Huis Ten Bosch Хидео Савада, озвучивший планы реализовать 1000 аналогичных проектов и надежду, что роботы возьмут на себя до 90 процентов работы.

Помимо обилия роботов, в Henn-na Hotel запланировано еще несколько технологических решений, которые сделают пребывание в отеле дешевле. Дверные замки с распознаванием лиц исключают необходимость печати и перепрограммирования ключей. Удобства в номерах планируются минимальные, а все недостающее можно будет заказать с планшета. На крыше гостиницы разместят солнечные батареи. Планируется установка ряда энергосберегающих устройств.

Стоимость обычных номеров в сравнении с ценами номеров других гостиниц префектуры Нагасаки действительно невелика – от 60 до 153 долларов США. При этом в 153 доллара оценен номер с тремя спальнями.

Вступил в строй самый мощный в мире источник рентгеновского излучения – синхротрон NSLS-II

6 февраля 2015 года в Национальной лаборатории Брукхейвена (Brookhaven National Laboratory) американского Министерства энергетики (Department of Energy, DOE) состоялась церемония открытия нового синхротронного источника рентгеновского излучения National Synchrotron Light Source II (NSLS-II). Этот источник, на сооружение которого было потрачено 912 миллионов долларов, выйдя на полную мощность, стал самым мощным в мире синхротронным источником рентгеновского излучения и находится в числе самых мощных источников некоторых других видов излучений.

«Исследования, которые будут проводиться при помощи источника NSLS-II, позволят ученым изучать фундаментальную структуру различных материалов, наблюдать процессы биологического характера и многое другое, – заявил Эрнест Мониз (Ernest Moniz), секретарь Министерства энергетики. – Все это сможет обеспечить новые прорывы и достижения в областях альтернативной «безуглеродной» энергетики, сверхпроводников, в биологии, других естественных науках и, естественно, в области медицины».

Источник NSLS-II производит чрезвычайно интенсивные лучи рентгеновского излучения, ультрафиолетового и инфракрасного света. Параметры этих лучей позволяют получить разрешающую способность при съемке различных объектов, равную 10 нанометров. Яркость луча, которую обеспечивает синхротрон NSLS-II, в 10 тысяч раз превышает яркость источника предыдущего

поколения NSLS, который проработал без малого 30 лет.

Первые запуски синхротрона NSLS-II проводились в октябре прошлого года и с того момента его мощность медленно повышалась до максимальной. В настоящее время в состав источника входят 7 точек вывода лучей из кольца ускорителя, так называемых beamlines, но в течение следующих 5 лет количество этих точек, на каждой из которых можно проводить независимые эксперименты и исследования, будет увеличено до 25.

Следует отметить, что строительство синхротрона и первых точек отвода лучей было проведено в рамках программы DOE Basic Energy Sciences, а финансирование сооружения дополнительных точек обеспечат другие агентства и научные организации, включая Национальный институт здравоохранения и Национальный институт стандартов и технологий.

Когда синхротрон NSLS-II обретет свою полную конфигурацию, в его составе будет насчитываться 70 точек отвода лучей. А его возможностями сможет воспользоваться до 4 тысяч ученых и научных коллективов ежегодно.

***Ученые научились ускорять,
замедлять и блокировать свет
при помощи звука***

Как можно заставить оптическое волокно пропускать свет только в одном направлении? Ответ на этот и несколько других подобных вопросов нашли исследователи из университета Иллинойса, которые использовали в своих целях явление индуцированной прозрачности на основе эффекта рассеивания Мандельштама–Бриллюэна (Brillouin Scattering Induced Transparency, BSIT). Оптическое волокно, в котором было

вызвано это явление, беспрепятственно пропускало свет в одном направлении, полностью рассеивая при этом свет, движущийся в обратном направлении. Кроме этого, BSIT-явление позволило реализовать такие удивительные эффекты, как замедление или ускорение скорости движения импульсов света. Подобное нелинейное поведение оптического волокна может стать основой принципов работы новых оптических приборов, изоляторов, полупроводников и циркуляторов, которые являются частями базового набора компонентов для любого конструктора сложных оптических устройств.

Следует отметить, что продемонстрированная учеными реализация BSIT-явления весьма проста, в ней используются тончайшее стеклянное оптическое волокно и крошечная стеклянная сфера, расположенная в непосредственной близости от волокна.

«Свет с определенной длиной волны, перемещающийся по тонкому оптическому волокну, поглощается микрорезонатором, в нашем случае крошечной стеклянной сферой, которая расположена практически рядом с волокном, – рассказывает Гаурав Баль (Gaurav Bahl), ученый из университета Иллинойса. – Используя явление BSIT, мы можем управлять характеристиками микрорезонатора, делая прозрачной или непрозрачной систему в целом или позволяя ей пропускать свет только в одном направлении».

В своем устройстве ученые заставили работать чрезвычайно слабые силы, возникающие в результате взаимодействия света с материей. Эти силы являются источником механических колебаний звуковой частоты с очень малой амплитудой, действующих в наноразмерной области. Эти крошечные силы можно увеличить

на несколько порядков, изменяя физику поведения и взаимодействия со светом частиц материала, жидкости или газа.

Эффект BSIT происходит в результате взаимодействия света со звуковыми волнами, возникающими в материале резонатора под воздействием света луча управляющего лазера. Все это является абсолютно новым физическим эффектом, который никогда не наблюдался и изучался ранее, но который мы собираемся заставить работать на пользу людям.

Эффект BSIT может использоваться для уменьшения или увеличения скорости движения группы фотонов света, другими словами, импульса. Ученые-физики называют такой свет «быстрым» или «медленным». Предметом наибольшего интереса является медленный свет, так как он может использоваться в качестве хранилища квантовой информации, в качестве буфера оптических систем, которые станут частью квантовых компьютеров будущего.

«Достаточно давно известно, что при помощи эффекта рассеивания Мандельштама–Бриллюэна можно получить быстрый и медленный свет, – рассказывает Гаурав Баль. – Но созданное нами устройство имеет намного меньшие габариты и использует на порядки меньше энергии, чем все другие созданные ранее подобные устройства. Однако для того чтобы получить столь хорошие физические и оптические характеристики, нам пришлось пожертвовать шириной пропускания нашего устройства, другими словами, оно будет работать только со светом определенной длины волны».

Существующие оптические устройства, такие, как изоляторы и циркуляторы, создаются на базе магнитооптического эффекта Фарадея. Это требует применения магнитных полей для управления оптическими свойствами специальных

материалов на основе ферромагнетиков. Несмотря на простоту реализации, использование магнитных полей и уникальных материалов делает невозможным создание оптических устройств в масштабах кристаллов чипов, и это является причиной почти полного отсутствия реализаций оптических систем-на-чипе.

«Нам же удалось создать оптическое устройство, не требующее никаких магнитов и не нуждающееся в специальных ферромагнитных материалах, – рассказывает Гаурав Баль. – И такие устройства без ограничений могут изготавливаться на любых предприятиях, занимающихся производством оптических или электронных устройств».

Лазерная обработка позволяет снабдить супергидрофобными и самоочищающимися свойствами поверхность любого металла

Используя импульсы сверхскоростного мощного лазера, исследователи из Университета Рочестера создали на поверхности опытных образцов микро- и наноструктуры, которые делают абсолютно черной поверхность практически любого металла, придавая ей супергидрофобное свойство (свойство отталкивать воду и другие жидкости) и наделяя эту поверхность функциями самоочистки. Такая лазерная обработка поверхностей может использоваться для предотвращения обледенения, коррозии, накопления пыли и грязи, что, в свою очередь, может применяться для создания электроники, не боящейся даже полного погружения в воду.

В мире существует множество супергидрофобных покрытий, которые с высокой эффективностью отталкивают воду и другие жидкости. Но в большин-

стве случаев в составе таких покрытий используются химические соединения, распадающиеся со временем или под воздействием прямого солнечного света, что сначала снижает эффективность, а затем и приводит к полной потере работоспособности защитного покрытия.

Профессор Чунлеи Гуо (Chunlei Guo) и его коллеги из Университета Рочестера решили пойти несколько другим путем, снабдив супергидрофобными свойствами саму защищаемую поверхность. Им удалось реализовать это при помощи обработки поверхности светом фемтосекундного лазера – лазера, способного вырабатывать чрезвычайно короткие, но очень мощные импульсы света. Энергии импульсов света такого лазера достаточно для гравировки на поверхности микро- и наноразмерных структур, наличие которых коренным образом изменяет все свойства поверхности.

Следует заметить, что группа профессора Чунлеи Гуо уже имеет достаточно богатый опыт в подобных делах. Ранее они уже использовали гравировку фемтосекундным лазером, что позволило придать поверхности гидрофильные (привлекающие воду) свойства. И это оказалось столь эффективным, что вода могла течь вверх по поверхности, преодолевая силу притяжения.

Используя импульсы лазерного света длительностью от 65 фемтосекунд до тысячных секунды, исследователи смогли отгравировать поверхности пластин из платины, титана, меди и железа. Струк-

тура поверхности, которая получается при такой обработке, представляет собой сетку микроскопических углублений, кромки и другие элементы которых имеют размеры от 5 до 10 нанометров. Такая структура поверхности была выбрана не случайно, нечто подобное уже сделала сама природа, снабдив подобным образом лепестки лотоса способностью отталкивать воду.

В результате лазерной обработки поверхность металла приобретает очень черный цвет. Она, эта поверхность, не только эффективно отталкивает воду, но самоочищается и имеет крайне высокий коэффициент поглощения света и теплового излучения. Последнее свойство можно использовать в самых разных областях науки и техники, к примеру в солнечных тепловых коллекторах, которые не будут нуждаться в периодической очистке.

В настоящее время группа профессора Гуо занимается исследованиями по гравировке лучом фемтосекундного лазера поверхностей неметаллических материалов. Но прежде чем такая технология сможет выйти из лаборатории, ученым предстоит решить еще одну важную проблему – проблему создания технологии массовой обработки поверхностей. Ведь фемтосекундные лазеры в настоящее время являются весьма дорогостоящим оборудованием, используемым преимущественно в научных целях, а гравировка одного квадратного дюйма поверхности занимает час времени, и это все делает сам процесс и конечный продукт весьма и весьма дорогостоящими.

По материалам СМИ

УДК 532.542:62-52

М. М. ОРЫНБЕТ, К. Б. ОСПАНБЕКОВ

Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОДШИПНИКА КОНЕЧНОЙ И БЕСКОНЕЧНОЙ ШИРИНЫ

Статья посвящена построению математической модели напряженно-деформированного состояния ленточного подшипника конечной и бесконечной ширины. Используется аналитический подход на основе теории безмоментных оболочек и теории газовой смазки. Проанализированы особенности и основные параметры ленточного подшипника. Главное отличие предлагаемого в работе исследования заключается в попытке учесть изменения продольного и поперечного натяжения, вызванного действием на ленту вязкого слоя воздушной смазки со стороны смазочного слоя.

Ключевые слова: ленточный подшипник, газовая смазка, абсолютно гибкая лента, уравнение Рейнольдса, математическая модель, граничные условия, уравнение Коши.

Бұл мақала шекті және шексіз енді ленталық мойынтіректің шиеленісті-деформитронды қалпының математикалық үлгісін жасауға арналған. Сондай-ақ, осында шексіз енді ленталық мойынтіректің математикалық үлгісінің шектік жағдайлары да қарастырылған. Зерттеуде газбен майлау және мезетсіз қабыршық теорияларына негізделген сараптамалық тәсіл қолданылады. Ленталық мойынтіректің негізгі параметрлері мен тиесілі қасиеттері сарапталған. Осы жұмыста ұсынылып отырған зерттеудің ең басты ерекшелігі ленталық мойынтірекке майлау қабаты тарапынан пайда болатын ауамен майлаудың тұтқыр қабатының әсерінен болатын көлденең және бойлық керудің өзгерістерін есепке алуға әрекет етуде.

Кілттік сөздер: ленталық ойынтірек, газбен майлау, абсолюттік икемді лента, Рейнольдс теңдеуі, математикалық үлгі, шектік жағдайлар.

The article deals with the construction of a mathematical model of the stress-strain state of the belt type bearing finite and infinite width. It also considers the boundary conditions of the mathematical model of the belt type bearing of infinite width. In this research analytical approach based on the theory of membrane shells and gas lubrication theory is used. The characteristics of the basic parameters of the bearing rod is analyzed. The main feature of the proposed research work is an attempt to take into account changes in the longitudinal and transverse tension caused by the action of the viscous layer on the belt from the air lubrication of lubricating layer.

Keywords: belt type bearing, gas grease, totally flexible belt, Reynolds equation, mathematical model, boundary conditions.

Постановка задачи. Для построения математической модели напряженно-деформированного состояния ленточного подшипника (ЛП) конечной ширины используется аналитический подход на основе теории безмоментных оболочек (мягких оболочек) и теории газовой смазки [3,4]. Схема исследуемого ЛП и направление координатных осей показаны на рисунке 1. Основные параметры ЛП в зоне активного контакта будем обозначать: T – натяжение ленты, P – избыточное давление и h – толщина несущего воздушного слоя. Построение ведется при следующих допущениях [5, 6, 7, 8]:

- 1) условия контакта рассматриваются в стационарном режиме;
- 2) лента считается абсолютно гибкой;
- 3) в качестве смазки используется воздух при условии не сжимаемости с постоянной динамической вязкостью ($\mu = \text{const}$), процесс считается изотермическим;
- 4) натяжение ленты в зоне активного контакта пространственно неравномерно.

Построение математической модели ленточного подшипника конечной ширины. С учетом указанных особенностей постановки задачи рассмотрим уравнения процессов взаимодействия, имеющих место в ЛП. Уравнение распределения давления (уравнение Рейнольдса) для несущего воздушного слоя [2] в цилиндрических координатах:

$$\left(\frac{1}{R_0^2}\right) \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(h^3 \frac{\partial P}{\partial \varphi} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial P}{\partial z} \right) = \left(\frac{6\mu\mu}{R_0} \right) \frac{\partial h}{\partial \varphi}, \quad (1)$$

где μ – динамическая вязкость воздуха; $X = R_0\varphi$, $u = V_1 + V_2$.

Дифференциальное уравнение равновесия напряженно-деформированного состояния круговой цилиндрической оболочки для абсолютно гибкой ленты [1], соответствующей схеме (см. рисунок 1), имеет следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial z} (RT_z) - \frac{\partial R}{\partial z} T_x + \frac{\partial T_{xz}}{\partial \varphi} + RP_z = 0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial T_x}{\partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial z} (RT_{xz}) + \frac{\partial R}{\partial z} T_{xz} + RP_x = 0; \quad (3)$$

$$T_x + RP_y = 0, \quad (4)$$

где P_x, P_y, P_z – составляющие внешней нагрузки со стороны воздушной смазки, действующие на ленту (оболочку) с размерностями давления соответственно вдоль координатных осей x, y, z ; T_x, T_z – внутренние погонные нормальные усилия в ленте, направленные вдоль координатных осей соответственно x и z ; T_{xz} – сдвиговая составляющая внутренних погонных усилий; $R = R_0 + h$ – радиус ЛП.

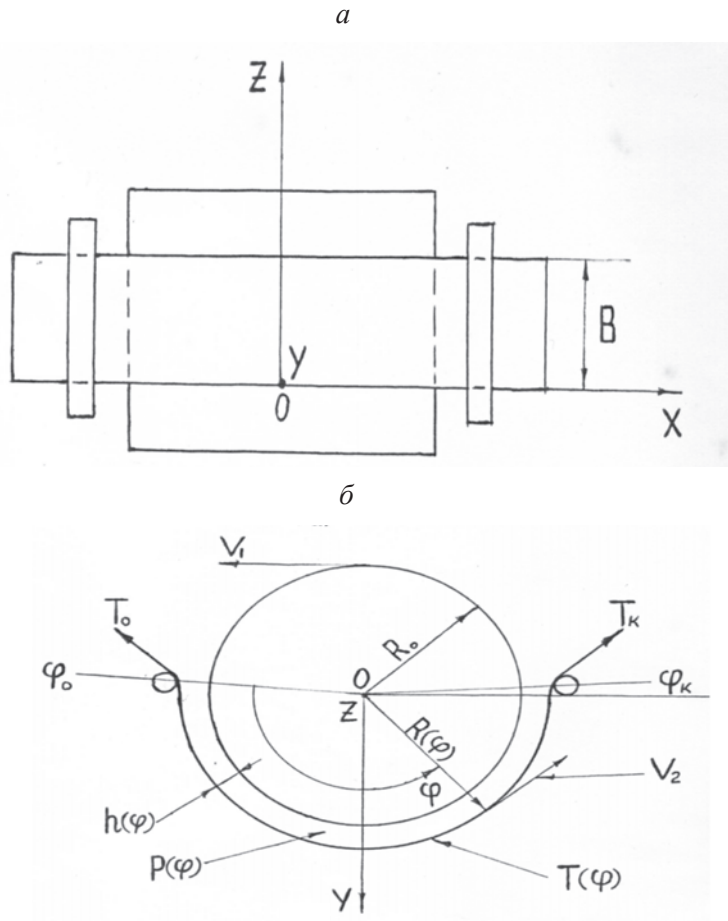


Рисунок 1 – Схема исследуемого ЛПП: *a* – вид с боку со стороны ленты; *б* – вид сверху. R_0 – радиус вращающегося барабана; $h(\varphi)$ – толщина несущего воздушного слоя в зоне активного контакта; $T(\varphi)$ – натяжение ленты в зоне активного контакта; $P(\varphi)$ – избыточное давление в зоне активного контакта; φ – текущая угловая координата; ω – угловая скорость вращения барабана; V_1 – линейная скорость вращения барабана; V_2 – линейная скорость движения ленты; T_0 – натяжение ленты на входе; T_k – натяжение ленты на выходе; B – ширина ленты

Для определения составляющих внешней нагрузки P_x, P_y, P_z рассмотрим бесконечно малый элемент напряженно-деформированной поверхности ленты вместе с воздушным смазочным слоем (рисунок 2).

Уравнение равновесия ленты в проекции на нормаль в соответствии со схемой на рисунке 2, *a* запишется в следующем образом:

$$RP_0 \partial \varphi - \Psi T_x + (T_x + \partial T_x) [\Psi + (\partial \Psi - \partial \varphi)] + (P + \partial P)(h + \partial h) \partial \varphi = 0. \quad (5)$$

После преобразований, пренебрегая дифференциалами высших порядков, получаем

$$RP_0 + Ph + \partial T_x \Psi + T_x \frac{\partial \Psi}{\partial \varphi} - T_x = 0, \quad (6)$$

где

$$\Psi = \frac{\partial h}{R_0 \partial \varphi}$$

или

$$P(R_0 + h) + \left(\frac{1}{R_0}\right) \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial \varphi} \right) - T_x = 0. \quad (7)$$

Уравнение равновесия ленты в проекции на касательную к ленте φ с учетом касательных сил со стороны воздушной пленки (см. рисунок 2, а) будет

$$-T_x + T_x + \partial T_x + Ph - (P + \partial P)(h + \partial h) + \tau R_0 \partial \varphi = 0. \quad (8)$$

После преобразований, пренебрегая дифференциалами высших порядков, получаем

$$\left(\frac{\partial T_x}{\partial \varphi} - \frac{\partial(Ph)}{\partial \varphi} \right) + \tau R_0 = 0, \quad (9)$$

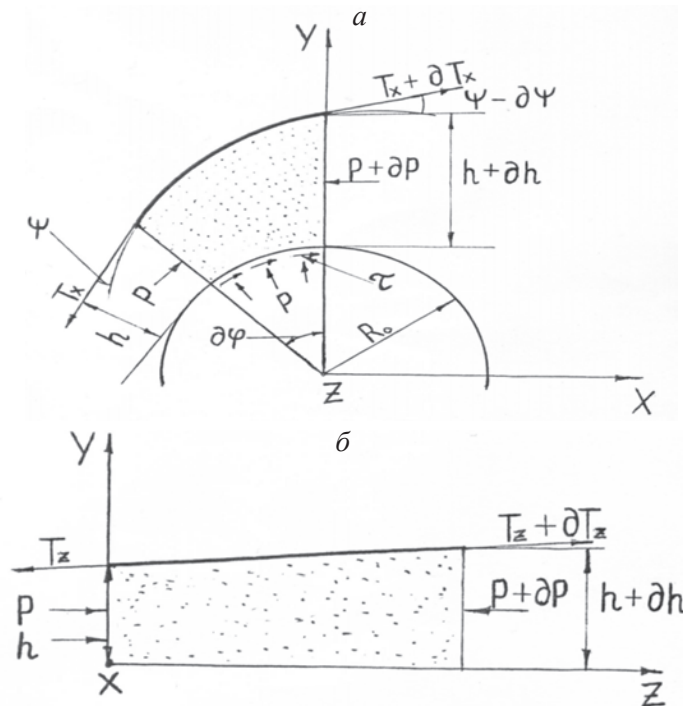


Рисунок 2 – Схема сил, приложенных к элементу гибкой ленты, вырезаемой вместе с элементом воздушного слоя: а – вдоль координатной оси $X = R_0 \varphi$; б – вдоль координатной оси Z .

$\partial \varphi$ – бесконечно малый угол, вырезающий на ЛП бесконечно малый элемент;

T и $(T + \partial T)$ – натяжение ленты, приложенное к элементу гибкой ленты в начале и конце;

P и $(P + \partial P)$ – избыточное давление, приложенное к элементу гибкой ленты в начале и

конце со стороны воздушного слоя; h и $(h + \partial h)$ – толщина воздушного слоя в начале и

конце элемента; φ и $(\varphi + \partial \varphi)$ – бесконечно малый угол, образующийся при напряженно-

деформированном состоянии элемента гибкой ленты в начале и конце;

τ – напряжение сдвига, приложенное к элементу гибкой ленты со стороны воздушного слоя

где

$$\tau = \mu \frac{V_1 - V_2}{h}.$$

Обозначим $V = V_1 - V_2$ и $\tau = \mu \frac{V}{h}$, тогда уравнение (9) запишется

$$\frac{\partial T_x}{\partial \varphi} - \frac{\partial(Ph)}{\partial \varphi} + \mu \frac{V}{h} = 0. \quad (10)$$

Уравнение равновесия ленты в проекции на образующую цилиндрической поверхности (см. рисунок 2, б) запишется как

$$-T_z + T_z + \partial T_z + Ph - (P + \partial h)(h + \partial h) = 0. \quad (11)$$

После преобразования, пренебрегая дифференциалами высших порядков, получаем

$$\frac{\partial T_z}{\partial z} - \frac{\partial(Ph)}{\partial z} = 0. \quad (12)$$

С учетом выражений (7), (10), (12) дифференциальные уравнения (2), (3), (4) примут следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial z}(RT_z) - \frac{\partial R}{\partial z} T_x + \frac{\partial T_{xz}}{\partial \varphi} + R_0 \frac{\partial(Ph)}{\partial z} = 0; \quad (13)$$

$$\frac{\partial T_x}{\partial \varphi} - \frac{\partial}{\partial z}(RT_{xz}) + \frac{\partial R}{\partial z} T_{xz} - \frac{\partial(Ph)}{\partial \varphi} + \mu R_0 \frac{V}{h} = 0; \quad (14)$$

$$P(R_0 + h) + \left(\frac{1}{R_0}\right) \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial \varphi}\right) - T_x = 0. \quad (15)$$

Уравнение Рейнольдса (1) и дифференциальная система уравнений напряженно-деформированного состояния ленты (13) – (15) образуют математическую модель в усилиях ЛП. Полученная систем дифференциальных уравнений является неопределенной, что вызывает повышенные трудности при ее решении. Для получения определенной системы перейдем к разработке математической модели в перемещениях.

Запишем закон состояния (закон Гука), связывающий усилия T_x, T_z, T_{xz} с деформациями $\varepsilon_x, \varepsilon_z, \gamma_{xz}$ [1]:

$$T_z = \frac{2EH}{1 - \gamma^2} (\varepsilon_z + \gamma \varepsilon_x), \quad (16)$$

$$T_x = \frac{2EH}{1 - \gamma^2} (\varepsilon_x + \gamma \varepsilon_z), \quad (17)$$

$$T_{xz} = \frac{EH}{1 + \gamma} \gamma_{xz}, \quad (18)$$

где E – модуль упругости (Юнга); γ – коэффициент Пуассона материала; H – толщина ленты; $\varepsilon_x, \varepsilon_z$ – нормальные составляющие линейной деформации вдоль координатных осей соответственно z и x ; γ_{xz} – сдвиговая составляющая линейной деформации. Введем следующие обозначения:

$$\alpha = \frac{2EH}{1-\gamma^2}, \quad \beta = \frac{EH}{1-\gamma}.$$

Подставив T_x, T_z, T_{xz} из выражений (16) – (18) в (13) – (15) и сделав соответствующие математические преобразования, получим математическую модель ЛПП в деформациях:

$$\alpha(1-\gamma)\varepsilon_z \frac{\partial h}{\partial z} + \alpha(\gamma-1)\varepsilon_x \frac{\partial h}{\partial z} + \alpha R \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial z} + \alpha \gamma R \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial z} + \beta \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial \varphi} - R \frac{\partial(Ph)}{\partial z} = 0; \quad (19)$$

$$\alpha \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial \varphi} + \alpha \gamma \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial \varphi} + 2\beta \gamma_{xz} \frac{\partial h}{\partial z} + \beta R \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial z} - \frac{\partial(Ph)}{\partial \varphi} + \mu R_0 \frac{V}{h} = 0; \quad (20)$$

$$PR + \alpha \frac{\partial h \partial \varepsilon_x}{\partial \varphi^2} + \alpha \varepsilon_x \frac{\partial^2 h}{\partial \varphi^2} + \alpha \gamma \frac{\partial h \partial \varepsilon_z}{R_0 \partial \varphi^2} + \alpha \gamma \varepsilon_z \frac{\partial^2 h}{R_0 \partial \varphi^2} - \alpha \varepsilon_x - \alpha \gamma \varepsilon_z = 0. \quad (21)$$

Деформация определяется полем перемещений соотношений Коши. Используя эти соотношения, получаем математическую модель в перемещениях для ЛПП конечной ширины. Для круговой цилиндрической оболочки эти соотношения примут следующий вид:

$$\varepsilon_z = \frac{\partial u_z}{\partial z}; \quad (22)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{R \partial \varphi} + \frac{u_z \partial h}{R \partial z} + \frac{h}{R}; \quad (23)$$

$$\gamma_{xz} = \frac{\partial u_z}{R \partial \varphi} + \frac{\partial u_x}{\partial z} - \frac{u_z \partial h}{R \partial z}, \quad (24)$$

где U_z, U_x, h – составляющие перемещения точки срединной поверхности по координатным осям z, x, y соответственно.

Подставляя $\varepsilon_x, \varepsilon_z$ и γ_{xz} из выражений (22) – (24) в (19) – (21), получаем математическую модель в перемещениях:

$$\begin{aligned} \alpha(1-\gamma) \frac{\partial u_z \partial h}{\partial z^2} + \frac{\alpha(\gamma-1)}{R} \left(\frac{\partial h \partial u_x}{\partial z \partial \varphi} + u_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + h \frac{\partial h}{\partial z} \right) + \alpha R \frac{\partial^2 \partial u_z}{\partial z^2} + \alpha \gamma \left[\frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(u_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) \right] + \\ + \beta \left[\frac{\partial^2 u_z}{\partial \varphi^2} - \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(R \frac{\partial u_z}{\partial \varphi} \right) - \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(u_x \frac{\partial h}{\partial z} \right) \right] - R \frac{\partial(Ph)}{\partial z} = 0; \end{aligned} \quad (25)$$

$$\frac{\alpha}{R} \left[\frac{\partial^2 u_x}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(u_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + \frac{\partial h}{\partial \varphi} \right] +$$

$$+ \alpha \gamma \left[\frac{\partial^2 u_z}{\partial z \partial \varphi} + \frac{2\beta}{R} \left(\frac{\partial u_z \partial h}{\partial z \partial \varphi} + R \frac{\partial u_z \partial h}{\partial z^2} - u_x \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \right) \right] + \beta \left[\frac{\partial^2 u_z}{\partial z \partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial z} \left(R \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(u_x \frac{\partial h}{\partial z} \right) \right] - (26)$$

$$- \frac{\partial(P_h)}{\partial \varphi} + \mu R_0 \frac{V}{h} = 0;$$

$$PR + \frac{\alpha}{R^2} \left(\frac{\partial h \partial^2 u_x}{\partial \varphi^3} + \frac{\partial^2 h \partial u_z}{\partial z \partial \varphi^2} + u_z \frac{\partial^3 h}{\partial z \partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{\alpha}{R^2} \left(\frac{\partial u_x \partial^2 h}{\partial \varphi^3} + u_z \frac{\partial^3 h}{\partial z \partial \varphi^2} + h \frac{\partial^2 h}{\partial \varphi} \right) +$$

$$+ \left(\frac{\alpha \gamma}{R} \right) \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{\partial h \partial u_z}{\partial z \partial \varphi} \right) - \frac{\alpha}{R} \left(\frac{\partial u_x}{\partial \varphi} + u_z \frac{\partial h}{\partial \varphi} + h \right) - \alpha \gamma \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0. (27)$$

Система дифференциальных уравнений, включающая в себя (1), (25) – (27) описывает напряженно-деформированное состояние в перемещениях ЛП конечной ширины. Эта система замкнута и связана с помощью четырех зависимых переменных: избыточного давления $P(\varphi, z)$; толщины воздушной пленки $h(\varphi, z)$; перемещения точки срединной поверхности вдоль образующей $U_z(\varphi, z)$ и по касательной $U_x(\varphi, z)$. Независимыми переменными служат: φ – угловая координата, ограниченная длиной зоны активного контакта; z – координата вдоль образующей цилиндрической поверхности.

Математическая модель напряженно-деформированного состояния ЛП бесконечной ширины. Для получения приемлемых с точки зрения приложений результатов рассмотрим возможности упрощения модели ЛП за счет уменьшения исходного числа уравнений и неизвестных. Наибольший интерес представляют квазистатическая постановка задачи и случай ЛП бесконечной ширины [9–12].

Упрощение заключается в том, что при этом размер ЛП вдоль координатной оси Z считается бесконечным, т.е. $Z = \infty$, и все явления рассматриваются как бы происходящими в одной плоскости (φ, t) . Основанием для применения этого случая к нашей задаче может служить то, что боковые утечки влияют на конфигурацию ленты лишь на краях [10] и зоны этого влияния оказываются достаточно узкими.

Упрощенную математическую модель напряженно-деформированного состояния ЛП для случая $Z = \infty$ можно получить, если отбросить координатную ось Z . Тогда уравнения Рейнольдса (1) и напряженно-деформированного состояния ЛП (13) – (15) примут следующий вид:

$$\frac{\partial}{R_0^2 \partial \varphi} \left(h^3 \frac{\partial P}{\partial \varphi} \right) = \frac{6U \mu \partial \varphi}{R_0 \partial \varphi}; (28)$$

$$\frac{\partial T_x}{\partial \varphi} - \frac{\partial(P_h)}{\partial \varphi} + \frac{V \mu R_0}{h} = 0; (29)$$

$$P(R_0 + h) + \frac{\partial}{R_0 \partial \varphi} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial \varphi} \right) - T_x = 0, \quad (30)$$

где R_0 – радиус вращающего барабана; μ – динамический коэффициент вязкости воздуха; $U = V_1 + V_2$ – относительная скорость вращения; V_1 – линейная скорость вращающегося барабана; V_2 – линейная скорость движения ленты; $V = V_1 - V_2$.

Для получения более универсальных результатов и организации общей процедуры счета физических моделей удобно физические величины, имеющие размерности, рассматривать в безразмерной форме, позволяющей выделить безразмерные поля (критерий подобия), число которых всегда меньше числа исходных коэффициентов [13–16]. Более того, явления с одинаковыми значениями безразмерного комплекса физических величин подобны в количественном смысле и результаты расчетов автоматически распространяются на всю гамму подобных явлений в масштабе собственных моделей.

Примем обозначение $T_x = T$. Целесообразно использовать следующие безразмерные величины:

$$\eta = \frac{h}{R_0}, \quad \Pi = \frac{P}{P_0}, \quad T = \frac{T}{R_0 P_0}, \quad (31)$$

где P_0 – избыточное давление по входной зоне при $\varphi = \varphi_0$.

Чтобы учесть влияние напряжения сдвига τ и модификации толщины воздушной пленки η на два других параметра Π , \bar{T} , необходимо безразмерную форму представлять так, чтобы обеспечить равные единице коэффициенты при членах Π и \bar{T} .

С учетом новых параметров (31) модель напряженно-деформированного состояния ЛП бесконечной ширины может быть переписана в виде:

$$\frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\eta^3 \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} \right) = \left(\frac{6\mu U}{P_0 R_0} \right) \frac{\partial \eta}{\partial \varphi}, \quad (32)$$

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial \varphi} - \frac{(\partial \Pi \eta)}{\partial \varphi} + \frac{\mu N}{P_0 R_0 \eta} = 0, \quad (33)$$

$$\Pi(1 + \eta) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\bar{T} \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \right) - \bar{T} = 0. \quad (34)$$

Итак, система дифференциальных уравнений (32) – (34) описывает напряженно-деформированное состояние ЛП бесконечной ширины в безразмерной форме. Такая система характеризуется тремя безразмерными переменными: избыточным давлением $\Pi(\varphi)$, толщиной воздушной пленки $\eta(\varphi)$ и натяжением ленты $\bar{T}(\varphi)$. Независимой переменной служит φ – угловая координата, ограниченная зоной активного контакта $\varphi_0 < \varphi < \varphi_k$.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гольденвейзор А.А. Теория упругих тонких оболочек. – М. : Наука, 1976. – 512с.
- 2 Константинеску В.Н. Газовая смазка. – М.: Машиностроение , 1968. – 709с.
- 3 Lazovic, T. Investigation of Rolling Bearing Abrasive Wear, PhD thesis, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade. – Belgrade, 2007 (in Serbian).
- 4 Cichoń С. Metody obliczeniowe, wybranezagadnienia. – WPŚ, 2005.
- 5 Kmiotek M. Przegląd solverównumerycznych stosowanych w mecha-nice obliczeniowej // Scientific Bulletin of Chełm - Section of Mathematics and Computer Science, 2008.
- 6 Richards, D.B., Sharrock, M.P. Key issues in the design of magnetic tape for linear systems of high track density // IEEE Trans. Magn. 34(4), 1878-1882 (1998).
- 7 Taylor, R.J., Talke, F.E. Investigation of roller interactions with flexible tape medium // Tribol. bit. 38, 599-605 (2005).
- 8 Raeymaekers, B., TaUce, F.E. Lateral motion of an axially moving tape on a cylindrical guide surface // J. Appl. Mech. Trans. ASME, doi: 10.1115/1.2723823 (2007).
- 9 Ono, K. Lateral motion of an axially moving string on a cylindrical guide surface // J. Appl. Mech. Trans. ASME46, 905-912 (1979).
- 10 Taylor, R.J., Strahle, P., Stahl, J., Talke, F.E. Measurement of cross-track motion of magnetic tapes // J. Info. Storage Proc. Syst. 2, 255-261 (2000).
- 11 Raeymaekers, B., Etsion, I., Talke, F.E. The influence of design and operating parameters on the magnetic tape/guide friction coefficient // Tribol. Lett. 25(2), 161-171 (2007).
- 12 Raeymaekers, B., Etsion, I., TaUte, F.E. Enhancing tribological performance of the magnetic tape/guide interface by laser surface texturing // Tribol. Lett. 27(1), 89-95 (2007).
- 13 Scott, D.A., Brandt, M., Dorien-Brown, B., Valentine, B., De, P. Laser modification of metal surfaces // Opt. Laser Eng. 18, 1-13 (1993).
- 14 Duffet, G., Sallamand, P., Vannes, A.B. Improvement in friction by cwNd:YAG laser surface treatment on cast iron cylindrical bore // Appl. Surf. Sci. 205, 289-296 (2003).
- 15 Erdemir, A. Review of engineered tribological interfaces for improved boundary lubrication // Tribol. Int. 38, 249-256 (2005).
- 16 Etsion, I. State of the art in laser surface texturing // J. Tribol. Trans. ASME 27, 248-253 (2005).

А. В. КОРОЛЕВ¹, А. Н. ТЮРИН², А. А. КОРОЛЕВ¹

¹Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТОРЦОВ РОЛИКОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ

Выполнены исследования кинематических особенностей формообразующего ультразвукового алмазного выглаживания торцевых поверхностей деталей роликов подшипников. Выявлены закономерности формирования профиля сферической торцевой поверхности ролика. Предложена математическая модель формирования микрорельефа ультразвуковым алмазным выглаживанием на сферических торцевых поверхностях роликов. Определены основные закономерности формирования микрорельефа. Разработана программа расчета в среде MathCAD, позволяющая вычислять такие параметры, как шероховатость, твердость и микротвердость поверхности при таком виде обработки.

Ключевые слова: ультразвуковое алмазное выглаживание, ролики подшипников, шероховатость поверхности.

Роликтерге көтергіш бөлшектерді соңы беттерін burnishing ультрадыбыстық Алмаз қалыптастыру кинематикалық ерекшеліктерін зерттеу. Роликтің сфералық соңы бетінің бейіндегі қалыптастыру заңдылықтары. Микробедердің құралымының математикалық қалыбы ультра-дыбыс алмазды шығырықтың сфералық кесіктің беттерінде ұсынылды. Микрорельефа қалыптасуының негізгі заңдары. Орта MathCAD есептеу бағдарламасы. емдеу осы түріне осындай бетінің кедір, қаттылық және микротвердостью ретінде параметрлерін есептеу мүмкіндік беретін.

Кілттік сөздер: ультрадыбыстық алмаз тегістеу, роликті мойынтіректер, беттің кедірі.

Researches of kinematic features of a form-building ultrasonic diamond vyglazhivaniye of face surfaces of details of rollers of bearings are executed. Regularities of formation of a profile of a spherical face surface of a roller are revealed. The mathematical model of formation of a microrelief by an ultrasonic diamond vyglazhivaniye on spherical face surfaces of rollers is offered. The main regularities of formation of a microrelief are revealed. The program of calculation in the environment of MathCAD is developed, allowing to calculate, such parameters as a roughness, hardness and microhardness of a surface at this type of processing.

Keywords: ultrasonic diamond vyglazhivaniye, rollers of bearings, surface roughness.

Рассмотрим механизм образования поперечного профиля неровностей заготовки в процессе ультразвукового алмазного выглаживания. Возьмем гауссову систему координат $O\rho$ (рисунок 1).

Центр системы координат поместим в точке, соответствующей началу обработки ($\tau = 0$). Ось OY направим в направлении колебаний алмазного инструмента. Ось $O\rho$ расположим вдоль профиля поперечного сечения сферической поверхности торца ролика.

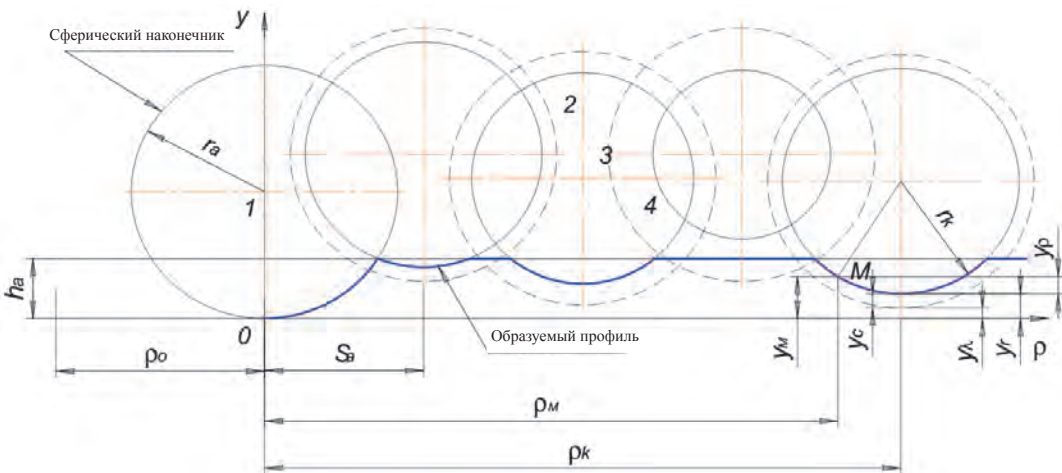


Рисунок 1 – Схема образования поперечного профиля заготовки. Жирная линия – получаемый профиль поверхности; сплошная линия окружности – мгновенное сечение алмазного инструмента, оставившего след в этом поперечном сечении; пунктирная линия окружности – профиль центрального сечения алмазного инструмента

Из рисунка 1 видны особенности сложной кинематики образования профиля при ультразвуковом выглаживании. Во-первых, в результате того, что частота вращения заготовки и частота колебаний алмазного инструмента не являются кратными, профиль поверхности образуется главным образом боковой поверхностью инструмента, имеющей в поперечном сечении радиус, меньший радиуса алмазного инструмента. Во-вторых, свой след в этом поперечном сечении заготовки алмазный инструмент может оставить не обязательно в момент, когда он погрузился в обрабатываемую поверхность на максимальную глубину h_a , но и в момент, когда он только начинает контактировать с поверхностью или когда он выходит из контакта с поверхностью. В-третьих, при определенных условиях, например при малой величине h_a , поперечный профиль заготовки может содержать участки с остаточным микрорельефом, которые имелись на заготовке до начала обработки.

За время τ от начала обработки алмазный инструмент сместится в радиальном направлении заготовки на величину

$$\rho_\tau = S \cdot n_z \cdot \tau, \tag{1}$$

где S – подача алмазного инструмента за один оборот заготовки, мм/об; n_z – частота вращения заготовки, об/с.

Но так как в рассматриваемом поперечном сечении алмазный инструмент будет находиться через время, кратное времени одного оборота, равному $1/n_z$, то на основе формулы (1) найдем абсциссу положения инструмента в рассматриваемом поперечном сечении:

$$\rho_k = S \cdot k, \tag{2}$$

где k – число оборотов заготовки с момента начала обработки.

С другой стороны, за время, равное k оборотам заготовки, вершина алмазного инструмента совершит множество колебаний и на основе выражения (1) будет иметь ординату:

$$y_k = A_a \cdot (1 - \cos(2 \cdot \pi \cdot \frac{n_a}{n_z} \cdot k)). \tag{3}$$

При $y < h_a$ алмазный инструмент на k -м обороте может оставить свой след в данном поперечном сечении заготовки. Но, как было отмечено, даже при несоблюдении указанного неравенства алмазный инструмент может оставить свой след в рассматриваемом сечении заготовки своей боковой поверхностью, находясь в пределах периода одного колебания перед данным сечением или за ним.

Это положение поясняется на рисунке 2, где показаны положения алмазного инструмента вдоль дуги окружности обрабатываемой поверхности, т.е. в направлении, перпендикулярном к этому поперечному сечению. Из рисунка 2 видно, что инструмент не может оставить свой след в рассматриваемом поперечном сечении, так как его профиль находится выше уровня h_a . Но при повороте заготовки на величину λ он настолько приблизится к обрабатываемой поверхности, что своей боковой поверхностью вызовет деформацию металла в этом сечении. Следовательно, при построении модели образования неровностей необходимо найти такое положение сечения боковой поверхности инструмента, которое будет максимально приближено к обрабатываемой поверхности в рассматриваемом ее поперечном сечении.

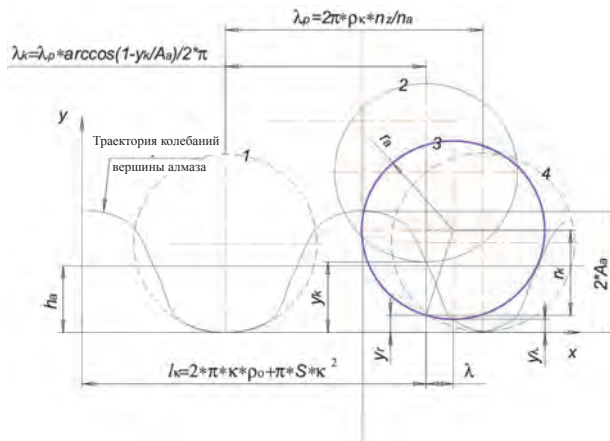


Рисунок 2 – Схема ультразвукового способа алмазного выглаживания сферической поверхности торца ролика. Пунктирные окружности – положения профиля алмазного инструмента в начале 1 и конце 4 последнего периода колебания инструмента; сплошная тонкая окружность 2 – положение инструмента в рассматриваемом поперечном сечении заготовки; жирная линия окружности 3 – то положение профиля инструмента, который в конечном итоге оставит свой след на обрабатываемой поверхности

Ордината произвольной точки М (см. рисунок 2) равна

$$y_M = \begin{cases} y_\lambda + y_c + y_p & \text{при } 0 \leq y_M \leq h_a; \\ h_a & \text{при } h_a < y_M, \end{cases} \tag{4}$$

где y_λ – ордината вершины профиля инструмента (см. рисунок 2), оставившего свой след в рассматриваемом сечении профиля заготовки, мм:

$$y_\lambda = A_a \cdot (1 - \cos(2 \cdot \pi \cdot \frac{\lambda_k + \lambda}{\lambda_p})); \quad (5)$$

λ_p – путь инструмента вдоль обрабатываемой поверхности за время одного ближайшего к рассматриваемому сечению заготовки цикла колебаний, мм; λ_k – путь инструмента от начала ближайшего к рассматриваемому сечению заготовки цикла колебаний до данного сечения, мм; λ – расстояние от рассматриваемого сечения заготовки до положения центра инструмента, боковая поверхность которого оставила свой след в этом сечении, мм;

$$y_c = r_a - r_k = r_a - \sqrt{r_a^2 - \lambda^2}; \quad (6)$$

r_a – радиус профиля алмазного инструмента, мм; r_k – радиус сечения боковой поверхности инструмента, оставившего след в рассматриваемом сечении заготовки, мм;

$$y_\rho = r_k - \sqrt{r_k^2 - (\rho_k - \rho_M)^2} = \sqrt{r_a^2 - \lambda^2} - \sqrt{(r_a^2 - \lambda^2) - (\rho_k - \rho_M)^2}; \quad (7)$$

ρ_M – расстояние рассматриваемой точки М от точки начального контакта инструмента с поверхностью заготовки, мм.

Положение сечения алмазного инструмента радиусом r_k , оставившего свой след в рассматриваемом сечении заготовки, определяется следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} y_r = r_a - \sqrt{r_a^2 - \lambda^2} + A_a \cdot (1 - \cos(2 \cdot \pi \cdot \frac{\lambda_k + \lambda}{\lambda_p})); \\ \frac{dy_r}{d\lambda} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Из системы (8) после обоснованных упрощений и дифференцирования при $h_a/A_a \leq 0,211$ с погрешностью менее 1% найдем

$$\lambda = -4 \cdot \pi^2 \cdot A_a \cdot r_a \cdot \frac{\lambda_k}{\lambda_p^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot A_a \cdot r_a}. \quad (9)$$

Подставляя выражение (9) в равенства (5) – (7) и далее в равенство (4), после упрощений, аналогичных (9), определим:

$$y_M = \frac{(\rho_m - S \cdot k)^2}{2 \cdot r_a \cdot \left(1 - \frac{A_a^2 \cdot (S \cdot k \cdot n_z)^2}{2 \cdot n_a^2} \cdot \frac{\left(-\pi + \arccos\left(\frac{y_k}{A_a} - 1\right) \right)^2}{\left(\left(S \cdot k \cdot \frac{n_z}{n_a} \right)^2 + A_a \cdot r_a \right)^2} \right)} + \frac{A_a \cdot (S \cdot k \cdot n_z)^2}{2} \cdot \frac{\left(-\pi + \arccos\left(\frac{y_k}{A_a} - 1\right) \right)^2}{\left((S \cdot k \cdot n_z)^2 + A_a \cdot r_a \cdot n_a^2 \right)}, \quad (10)$$

где $-\sqrt{2 \cdot r_a \cdot h_a} \leq (\rho_m - S \cdot k) \leq \sqrt{2 \cdot r_a \cdot h_a}$ и $y_M < h_a$.

Выражение (10) позволяет выполнить расчет поперечного профиля получаемой поверхности. Для этого определяют h_a , а затем для $k = 1$ по формуле (3) находят значение y_k и при изменении ρ_m от $S \cdot k - \sqrt{2 \cdot r_a \cdot h_a}$ до $S \cdot k + \sqrt{2 \cdot r_a \cdot h_a}$. После этого все повторяют для $k = 2$ и т.д. Если значение y получается больше h_a , то y присваивается значение h_a . На этом участке профиль соответствует исходной поверхности заготовки.

Важным показателем обработанной поверхности является относительная опорная длина профиля. Для определения этого показателя равенство (10) следует решить относительно $b_k = \rho_m - S \cdot k$:

$$b_k = \sqrt{K_{rk}} \cdot \sqrt{y - K_{rk}} \quad \text{при } 0 \leq b_k \leq S, \quad (11)$$

где

$$K_{rk} = \frac{A_a \cdot (S \cdot k \cdot n_z)^2}{2} \cdot \frac{\left(-\pi + \arccos\left(\frac{y_k}{A_a} - 1\right)\right)^2}{\left((S \cdot k \cdot n_z)^2 + A_a \cdot r_a \cdot n_a^2\right)};$$

$$K_{rk} = 2 \cdot r_a \cdot \left(1 - \frac{A_a^2 \cdot (S \cdot k \cdot n_z)^2}{2 \cdot n_a^2} \cdot \frac{\left(-\pi + \arccos\left(\frac{y_k}{A_a} - 1\right)\right)^2}{\left(\left(S \cdot k \cdot \frac{n_z}{n_a}\right)^2 + A_a \cdot r_a\right)}\right).$$

Тогда относительная опорная длина профиля на уровне от линии впадин будет равна

$$t_y = 1 - \frac{1}{l_b} \sum_{i=k}^{k+l_b/S} \sqrt{K_{ri}} \cdot \sqrt{y - K_{ri}}, \quad (12)$$

где l_b – базовая длина профиля, мм.

Выполнив расчет относительной опорной длины профиля, по методике А. В. Королева несложно определить при заданной вероятности и наибольшую высоту неровностей профиля, и положение средней линии профиля, и среднее арифметическое отклонение профиля:

$$y_{cp} = \frac{1}{l_b} \int_0^{h_a} dy \sum_{i=k}^{k+l_b/S} \sqrt{K_{ri}} \cdot \sqrt{y - K_{ri}};$$

$$R_a = \frac{1}{l_b} \int_0^{h_a} \sum_{y=0}^{y_{cp}} dy \sqrt{K_{ri}} \cdot \sqrt{y - K_{ri}}. \quad (13)$$

Таким образом, выражения для расчета параметров профиля неровностей имеют сложный и громоздкий вид, поэтому для их определения разработана программа расчета в среде MathCADPLUS 7.0 PRO.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лихобабина Н.В., Королев А.В., Королев А.А. Механизм образования микрорельефа торцов роликов при ультразвуковом алмазном выглаживании // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр. – Саратов: СГТУ, 2009. – С. 75–80.

2 Королев А.В. Выбор оптимальной геометрической формы контактирующих поверхностей деталей машин и приборов. – Саратов: СГУ, 1972. – 96 с.

3 Тюрин А.Н., Тюрин Н.А. Ультразвуковая импульсная упрочняюще-чистовая обработка шеек коленчатых валов // Актуальные достижения европейской науки. – Прага, 2012. – Т. 27. – С. 22–28.

УДК 519.8:519.876.3

Б. Б. ОРАЗБАЕВ¹, А. Б. ШАГАЕВА², А. Б. КАЗИЕВА¹

¹Атырауский институт нефти и газа

²Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова

ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ПЛАВКИ ЧУГУНА

Исследованы задачи принятия решений (ПР), возникающие в процессе управления многокритериальными производственными объектами, и методы их решения. Обосновано, что разнообразные ситуации, встречающиеся на производстве, приводят к различным постановкам многокритериальных задач, в том числе в нечеткой среде, и необходимости разработки различных методов их решений. Формализована общая структура задачи принятия решений. Исследованы проблемы многокритериального выбора при нечеткой исходной информации, систематизированы недостатки метода свертки векторного критерия. Проведена классификация задач принятия решений в зависимости от известности исходного множества альтернатив и принципа оптимальности. Систематизированы подходы к решению задач ПР, характеризующиеся многокритериальностью и нечеткостью исходной информации. Описаны разные методы решения многокритериальных задач ПР, отличающиеся способом агрегирования оценки по отдельным критериям в общую. Формализованы стохастические задачи ПР и задачи ПР в нечеткой среде, предложены подходы к их решению.

Ключевые слова: *принятия решений, многокритериальность, нечеткое множество, задача оптимизации, управление.*

Көп критерийлі өндірістік объектілерді басқару процесінде туындайтын шешім қабылдау есептері және оларды шешу тәсілдері зерттелді. Өндірісте кездесетін түрлі жағдайлар көпкритерийлі есептердің түрлі қойылымдарын, соның ішінде айқын емес ортада да, туындатыны және оларды шешу үшін түрлі тәсілдер қажет екені негізделген. Шешім қабылдау есебінің жалпы құрылымы формализацияланған. Айқын емес бастапқы ақпарат негізінде көпкритерийлі таңдау мәселелері зерттелді, векторлық критерийді бір критерийге біріктіру тәсілінің кемшіліктері жүйеленді. Бастапқы альтернативтер мен оптималдық принциптерінің белгілі болуына байланысты шешім қабылдау есептерінің жіктелуі орындалған. Көпкритерийлік және бастапқы ақпараттың айқын еместігімен сипатталатын ШҚ есептерін шешу әдістемелері жүйеленген. Жеке бағаларды ортақ бағаға біріктіру тәсілдері бойынша бөлінетін көпкритерийлі ШҚ есептерінің тәсілдері сипатталған. Стохастикалық ШҚ және айқын емес ортада ШҚ есептері формализацияланған, оларды шешу әдістемелері ұсынылған.

Кілттік сөздер: *шешім қабылдау, көпкритерийлік, айқын есем жиын, оптимизациялау есебі, басқару.*

The problem of decision-making that arise in the management of multiobjective production facilities and methods of their solution. It is proved that a variety of situations encountered in the workplace, lead to different formulations of multiobjective problems, including a fuzzy environment, and the need to develop different methods of solving them. Formalized the general structure of the decision-making tasks. The problems of multicriteria choice with fuzzy initial information, systematically disadvantages of the method of convolution of the vector criterion. Check on the classification decision-making problems, depending on the popularity of the original set of alternatives and the principle of optimality. A systematic approach to problem solving DM characterized and multicriteria fuzzy initial information. Describes the different methods for solving multiobjective problems DM differing aggregation method for evaluation of the individual criteria, in general. Formalized stochastic tasks DM and DM problem in fuzzy environment offered trips to their solution

Keyword: decision-making, multicriteria, fuzzy set, the task of optimizing, control.

Принятие решений заключается в оценке возможных вариантов (альтернатив) и выборе наилучшего из них по заданным критериям [1, 2]. Реализация любого варианта решений предполагает наступление некоторых последствий, анализ и оценка которых, как правило, по многим критериям эффективности полностью характеризуют этот вариант решений. Решение задач ПР сводится к выявлению и исследованию предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР), а также построению на этой адекватной модели выбора наилучшей в некотором смысле альтернативы. Актуальность решения таких задач на производстве и стремление понять процессы сопоставления человеком многокритериальных альтернатив, совершаемых при выборе, привели к появлению большого числа работ по ПР [3–5].

В общем виде задачу ПР можно записать в виде:

$$\langle \text{Задачи ПР} \rangle = \{ \text{дано } V, V_s, V_p, \text{ требуется обеспечить } W \},$$

где V – заданные условия; V_s – множество возможных состояний объекта; V_p – множество возможных операторов, которые обеспечивают переход объекта из одного состояния в другое; W – желаемое состояние объекта.

Рассмотрим конкретный объект и процесс управления на основе методов принятия решений – технологический процесс плавки чугуна в вагранках [6]. После розжига в печь загружается слой кокса высотой 500–1500 мм, который называется холостой колошей. Этот кокс служит для разогрева вагранки и поддерживает расплавляемые шихтовые материалы в зоне наиболее высоких температур, что способствует ускорению плавки. Далее на разогретый кокс холостой колоши загружают рабочую коксовую колошу, флюс (известняк) и первую порцию металлической шихты. Таким образом, загрузка шихтовых материалов происходит слоями: кокс – флюс – металл. Флюсом являются неметаллические шихтовые материалы, которые вводят в вагранку для повышения температуры плавления неметаллических включений и перевода в шлак золы топлива, кварцевого песка, а также вредных (серы и фосфора) и посторонних примесей. В качестве флюса в вагранках часто применяется известняк.

Загрузку шихты обычно осуществляют с помощью бады. После загрузки шихтовых материалов открывают фурмы (специальные трубы для ввода воздуха) и дают дутье – воздух, необходимый для горения топлива. При этом летку (отверстия для выпуска чугуна расплава в копильник) оставляют открытой до тех пор, пока не

появятся капли расплавленного чугуна. В зоне плавления шихта расплавляется и вместе со шлаком чугунный расплав стекает в горн вагранки. Образующиеся при этом газы поднимаются вверх и по пути нагревают металлическую шахту и топливо, а затем уходят в систему подогрева дутья. По мере сгорания кокса и плавления чугуна загружаемая в вагранку шихта опускается, а на ее место загружают сверху новые порции шихтовых материалов.

В процессе плавки чугунный расплав скапливается в горне вагранки. Шлак, имеющий более низкую плотность, располагается на поверхности расплавленного чугуна. По мере скопления шлак выпускают через верхнюю – шлаковую летку, а накопившийся чугунный расплав – через нижнюю летку. При выпуске чугуна отверстие летки пробивают стальным ломиком, после чего расплавленный чугун по желобу направляется в разливочный ковш. После выпуска чугуна отверстие летки заделывают пробкой из огнеупорной глины. Процесс плавки завершается удалением остатков металла и шлака из вагранки через крышку в днище.

Рассмотрим вопросы рационального ведения процесса плавки чугуна в вагранках на основе нечеткой информации, получаемой от специалистов-экспертов (технологов, операторов, исследователей) [7].

При математическом описании исследуемого объекта часто возникают проблемы дефицита достоверной количественной информации. Причинами этого являются трудноизмеряемость или качественный характер некоторых важных параметров процесса (состава шихты, показателей качества чугуна, свойств продукции), низкая надежность приборов и датчиков (для измерения расхода, давления воздуха и кислорода, температуры в различных зонах печи и т.д.). Однако такие объекты, как и многие другие количественно трудноописываемые промышленные установки, благодаря опытным специалистам достаточно эффективно управляются, при этом выполняется производственный план по выпуску продукции с требуемым качеством. Управление осуществляется на основе лингвистической модели объекта, сформулированной в сознании опытных технологов. Эти специалисты могут содержательно описать функционирование объекта с помощью нечетких высказываний. В этом случае можно попытаться строить не модель объекта, а модель управления объектом, т.е. моделировать опытного человека-оператора в процессе управления объектом. При таком подходе основная проблема заключается в том, что человек-оператор высказывает свои знания, суждения содержательно, на привычном для него языке. Это требует применения методов формализации и обработки такой нечеткой информации, которые опираются на методологию теории нечетких множеств.

Основной целью управления процессом плавки чугуна в вагранках является определение и ведение процесса в наиболее рациональном режиме, обеспечивающим получение необходимого количества чугуна с требуемым качеством при минимальных затратах. Можно привести следующую содержательную постановку задачи ПР для оптимального управления процессом плавки чугуна в вагранках.

При нечеткой исходной информации необходимо определить такой вектор управляющих воздействий $u=(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6)$, чтобы обеспечивались желаемые значения критериев качества (максимальное количество чугуна с требуемым качеством) при выполнении следующих ограничений:

1) на количество продукта:

желательно, чтобы количество выплавленного чугуна $f_0(u)$ было побольше;

2) на качество продукта:

желательно, чтобы содержание кремния $f_1(u)$ было не менее (\succsim) f_1^* ;

желательно, чтобы содержание марганца $f_2(u)$ было не менее (\succsim) f_2^* ;

желательно, чтобы содержание серы $f_3(u)$ было не более (\precsim) чем f_3^* ;

желательно, чтобы содержание фосфора $f_4(u)$ было не более (\precsim) f_4^* ;

желательно, чтобы содержание углерода $f_5(u)$ было не более (\precsim) f_5^* ;

3) на управляющие воздействия:

желательно, чтобы u_1 было не более (\precsim) u_1^{max} и не менее (\succsim) u_1^{min} , $i = \overline{1,6}$.

Здесь f_q^* , $q = \overline{1,6}$, u_i^{min} , u_i^{max} , $i = \overline{1,6}$ – заданные числа, причем они могут быть нечеткими; u_1 – расход шихты; u_2, u_3 – расход и давление воздуха (дутья); u_4 – температура металла в печи; u_5 – расход кокса (топлива); u_6 – расход известняка. Так как оперативное измерение точных значений этих параметров затруднено, они могут быть оценены (описаны) качественно, т.е. являются лингвистическими переменными.

Во многих случаях человек-оператор имеет значительно больший успех в решении подобных задач, чем управляющий алгоритм, построенный с применением детерминированной математики. Наш подход к управлению нечетко описываемой вагранкой основывается на выражении стратегии человека-оператора в последовательных лингвистических правилах и на использовании теории нечетких множеств. Построение модели и решение задач ПР по управлению процессом плавки чугуна осуществляются на основе алгоритмов, которые предложены в работе [8].

Для разработки конкретных алгоритмов управления вагранкой в условиях неопределенности задач управления можно сформулировать в виде задачи ПР в нечеткой среде.

Найти вектор управления $u^*=(u_1^*, \dots, u_n^*)$, обеспечивающий минимальное отклонение главного критерия $j_0(u, \alpha_0)$ от его желаемого (идеального) значения j_0^* , задаваемого ЛППР:

$$\min_{u \in U} |\tilde{f}_0(u, \alpha_0) - f_0^*|, \quad (1)$$

$$U = \{u : u \in \Omega \wedge f_q(u) \succsim f_q^* (q = 1, 2) \wedge f_q(u) \precsim f_q^* (q = 3, 4, 5) \wedge \alpha_0 \in L_\alpha(\tilde{\alpha}_0), q = \overline{1,5}\}, \quad (2)$$

где $\tilde{f}_0(u, \alpha_0)$ – нечеткий критерий, значения которого вычисляются по моделям; f_q^* , $q = \overline{1,5}$ – заданные числа, которые могут быть нечеткими; $L_\alpha(\tilde{\alpha}_0) = \{\alpha_0 : \mu_A(\alpha_0) \geq \alpha, \alpha = [0,5 \div 1,0], \}$ – множество уровня α нечетких параметров. Здесь необходимо построить функции принадлежности выполнения нечетких ограничений:

$$f_q(u) \precsim (\succsim) f_q^* - \mu_q(u).$$

Решение этой задачи может быть осуществлено на основе следующего алгоритма:

1. Выделить диапазоны по надежности, т.е. уровни надежности (УН) рекомендуемых управлений, получаемых на основе нечетких моделей. Например, могут быть выделены следующие УН управления:

УН=1, при $0,9 \leq \alpha < 1,0$ – высоконадежное (точное);

УН=2, при $0,7 \leq \alpha < 0,9$ – надежное;

УН=3, при $0,5 \leq \alpha < 0,7$ – средненадежное;

УН=4, при $0,0 \leq \alpha < 0,5$ – низконадежное;

2. ЛПР назначить желательные (эталонные) значения локальных критериев f_i^* , $i = \overline{1, m}$.

3. Рассчитывать минимаксные (гарантированные) варианты решения задач (1)–(2) при различных УН управления.

4. Предъявить ЛПР результаты минимизации и уровни надежности управления.

5. Если ЛПР выбран приемлемый вариант решения задачи с учетом уровня надежности управления, то перейти к пункту 7. Иначе (если ЛПР не удовлетворяют текущие решения) перейти к пункту 6.

6. ЛПР изменяет свои требования, т.е. корректирует f_i^* , и следует вернуться к пункту 3.

7. Поиск прекратить. Вывод значений $f_i(x^*, a_i)$, УН и рекомендуемого вектора управления $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$.

Алгоритм основан на сочетании идеи методов идеальной точки и гарантированного результата и позволяет ЛПР выбрать компромиссное решение между значениями оптимизируемой функции и надежностью рекомендуемого управления в зависимости от состояния объекта.

К особенностям предложенного алгоритма можно отнести:

улучшение значений локальных критериев при некоторых фиксированных значениях эталонных уровней f_i^* возможно только за счет снижения уровня α , т.е. уровня надежности управления;

ЛПР путем корректировки желательных (эталонных) значений f_i^* может дать предпочтение тому или иному локальному критерию $\tilde{f}_i(x, a_i)$, $i = \overline{1, m}$, т.е. изменять их веса;

путем выбора наиболее эффективных процедур (в зависимости от вида функции (модели) $\tilde{f}_i(x, a_i)$) для минимизации отклонения от желаемых значений критериев $|\tilde{f}_i(x, a_i) - f_i^*|$ можно увеличить скорость поиска решения;

итерационная процедура последовательной минимизации максимального отклонения значений локальных критериев от эталонных уровней f_i^* повторяется до тех пор, пока ЛПР не удовлетворит текущие результаты.

Можно привести другую постановку задачи ПР по управлению процессом плавки чугуна в вагранках и метод ее решения.

Пусть $\mu_0^1(u)$ – нормализованный главный критерий (выход чугуна). Допустим, что в результате диалога с ЛПР специалистами-экспертами для каждого ограничения $f_q(u) \lesseqgtr (\tilde{z}) f_q^*$, $q = \overline{1, 5}$ построены функции принадлежности выполнения ограничений

$\mu_q(u)$, $q = \overline{1,5}$ и определены граничные значения μ_q^Γ , $q = \overline{1,5}$. Тогда задачу оптимизации процесса плавки чугуна можно записать в виде задачи ПР в нечеткой среде:

$$\begin{aligned} & \max_{u \in U} \mu_0^1(u), \\ & U = \{u : u \in \Omega \wedge \arg(\mu_q(u) \geq \mu_q^\Gamma), q = \overline{1,5}\}, \end{aligned}$$

которую можно решать на основе модификации метода главного критерия для работы в нечеткой среде.

Если поставлена такая задача управления: выработать максимальное количество, то, определив весовой вектор взаимной важности ограничений $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_5)$, задачу можно решить на основе метода модификации принципа Парето оптимальности:

$$\begin{aligned} & \max_{u \in U} \mu_0^1(u), \\ & U = \{u : u \in \Omega \wedge \arg \max \sum_{q=1}^5 \beta_q \mu_q(u) \wedge \sum_{q=1}^5 \beta_q = 1 \wedge \beta_q \geq 0, q = \overline{1,5}\}. \end{aligned}$$

Для решения приведенных задач управления необходимо построить пакет моделей ваграночного комплекса, позволяющий системно моделировать объект. Часто в связи с нехваткой количественной информации (статистических данных), низкой надежностью средств измерения построение моделей вагранки осуществляется на основе нечеткой информации, получаемой от производственного персонала.

Для построения нечеткой модели управления процессом плавки чугуна входные и выходные параметры вагранки были квантованы по уровням и определены нечеткие подмножества на каждом уровне квантования. После этого построены функции принадлежности для всех нечетких множеств. В результате обработки экспертной информации для всех нечетких параметров найдена следующая форма функции принадлежности [9]:

$$\mu_{U_i}^p(u_i) = \exp(-Q_{U_i}^p C_{U_i}^p \left| (u_i^p - u_{md_i}^p) N_{U_i}^p \right|),$$

где U_i – нечеткие множества, характеризующие параметры u_i ; p – номер градации (кванта); $Q_{U_i}^p$ – параметр, который определяется при идентификации функции принадлежности; $C_{U_i}^p, N_{U_i}^p$ – коэффициенты для изменения области определения термов и формы графика функций принадлежности (для адаптации и идентификации функции принадлежности); $u_{md_i}^p = (u_i^p + u_i^{p+1})/2$ – нечеткая переменная, определяемая из условия $\mu_{U_i}^p(u_{md_i}^p) = \max_i \mu_{U_i}^p(u_i)$.

Для построения нечеткой модели управления процессом плавки в вагранках можно использовать логическое правило вывода:

$$\text{if } \tilde{u}_1 \in \tilde{U}_1 \cap \tilde{u}_2 \in \tilde{U}_2 \cap \dots \cap \tilde{u}_n \in \tilde{U}_n \text{ then } \tilde{v}_j \in \tilde{V}_j, j = \overline{1,m},$$

где $\tilde{u}_i, i = \overline{1,n}, \tilde{v}_j$ – соответственно входные (управляющие) и выходные лингвистические переменные объекта; \tilde{U}_i, \tilde{V}_j – нечеткие подмножества, характеризующие u_i, v_j .

В качестве примера нечеткой модели управления можно привести следующее правило вывода: если «расход шихты – норма», «расход дутья – норма», «давление дутья среднее», «температура металла высокая», «расход топлива выше нормы» и «расход известняка ниже нормы», то «выход чугуна средний», «содержание кремния – норма», «содержание марганца – норма», «содержание серы – немного ниже нормы», «содержание фосфора – немного выше нормы», «содержание углеродов – норма».

Полная нечеткая модель управления печью получается объединением всех таких правил. Такую модель удобно представить в виде нечеткой переходной таблицы (см. таблицу).

Используя нечеткую переходную таблицу, можно определить структуру и параметры уравнений, описывающих влияние управляющих воздействий ($u=(u_1, u_2, \dots, u_6)$) на значения локальных критериев $\tilde{f}_i(u, \tilde{\alpha}_i)$, например в виде нечетких уравнений множественной регрессии:

$$\tilde{f}_i(u, \tilde{\alpha}_i) = \tilde{\alpha}_{0i} + \sum_{q=1}^6 \tilde{\alpha}_{qi} u_{qi} + \sum_{q=1}^6 \sum_{r=q}^6 \tilde{\alpha}_{qri} u_{qi} u_{ri}, \quad i = \overline{1,7}, \tag{3}$$

которые достаточно точно описывают процесс плавки чугуна в вагранках.

Фрагмент нечеткой переходной таблицы для управления вагранкой

№ п/п	Входные параметры						Выходные параметры					
	\tilde{u}_1	\tilde{u}_2	\tilde{u}_3	\tilde{u}_4	\tilde{u}_5	\tilde{u}_6	\tilde{f}_1	\tilde{f}_2	\tilde{f}_3	\tilde{f}_4	\tilde{f}_5	\tilde{f}_6
1	НН	НН	НЗ	НЗ	НН	НН	МЛ	Н	Н	Н	НН	НН
2	НН	НН	НЗ	НЗ	НН	Н	МЛ	Н	Н	Н	Н	НН
3	НН	НН	НЗ	НЗ	Н	Н	МЛ	Н	Н	Н	НН	Н
.
.
.
216	ВН	ВН	ВС	ВС	ВН	ВН	Н	Н	С	Н	Н	МН

Примечания: Н – норма, НН – ниже нормы, ВН – выше нормы, НЗ – низкое, ВС – высокое, С – среднее, МЛ – мало, МН – много, \tilde{f}_0 – выход чугуна, $\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \tilde{f}_3, \tilde{f}_4, \tilde{f}_5$ – соответственно содержание кремния, марганца, серы, фосфора и углерода в чугуне.

Идентификация нечетких коэффициентов уравнения (3) проводится на основе методики, опирающейся на экспертные оценки, множественную регрессию и теорию нечетких множеств.

Таким образом, получены общая формализация постановки и структура задачи принятия решений. В качестве конкретного объекта и процесса управления на основе методов принятия решений рассмотрен технологический процесс плавки чугуна в вагранках. Формализована постановка задачи для оптимального управления процессом плавки чугуна в вагранках в виде задачи ПР в нечеткой среде, предложен алгоритм ее решения. Этот алгоритм основан на сочетании идеи методов идеальной точки и га-

рантированного результата и позволяет ЛПП выбрать компромиссное решение между значениями оптимизируемой функции и надежностью рекомендуемого управления в зависимости от состояния объекта, производственной ситуации. На основе модификации метода главного критерия получена постановка задачи оптимизации процесса плавки чугуна в виде задачи ПР в нечеткой среде. Описан подход к построению нечеткой модели управления вагранкой.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979.
- 2 Оразбаев Б.Б., Исакова С.Ш. Математическое моделирование и принятия решений в процессах разработки нефтяных месторождений. – Астана, 2013. 228 с.
- 3 Борисов А.И., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. – Рига: Знание, 1990. – 184 с.
- 4 Жуковин В.Е. Нечеткие многокритериальные задачи принятия решений // Известия АН СССР. Тех. кибернетика. – 1986. – №2. – С.129-133.
- 5 Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
- 6 Озеров В.А., Муркина А.С., Соспенко М.Н. Основы литейного производства. – М.: Высшая школа, 1977. – 130 с.
- 7 Оразбаев Б.Б., Рыков А.С. Оптимизация процессов плавки чугуна в вагранках при нечеткой исходной информации. Деп. в КазНИИИНКИ, № 5924- Ка 95 от 3.03.95. – 12 с.
- 8 Оразбаев Б.Б. Математические методы оптимального планирования и управления производством. – Алматы, 2001. – 200 с.
- 9 Рыков А.С., Оразбаев Б.Б. Системный анализ и исследование операций. Задачи и методы принятия решений. – М.: МИСиС, 1995. – 124 с.

ЭКОНОМИКА

УДК 622.276/279 (574)

О. И. ЕГОРОВ¹, Р. Б. ЖУМАГУЛОВ², Г. Д. АМАНИЯЗОВА³

¹Институт экономики КН МОН РК

²Национальная инженерная академия РК

³Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга
им. Ш.Есенова

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО КАЗАХСТАНА С МИРОВЫМИ НЕФТЯНЫМИ КОМПАНИЯМИ

Дан анализ современного состояния взаимодействия стран Прикаспийского региона в нефтегазовом комплексе. Рассмотрены направления транспортировки нефтегазовых ресурсов. Показана роль нефтяных компаний в реализации нефтегазовых проектов. Даны рекомендации относительно усиления межгосударственных связей в нефтегазовом комплексе Прикаспийского региона.

Ключевые слова: Прикаспийский регион, нефтегазовый комплекс, запасы углеводородных ресурсов, рациональное использование сырья, транспортировка нефти и газа.

Бұл мақалада мұнай-газ кешенінде Каспий аймағы елдерінің бір-бірімен әрекеттесуінің қазіргі жағдайының талдауы берілген. Мұнай-газ ресурстарын тасымалдаудың бағыттары қарастырылған, мұнай-газ жобаларын іске асыруда мұнай компанияларының ролі көрсетілген. Каспий аймағының мұнай кешенінде мемлекетаралық байланыстарды нығайту жөнінде ұсыныстар берілген.

Кілттік сөздер: Каспий аймағы, мұнай-газ кешені, көмірсутек ресурстарының запастары, шикізатты рационалды қолдану, мұнай және газды тасымалдау.

In article the analysis of a current state of interaction of the countries of the Caspian region in an oil and gas complex is given. The directions of transportation of oil and gas resources are considered. The role of the oil companies in implementation of oil and gas projects is shown. Recommendations concerning strengthening of interstate communications in an oil and gas complex of the Caspian region are made.

Keywords: Caspian region, oil and gas complex, stocks of hydrocarbon resources, rational use of raw materials, transportation of oil and gas.

В течение двадцати истекших лет Каспийский регион превратился в зону сосредоточения крупных запасов углеводородного сырья, что отразилось на перспективных планах развития нефтегазового комплекса пяти прикаспийских государств. С

другой стороны, это обстоятельство привлекло внимание крупнейших стран мира, чьи нефтяные корпорации проявили исключительно высокую активность в создании совместных предприятий и тем самым в инвестировании нефтегазовых проектов в Казахстане, Азербайджане и Туркменистане.

Каспийские нефтяные и газовые запасы, доставшиеся постсоветским республикам при территориальных разделах, распределились неравномерно между участниками этого процесса (таблица 1). При разделе Каспийского моря по национальным секторам согласно срединной линии самыми привлекательными для крупных иностранных инвесторов оказались Казахстан, Азербайджан и Туркменистан.

Временной период разработки нефтяных месторождений, залегающих на морских территориях, в мировой практике насчитывает ряд десятилетий. Достаточно отметить, что ведется она успешно американскими компаниями в Мексиканском заливе, на Аляске, в странах Южной Америки, Восточной Азии и Ближнего Востока.

Таблица 1 – Ресурсы нефти и газа государств Каспийского региона, млрд т условного топлива

Страны	Нефть			Газ		
	Доказанные запасы	Возможные ресурсы	Итого	Доказанные запасы	Возможные ресурсы	Итого
Азербайджан	0,7-2,0	5,4	6,1-7,0	0,4	1,3	1,7
Иран	0	2,4	2,4	0	0,4	0,4
Казахстан	2,0-3,2	17,0	19,0-20,0	2,0-3,1	3,3	5,3-6,4
Россия	0,04	1,0	1,0			
Туркменистан	0,3	6,4	6,7	3,7-5,8	5,9	9,6-11,7
Всего в странах Прикаспийского региона	3,0-5,7	32,0	35,2-37,9			
Всего в странах Прикаспийского региона (исключая Россию)	3,0-5,7	31,2	34,2	6,1-9,0	10,9	17,0-20,0

Середина 70-х годов прошлого столетия стала периодом освоения крупнейшей нефтегазоносной зоны, расположенной в акватории Северного моря. Такие государства, как Великобритания, Норвегия, Дания, стали обладателями достаточно крупных запасов нефти, что обусловило создание в этих странах многофункциональных нефтяных компаний, деятельность которых на текущий момент имеет тесную связь с нефтегазовой отраслью РК.

В контексте изложенного необходимо иметь в виду и тот факт, что запасы нефтегазовых ресурсов в акватории Каспийского моря обнаружены многие десятки лет назад. Однако их извлечение сдерживалось недостаточной готовностью смежных про-

изводств к осуществлению необходимых операций на море. В этой связи начальный этап добычи и разработки нефтяных месторождений в этом регионе был приурочен к пятидесятым годам XX века, когда было введено в промышленную разработку первое месторождение углеводородов – Нефтяные Камни в Азербайджане.

С тех пор в шельфовой зоне Каспийского моря на территории всех пяти государств, расположенных вдоль его побережья, были обнаружены десятки структур, предположительно содержащих нефть и различающихся не только размерами прогнозируемых запасов, но также глубинами залегания продуктивных горизонтов, качеством содержащегося в них сырья.

Современная ситуация, свойственная развитию нефтегазодобывающей промышленности во всех странах мира, свидетельствует о том, что период обнаружения и разработки легкодоступных месторождений завершился. Новые регионы сосредоточения крупных запасов углеводородного сырья характеризуются наличием продуктивных площадей либо в зонах, где залегающее сырье приходится извлекать с огромными финансовыми и материальными затратами, либо в шельфовой зоне некоторых морских территорий. Эта закономерность предопределяет всю сложность процессов обнаружения новых нефтегазовых месторождений и последующего их освоения как с позиции финансово-экономических, технико-технологических результатов, так и с точки зрения необходимости поддержания экологического равновесия, особенно в зоне интенсивного промышленного освоения, какой является Каспийское море.

В пределах его шельфа к настоящему времени уже начаты крупномасштабные работы поисково-геологического и эксплуатационного характера в российском, азербайджанском, туркменском и казахстанском секторах. В частности, в Азербайджане большие надежды возлагаются на структуры Азери, Шах-Дениз, Чираг, Гюнешли, в Казахстане перспективными в отношении нефтегазоносности считаются кроме Кашагана, такие структуры, как Актоты, Кайран, Каламкас, Тюбкараган, Курмангазы, Жамбыл, Исатай, Абай и др.

Добыча нефти и газа остается одним из приоритетных и прибыльных направлений промышленности Казахстана. В настоящее время в республике разведано более 200 месторождений углеводородов с общими извлекаемыми запасами около 2,8 млрд т нефти и 1,7 трлн м³ газа. По прогнозам добыча сырой нефти Каспийского региона к 2015–2017 гг. достигнет 100 млн т. Рост ее будет обусловлен, в первую очередь, разработкой месторождений Северного Каспия, в особенности одного из самых крупных нефтяных месторождений – Кашагана [1].

В настоящее время среди стран СНГ Казахстан является вторым после России производителем нефти, а из 90 стран мирового сообщества входит в первую тридцатку. По объему производства нефтегазовый комплекс Казахстана занимает заметное место среди других отраслей. Безусловно, и нефтяную промышленность затронул кризис, наблюдаемый во всей экономике, что проявилось, в частности, в снижении добычи нефти и газового конденсата. Из динамики, приведенной в таблице 2, видно, что с 2005 г. объемы добычи нефти, включая газовый конденсат, и природного газа существенно повысились, что было связано со структурной перестройкой экономи-

ки, дальнейшим развитием инвестиционных проектов в отрасли, внедрением новых технологий.

Таблица 2 – Показатели деятельности предприятий нефтегазового сектора Казахстана

Показатели	2005 г.	2007 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Добыча нефти и газового конденсата, всего, млн т	61,5	67,2	76,5	80,5	79,2	81,8
Добыча нефти и газового конденсата с учетом НК «Казмунайгаз», млн т	12,0	14,0	18,7	21,1	21,4	23,3
Добыча природного и попутного газа, всего, млрд м ³	26,3	29,6	36,0	39,5	40,1	42,3
В том числе природного газа, млрд м ³	14,1	16,7	18,1	18,6	18,6	19,0
Суммарный объем экспорта нефти, млн т	51,9	60,3	68,1	69,4	68,2	72,1
Удельный вес экспорта по маршрутам, %	84,5	89,0	89,0	86,0	86,1	88,2
Объем экспорта по маршрутам, млн т:						
Атырау-Самара	15,2	16,0	17,5	15,4	15,4	15,5
Каспийский трубопроводный консорциум	24,5	25,1	27,5	29,0	27,9	28,0
Актау-Алашанькоу	-	3\4,8	7,7	10,7	10,4	10,5
Морской порт Актау	8,1	9,0	11,1	8,0	7,0	7,2
Транспортировка по железной дороге	1,5	2,9	4,0	7,6	7,0	7,0
<i>Примечание.</i> Составлено по данным нефтегазовых компаний РК.						

Разработанная в Казахстане «Государственная программа освоения казахстанского сектора Каспийского моря» представляет собой систему широкомасштабных проектов по вовлечению в промышленную разработку ряда перспективных месторождений углеводородного сырья. В соответствии с этой программой АО «Национальная компания “Казмунайгаз”» учредила специализированное дочернее предприятие АО «Морская нефтяная компания (МНК) “КазМунайТениз”» для реализации нефтяных и газовых проектов в казахстанских секторах Каспийского и Аральского морей.

Основные функции вновь образованной компании состоят в разведке и оценке нефтегазоносности новых участков, разработке и вводе в стадию промышленной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, транспортировке и реализации углеводородных ресурсов.

Осуществляемая компанией разнохарактерная производственная деятельность концентрируется вокруг реализации следующих проектов:

1. Северо-Каспийский, включающий освоение месторождений Кашаган, Актоты, Кайран, Каламкас, Юго-Западный Кашаган, в котором доля АО «НК «Казмунайгаз»» составляет 16,81%.

2. Два других проекта – освоение участков Тюбкараган и Аташ – находятся в стадии анализа и обобщения полученных геолого-геофизических данных. Учредителями их с 50% долей участия являются АО «МНК КазмунайТениз» и «ЛукОйл Оверсиз Шельф Б.В.».

3. Следующим перспективным проектом подготовки и последующего извлечения углеводородных ресурсов является месторождение Курмангазы, ориентировочные запасы которого могут составлять около 1 млрд т нефти. Участники этого проекта: АО «МНК «КазмунайТениз»» и ООО «РН-Казахстан», имеющие одинаковые 50% доли участия, осуществляют в настоящее время комплекс геологоразведочных работ, в том числе бурение ряда разведочных скважин.

4. Ряд других участков, считающихся перспективными в отношении содержания углеводородных ресурсов, таких, как Жамбыл, Абай, Исатай, находятся в стадии начального изучения путем проведения сейсморазведочных и гравиметрических работ [2].

Степень успешности выполнения столь внушительного объема работ, требующего освоения миллиардных инвестиций, использования новейших технических и технологических решений, создания разветвленной сети инфраструктурных объектов, зависит, прежде всего, от понимания той ответственности, которая возлагается на участников реализации проектов – иностранные и отечественные нефтяные компании, и в этой связи от выполнения всех необходимых работ в определенные документом сроки. Если говорить об ожидаемом результате, то свести его следует не только к тем десяткам миллионов тонн извлекаемой на месторождениях шельфа Каспийского моря нефти и миллиардам кубических метров газа, но и к кардинальному решению проблемы сохранения окружающей среды, особенно уникального бассейна Каспийского моря.

Однако, несмотря на то, что реализация государственной программы уже продвигается в необходимом направлении, все же нельзя не отметить, что она сталкивается с рядом проблем, затрудняющих выполнение запланированных задач в установленные сроки. В этой связи следует, прежде всего, проанализировать ситуацию, сложившуюся на протяжении нескольких последних лет вокруг комплекса работ, относящихся к вводу в разработку месторождения Кашаган.

Неоднократное перенесение сроков начала его разработки уже само по себе означает необходимость проведения кардинальной корректировки программы по всем ее разделам, так как прогнозируемое начало извлечения нефти, переносимое ориентировочно на 2012-2013 гг., соответственно влечет за собой изменение сроков и объемов поставки углеводородного сырья на экспорт, на переработку, на удовлетворение нужд социально-бытовой сферы.

При реализации программ столь крупного масштаба, требующих многомиллиардных вложений в строительство новых предприятий, оснащенных зачастую до-

рогостоящим оборудованием, сооружение коммуникаций, в создание необходимого задела в социально-бытовом секторе экономики, первостепенное значение должно иметь решение вопросов строгой и надежной координации, стыковки работ всех заинтересованных учреждений – министерств и ведомств, научно-исследовательских и проектных институтов, местных органов власти, в основу которой положен принцип достижения максимальных экономических результатов. Иными словами, должны быть реализованы главные элементы системного подхода при решении комплекса задач межотраслевого значения.

Наиболее результативным путем в этом отношении, способным обеспечить воплощение в реальных условиях принципов повышения экономической эффективности производства за счет решения таких задач, как оптимизация мощностей создаваемых предприятий, обоснования перечня необходимых для развития производительных сил производств, направления и способов использования сырьевых ресурсов и т.д., является стыковка интересов различных отраслей экономики на ранней стадии разработки проектных решений.

На фоне заметного проникновения крупных мировых нефтяных компаний в реализацию проектов освоения нефтегазовых месторождений Прикаспийского региона, происшедшего в 90-е годы XX века, в наши дни исключительную активность в этом направлении стали проявлять китайские нефтяные компании (таблица 3).

Аналогичная ситуация прослеживается и в нефтегазовом секторе Туркменистана. Финансовые институты Китая вместе с нефтяными компаниями проводят активную работу по вхождению в его нефтегазовую сферу. В конечном счете область их интересов лежит в получении возможностей использовать туркменский газ в своих собственных интересах. И здесь они достаточно грамотно заняли свою нишу. Китайские компании, например, предложили Туркменистану целевой кредит на 3 млрд долларов для освоения газового месторождения Южный Илатань и сразу же приступили к строительству газопровода в КНР через территорию Казахстана, по которому будет подаваться от 30 до 40 млрд м³ природного газа. Одновременно с реализацией этого проекта в Туркменистане был запущен еще один газопровод Давлетабад – Хангеран (Иран), что позволит увеличить поставки в эту страну природного газа с 8 до 14 млрд м³ в год с последующим ростом до 20 млрд м³.

При всех тех положительных результатах, которые уже сегодня просматриваются в связи с освоением запасов нефти и газа в Прикаспийском регионе, все же одна проблема требует своего решения, а именно как эти ресурсы эффективно использовать, как их доставить на мировые рынки? Вариантов решения этой проблемы обсуждалось много, вплоть до прокладки трубопроводов по дну Каспийского моря или создания технологий и оборудования для сжижения газа.

Однако сегодня достаточно устойчиво работают только нефтепровод Баку – Тбилиси – Джейхан, принимающий нефть с азербайджанских месторождений, газопровод Туркмения – Казахстан – Западный Китай, нефтепроводы Атырау – Новороссийск, источником сырьевых ресурсов для которых служит нефть Тенгизского месторождения и конденсат Карачаганакского месторождения, и Узень – Самара, по которому прокачивается нефть месторождений Мангистау.

Таблица 3 – Участники реализации важнейших нефтегазовых проектов в Казахстане

Проекты	Доля стран в проектах, %			
	США	Казахстан	Китай	Россия
Каспийский трубопроводный консорциум	15	19	-	31
Нефтепровод Западный Казахстан – Китай	-	50	50	-
Газопровод Казахстан – Китай	-	50	50	-
Разработка Тенгизского месторождения	50	20	-	5,0
Разработка Карачаганакского месторождения	17,5	10	-	12,5
Разработка месторождений Мангистаунаунгаз	-	50	50	-
Разработка месторождения Кумколь	-	33	67	-
Шымкентский нефтеперерабатывающий завод	-	50	50	-
Освоение ресурсов месторождения Кашаган	25,3	16,81	-	-

Туркменистан, обладающий крупными ресурсами природного газа, заинтересован реализовать их на мировых рынках на выгодных для себя условиях. Именно по этой причине он, не дожидаясь решения всех спорных вопросов относительно статуса Каспийского моря, активно принимает предложения иностранных компаний о строительстве с их помощью – финансовой и технической – газопроводов в различных направлениях.

Отмечая установившийся повышенный интерес в мире к газовым ресурсам, следует признать, что прикаспийские государства сегодня относятся к зоне особого внимания, которое проявляют многие мировые нефтегазовые компании. Одной из таких зон является Туркменистан, ажиотаж вокруг его газового потенциала наблюдается в течение многих последних лет. Вполне возможно, что он поддерживается той информацией об объемах перспективных запасов, которая время от времени озвучивается на официальных мероприятиях и в средствах массовой информации. Согласно этим данным оценочные запасы природного газа Туркменистана варьируют от 4,5 до 14,0 трлн м³.

О чем может свидетельствовать столь значительная разница? Объяснение этого может быть двояким. Во-первых, с увеличением ресурсов возрастает политический вес государства на мировой арене, появляется реальная возможность устанавливать свои правила игры на газовом рынке. Во-вторых, наличие столь впечатляющих объемов сырья может инициировать приток прямых иностранных инвестиций, за счет которых будет развиваться не только газовая отрасль, но и создаваться производства в иных секторах экономики, в производственной и социальной инфраструктуре.

На текущий момент в Туркменистане добывается около 80 млрд м³ природного газа в год. Как же распределяются эти ресурсы? Согласно подписанным соглашениям в 2010 г. в Россию будет направлено 30 млрд м³, 14 млрд м³ – непосредственно в европейские страны, минуя Россию, определенный объем (возможно до 8–10 млрд м³) будет направлен в китайский газопровод и 8,0 млрд м³ газа транспортируется в Иран. Оставшаяся часть добываемых ресурсов, по-видимому, будет использована для

собственных нужд. Как следует из этих количественных величин, свободных объемов газа для участия Туркменистана в иных проектах, например в подаче углеводородного ресурса в лоббированной западными странами и США газопровод Nabucco, практически нет.

Вполне возможно, что он поддерживается той информацией об объемах перспективных запасов, которая время от времени озвучивается на официальных мероприятиях и в средствах массовой информации.

Отмеченная нами ситуация, сложившаяся вокруг проблемы диверсификации использования газовых ресурсов в экспортоориентированных направлениях, позволяет сделать главный вывод: эффективность работы газопроводов имеет непосредственную зависимость от того, насколько обоснованно определен ресурсный потенциал на средне- и долгосрочный периоды, какой объем реально может извлекаться в течение всего периода, на который заключаются контракты.

Как следует из анализа предлагаемых сегодня проектных решений, направленных на увеличение экспортного потенциала прикаспийских государств, предстоит достаточно сложный процесс выбора наиболее приемлемых направлений развития нефтепроводного транспорта. Сложность же заключается, прежде всего, в том, что кроме чисто экономических, коммерческих и конъюнктурных факторов следует принимать в расчет и факторы политического характера, деловых и торговых взаимоотношений с рядом государств.

Столь широкий спектр возможных направлений реализации нефти на внешнем рынке свидетельствует о том, что, несмотря на некоторую неопределенность относительно объемов углеводородов, которые будут извлекаться и экспортироваться в среднесрочной перспективе, оценка экономических, экологических, политических позиций должна быть осуществлена заблаговременно.

Национальная компания «Казмунайгаз» ведет работу по созданию Казахской каспийской системы транспортировки (ККСТ), предназначенной для экспорта возрастающих объемов казахстанской нефти, которые будут добываться, в первую очередь, на месторождениях Кашаган и Тенгиз, через Каспийское море на международные рынки посредством системы Баку – Тбилиси – Джейхан и/или других нефтетранспортных систем, расположенных на территории Азербайджана.

В рамках ККСТ для обеспечения транспортировки казахстанской нефти на международные рынки планируется строительство нефтепровода Ескене – Курык и создание Транскаспийской системы, которая будет состоять из терминалов на казахстанском побережье Каспийского моря, танкеров и судов, терминалов на Азербайджанском побережье и соединительных сооружений до системы Баку – Тбилиси – Джейхан. Предполагается, что ККСТ обеспечит на начальном этапе транспортировку нефти в объеме 20 млн т/год с последующим увеличением до 35–56 млн т/год.

Подключение Казахстана к действующему нефтепроводу Баку – Тбилиси – Джейхан будет осуществлено после ввода в разработку морских месторождений и, прежде всего, Кашагана. Известно, что на текущий момент сеть существующих нефтепроводов в стране не способна обеспечить планируемый объем транспортировки нефти северной части Каспийского моря при полном освоении месторождений Кашаган и Тенгиз. В этой связи сейчас разрабатывается проект строительства экспортного ма-

гистрального нефтепровода Ескене (Атырауская область) – Курык (Мангистауская область), который явится одним из главных звеньев созданной Казахстанской каспийской системы транспортировки.

В рамках реализации проекта ККСТ предусматривается создание специального танкерного флота и двух специализированных терминалов в Казахстане и Азербайджане, способных переваливать существенные объемы нефти – 60 млн т/год и более. Нефтепровод до нового порта и вся необходимая инфраструктура в портах Курык и Баку будет сооружаться на паритетных условиях – по 50% вложений придется на национальные нефтегазовые компании Казахстана и Азербайджана.

Следует учесть то обстоятельство, что трасса нефтепровода проложена через многочисленные горные участки, подверженные тектоническим воздействиям. Это обстоятельство увеличивает степень риска и предполагает в целях сохранности трассы и устойчивой работы ее объектов ввести в проект множество дополнительных технических решений, способных обезопасить как само сооружение, так и территорию, по которой оно будет проходить, от возможных осложнений в будущем.

Следует подчеркнуть, что Азербайджан, обладающий значительным потенциалом нефтегазоперерабатывающих производств, ресурсами нефти и газа на суше и на морских месторождениях, сегодня снабжает нефтепровод Баку – Тбилиси – Джейхан ресурсами только своих месторождений, так как несколько лет назад он отказался от поставок нефти из Казахстана. Вполне понятно, что с вводом в промышленную разработку шельфовых месторождений в республике появятся некоторые излишки жидких углеводородов, которые необходимо будет реализовать. Одним из способов сделать это может стать соглашение об экспорте казахстанской нефти в Иран, подписанное в августе 1996 года.

Согласно условиям этой сделки Казахстан ежегодно должен был доставлять в каспийские порты Ирана 2 млн т нефти для переработки на заводах Тегерана и Тебриза. Иран, в свою очередь, должен был отправлять аналогичное количество нефти казахстанским потребителям через свои порты в Персидском заливе по схеме замещения SWAP. Не исключено, что Иран в ближайшее время возобновит такой обмен и расширит объемы поставок казахстанской нефти до 5,5 млн т в год. Для поставки нефти в Иран могут быть использованы казахстанские порты Актау, Курык и Атырау после его реконструкции [3].

Общее заключение о сотрудничестве стран Прикаспийского региона в нефтегазовом комплексе может быть следующим. На текущий момент их взаимодействие отчетливо просматривается только в реализации проектов по строительству нефте- и газопроводов. В сотрудничестве, связанном с разработкой нефтегазовых месторождений, участвуют в основном европейские, американские и китайские компании. В области нефтепереработки и нефтехимии Азербайджан и Туркмения сотрудничают с западными корпорациями, Казахстан в этом направлении имеет связи с Россией, в частности тесно взаимодействует с Оренбургским ГПЗ, Омским и Орским НПЗ.

Думается, что в преддверии начала широкомасштабного освоения нефтегазовых ресурсов шельфа Каспийского моря в целях тесного взаимодействия при решении технологических, экономических и экологических проблем прикаспийские государства должны найти те точки соприкосновения, которые будут способствовать дости-

жению для каждого из них наибольшего экономического эффекта при использовании углеводородных ресурсов. Реализация этого направления вполне возможна в рамках разработки единой программы развития нефтегазового комплекса Прикаспийского региона.

ЛИТЕРАТУРА

1 Егоров О.И., Чигаркина О.А. Сотрудничество стран Азиатского региона в энергетическом секторе // Азиатский континент: горизонты сотрудничества: Сб. научных трудов – Алматы: АГУ им. Абая, Общественный фонд «One Asia Almaty», 2013. – С. 56-66.

2 Егоров О.И., Чигаркина О.А. Региональные особенности развития Прикаспийского нефтегазового комплекса Казахстана//Экспозиция. Нефть. Газ. 2014.– № 3 (35). – С. 52-56 (РФ, журнал входит в базу данных РИНЦ).

3 Егоров О.И., Жумагулов Р.Б. Приоритеты реструктуризации и диверсификации нефтегазового комплекса // Экономика: стратегия и практика. – 2012. – №1. – С. 23-27.

ЭНЕРГЕТИКА

ӘОЖ 621.472:666.971

Л. Б. АРУОВА, А. О. УТКЕЛБАЕВА

Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті

КҮН СӘУЛЕСІНІҢ ЭНЕРГИЯСЫН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ӘР ТҮРЛІ БЕТОНДАР ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Мақалада күн энергиясын пайдаланумен термоөңдеу кезінде бетондар мен конструкцияларды түрлі бетондардан дайындау технологиясын зерттеу жөніндегі тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері көрсетілген. Зерттеу нәтижесінде күн энергиясында қайталау үшін әдеттегі энерготасымалдаушыларды пайдаланумен үйлесімде гелиотехнология модификациялары; гелиоколлекторларды пайдаланумен пленка түзуші құраммен үйлесімде жарық өткізгіш камералардағы гелиотехнологияның жаңа алуан түрлері, сондай-ақ экологиялық жағынан таза және аз энергосиымдылықпен айрықшаланатын аралық жылу тасығышымен жүйелер зерттеледі.

Кілттік сөздер: гелиотехнология, энерготасымалдағыш, гелиоколлектор, энергосиымдылық, гелиотермоөңдеу.

Представлены результаты экспериментальных исследований по разработке технологии изготовления из различных бетонов изделий и конструкций при термообработке с использованием энергии солнца. Разработаны модификации гелиотехнологии в комбинации с использованием обычных энергоносителей для дублирования солнечной энергии; новые разновидности гелиотехнологии в светопрозрачных камерах в комбинации с пленкообразующими составами с применением гелиоколлекторов, а также системы с промежуточным теплоносителем, отличающиеся экологической чистотой и малой энергоемкостью.

Ключевые слова: гелиотехнология, энергоносители, гелиоколлектор, энергоемкость, гелиотермообработка.

The paper presents the results of experimental studies on the development of production technology of products and structures made of various concrete with heat treatment using solar energy. As the result of the studies, the solar technology application has been modified by combining solar energy with common energy sources; there are new kinds of solar energy applications in translucent cameras with a film-forming compositions and solar collectors together with a system of intermediate heat sources featured by environmentally clean and low power-consumption.

Keywords: solar technology, energy, solar collector, power consumption, helio thermal processing.

Қыздырудың қолайлы режимдерін қамтамасыз ету нәтижесінде гелиотермо өндеуден кейін алынған бетондардың беріктік сипаттамалары булаудан кейінгі осыған ұқсас бетондардың беріктігінен жоғары. Күн энергиясы өздігінше немесе энергияның

дәстүрлі көздерін қосымша пайдаланумен бетонның алуан түрлерінен бұйымдардың тиімді қатаюы міндетін шешуге мүмкіндік беретінін зерттеулер көрсетті. Зерттелген технология бойынша түрлі бетон бұйымдары мен конструкцияларды өндіру жазғы уақытта 100% дейін, күзгі – көктемгі – қысқы кезеңдерде 50-60% дейін энергия үнемдеуге мүмкіндік береді.

Қазақстан Республикасында құрылыс индустриясы және құрылыс материалдары өндірісі қарқынды дамуда [8]. Мәліметтер бойынша «2008 жылы темірбетон және бетон бұйымдарды өндіру көлемі 2713 мың т. немесе 1179,5 мың м³ құрады (өлшем бірлігі тоннадан 1 м³ аудару үшін бетонның 2,3 т/м³ орташа тығыздығы қабылданған). 2013 ж. Темірбетон және бетон бұйымдарын өндірудің жалпы көлемі 4854 мың т немесе 2003 мың м³ құрады».

Сонымен бірге түрлі бетон бұйымдары мен конструкцияларын өндіру кезінде дәстүрлі энерго тасығыштардың айтарлықтай мөлшері жұмсалады, энергияның 70% астамы талап етілетін энергияны ең көп қажет ететін технологиялық үдеріс қатаюын жылдамдату мақсатында оларды термоөңдеу. Қазақстан Республикасының оңтүстік өңірлері құрғақ ыстық ауа-райындағы климаттық аймақта тұр, бұл осы аудандарда гелиотермоөңдеу әдісі арқылы күн энергиясын пайдалану жолымен бетондардың қатаюын жеделдетуде энергошығындарды азайту үшін алғашарттар. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің «Сәулет және құрылыс өндірісі» кафедрасының зертханасы базасында бетон бұйымдары мен конструкциялардың алуан түрлерінің қатаюын жеделдету мақсатында күн энергиясын пайдалану жөнінде тиімділігі жоғары әдістер әзірленді.

Тек бетонның ауыр түрлері үшін ғана емес, сондай-ақ полистиролбетон мен көбікті бетон үшін де гелиотермоөңдеу әдістері ұсынылады. Гелиотермоөңдеу әдістерінің бейімділігі бетон құрастырылымдар мен бұйымдардың әрбір түрі үшін өте оңтайлы және үнемді әдісті таңдау мүмкіндігін береді. Гелиотехнологияда бетондардың қатаю үдерістерін жеделдету үшін күн энергиясын пайдалану кезінде, оның ішінде термоөңдеудің жұмсақ режимдері арқасында пайдалы әсердің өте үлкен коэффициенті бар [2].

Күн энергиясын пайдалану Қазақстан Республикасының оңтүстік аудандары үшін бетондардың алуан түрлерін қатаюды жеделдетудің перспективалы тәсілі болып табылатыны анықталды, әрі бұл тәсілдің мүмкіншіліктері әлі толық ашылған жоқ. Авторлар гелиотермоөңдеудің әдістерін дамыту үшін жан-жақты зеттеулер жүргізуде және бетондардың алуан түрлері үшін күн энергиясының жылумен өңдеуін енгізуді өндірістік жағдайларда зерттеу жүргізілуде.

Материалдар мен әдістер. Гелиотермоөңдеудің түрлі әдістерін қолдану кезінде М400 және одан жоғары портландцементтерді пайдалану мүмкін, алайда тез қататын портландцементтерді қолдану өте тиімді. Гелиотермоөңдеу әдістерін пайдалану кезінде толықтырғыштар МСТ-10268-80, МСТ-26633-85 талаптарына сәйкес таңдап алынады. Полистиролбетонды дайындау кезінде толықтырғыш ретінде көпіршіген полистиролды шағыл пайдаланылады.

Бетон қоспасының жылжымалығы МСТ-10181-81 бойынша стандартты конус көмегімен анықталады. Дірілдетіп қалыптау дірілдеткіш столда қалыптарда жүзеге асырылады. Бетонның қалыпталынған үлгілері шекті беріктігіне дейін камераларда

сақталады. Үлгілердің тығыздығы МСТ-7905-86 сәйкес анықталады. Бетондар мен цемент тасының құрылымы дифференциальды-термиялық, рентгенографиялық, микроскопиялық талдаулар негізінде зерттелді. Клинкер минералдарының гидратациясының деңгейін анықтау кезінде дифференциальды-термиялық әдіс пайдаланылды. Цемент тасының кеуектілігі МСТ 12730-4 бойынша анықталды [5].

Зерттеулер нәтижелері. Беріктік материалдың өте маңызды қасиеті болып табылады. Бетонның қол жеткізілген беріктігі мен оның өсу кинетикасы көптеген факторларға байланысты. Цементтің қасиеттері (цементтің белсенділігі, ұстасу мерзімдері, жылу бөлуі және басқалар) суцементтік қатынасы бетондардың беріктік сипаттамаларына айтарлықтай әсерін тигізеді. Бетондар қатайтын кездегі температуралық-ылғалдылық жағдайлардың олардың беріктігінің өсуіне айтарлықтай әсер ететінін атап өту керек.

Зерттеулер мынадай шикізат материалдарында жүргізілді: гранитті қиыршық тас (ірілігі 5-20 мм), кварц құмы ($M_{кр} = 2,4$), Шымкент зауытының М400 маркалы портландцементі. Ауыр бетон құрамы компоненттерінің пайдаланылған арақатынасы 1:1,63:4,05 болып қабылданды, бұл жерде суцементтің арақатынасы 0,45, конус шөгіндісі 1-3 см құрады [7]. Сыртқы ауаның орташа күндізгі температурасы -14 °С.

Сынақ тәжірибелерді жүргізу кезінде цемент экзотермиясының оңтайлы үйлесімі кезінде күн энергиясын пайдаланумен және энергияның дәстүрлі көздері арқылы қайталаумен жарық өткізгіш гелиокамерада кешенді жылумен өндеуге ұшыраған, пленка түзуші құраммен жоғары бетте жамылғының барлығымен немесе жоқтығымен ерекшеленетін ұқсас құрамдағы бетон үлгілердің екі партиясы дайындалды. Күн энергиясын қайталау кезінде бұйыммен қалып астына, бұйыммен қалып үстіне, әрі бұйыммен бір уақытта қалып астына және қалып үстіне орнатылған ТЭН-дер қолданылды (1-кесте).

1-кесте – Гелиотермоөндеудің түрлі кешенді әдістері кезіндегі бетонның беріктік көрсеткіштері

Бетонның жоғарғы бетінде жамылғының барлығы	Гелиотермоөңделген бетонның уақыты	Беріктік, МПа/% $R_{28}^{Н.Т.}$ кешенді гелиотермоөндеу тәсілдері кезінде		
		I тәсіл: қалып астында гелиоқақпақтарды және ТЭН-дерді пайдалану	II тәсіл: бұйымдардың (конструкциялардың) үстіңгі жағынан гелиоқақпақты және ТЭН-дерді пайдаланумен	III тәсіл: бұйымдардың (конструкциялардың) үстінен және қалыптардың астынан гелиоқақпақты және ТЭН-дерді пайдаланумен
Пленка түзгіш құрам	22 сағат	16,8/51,3	22,3/69,2	27,2/82,8
	28 тәулік	25,0/72,4	34,8/106,1	36,7/111,9
Жамылғысыз	22 сағат	6,2/19,0	20,9/63,7	23,8/72,7
	28 тәулік	16,8/51,3	28,1/85,7	31,9/97,2

Гелиотермоөндеудің энерготиімділікті басқа әзірленген әдісі аралық жылутасығышпен гелиоколлекторлар арқылы және жарықөткізгіш камерада энергияның қайталаушы көзімен қыздырумен термоөндеу болып табылады. Сынақ тәжірибені жүргізу кезінде ұқсас құрамдар (1:1,63:4,05) және жоғарыда келтірілген ауырбетонға арналған шикізат материалдары пайдаланылды [3]. Сынақ тәжірибелердің нәтижелерін талдау, пленка түзуші құрамды қолданумен күн-электрлік гелиокамерада жылумен өндеудің алуан түрлерінен кейін бетондар беріктігінің жамылғысыз бетондардың қол жеткізілген беріктіктерімен салыстырғанда 10–30% жоғары екенін көрсетті (2-кесте).

2-кесте – Гелиоколлекторлар арқылы аралық жылу тасығышпен гелиотермо өндеу кезінде бетонның беріктік көрсеткіштері

Гелиотермо өңделген бетонның уақыты	Беріктік, МПа/% $R_{28}^{н.т.}$	
	Бетонның жоғарғы бетінде жамылғының барлығы	
	Пленка түзуші қабат	жамылғысыз
22 сағат	30,51/88,0	24,26/70,0
28 тәулік	40,21/116,0	31,2/90,0

Электрэнергия шығыны өте аз және электроқыздырумен және бумен қыздырумен салыстырғанда аз: гелиотермоөндеулердің берілген түрлері кезінде 8-11 кВт·сағ/м³ құрайды.

Жеңіл бетондар үшін, атап айтқанда полистиролбетон үшін аралық жылутасығышпен гелиоколлекторлар және электр энергия арқылы қыздырумен жарық өткізгіш камерада гелиотермоөндеудің зерттелген әдістерінің тиімділігін зерттеу үшін сынақ тәжірибелер жүргізілген болатын. Полистиролбетонның қатаю кинетикасы кварц құмы бөлігінің орнына бисерлік полистирол (ПНГ) енгізілген орташа тығыздығы Д250-Д800 бетондарын зерттелді.

3-кестеде гелиотермоөндеуден кейін Д800, Д500, Д350 полистирол-бетонының және қалыпты жылу-ылғалды жағдайларды қатайған осыған ұқсас үлгілердің беріктігінің өсуі сипаты көрсетілген. Гелиотермоөндеуден кейін үлгілердің беріктігі қалыпты жылу-ылғалдылық жағдайларында қатайған бетон үлгілердің тиісті көрсеткіштерінен 30-40% жоғары екені көрініп тұр. Бұл жерде гелиотермоөндеуден кейін үлгілердің қатпарланбаған біртекті құрылымы болды. Гелиотермоөндеу барысында бисерлі полистирол көпіршиді және барлық көлем бойынша біркелкі таралады. Гелиотермоөндеудің жалпы ұзақтығы 22 сағат құрайды. Ауыр бетондар үшін қолданылған гелиотермоөндеудің жұмсақ режимдері, ол үшін тәжірибеде Д800, Д500, Д350 маркалары пайдаланылған полистиролбетон үшін де жарамды болып шықты.

Аралық жылутасығышпен гелиоколлекторлар арқылы қыздырумен жарық өткізгіш камерада гелиотермоөңделген және қалыпты жылу-ылғалды жағдайларда қатайған полистиролбетон үлгілердің беріктігі, тығыздығы бойынша маркаға байланысты тиісінші мынадай көрсеткіштері болды: Д800-7МПа және 5,3МПа; Д500-2,92МПа және 2,16МПа; Д350-2,03МПа және 1,45МПа [4].

3-кесте – Гелиоколлекторлар арқылы аралық жылу тасығышпен гелиотермоөңдеу кезіндегі полистиролбетонның беріктігі

Бетонға күтім жасау тәсілі	Гелиотермо өңдеуден кейінгі бетонның уақыты	Тығыздығы бойынша бетон маркасы, МПа/% R ₂₈ н.т.		
		Д800	Д500	Д350
Гелиотермо өңдеу	22 сағат	2,76/52,0	1,1/51,0	0,7/48,0
	28 тәулік	7,0/132,0	2,92/135	2,03/140,0
Қалыпты қатаю	28 тәулік	5,3	2,16	1,45

Гелиоколлекторлар арқылы аралық жылутасығышпен және бетондардың алуан түрлері үшін дәстүрлі электроэнергиямен қыздырумен күнэлектрлі гелиокамерада кешенді гелиотермоөңдеудің зерттелген жаңа тәсілдері бетонның жоғарғы беріктік көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Талқылау. Бетон қоспасының қатуы кезінде бетонның құрылымы қалыптасады. Құрылымының қалыптасуына цементтің гидратация үдерісі, ұстасуы және қатаю үдерісінің өзі негізгі әсерін тигізеді. Бетон қоспасының сумен ұстаса басталуымен цемент қамырының құрылымы өзгере бастайды. Бетон қоспасын араластыру мен нығыздау сапасы сыртқы фактор ретінде бетондағы құрылым түзілуінің үдерісіне, әрі ішкі фактор ретінде физикалық-химиялық үдерістерге, бәрінен бұрын цемент гидратациясына әсер етеді. Ыстық құрғақ ауа-райы бетонға қатты әсер етеді және көптеген теріс зардаптарды болғызады. Сондықтан төменгі ылғалдылықпен және ыстық ауа-райы жағдайларында қарқынды сусыздану салдарынан бетондағы пластикалық шөгудің өтуі кезінде пайда болатын деструктивті үдерістерді бұғаттау бетонға тиімді күтіммен қол жеткізіледі. Белгілі болғандай, қатаюдың бастапқы кезеңінің алғашқы 6 сағаты түрлі физикалық-химиялық үдерістер қарқынды ағып өтетін қалыптасу сатысында бетон құрылымына өте көп әсерін тигізеді. Атмосфералық көтеріңкі температуралары мен төменгі ылғалдылықтары кезінде гелиотермоөңдеуде бетон құрылымына әсер ететін негізгі критерийлер ретінде зерттеушілер бетонның жылумен кеңеюі, оның пластикалық шөгуі мен ылғал шығыны шамасы сияқты физикалық үдерістердің шамалары мен ағып өту сипатын қабылдады.

Бетонның сусыздануы-бұл гелиотермоөңдеу әдістерін қолдану кезінде жаңадан жатқызылған бетон бұйымда болып өтетін негізгі физикалық үдеріс. Гелиотермоөңдеудің әдістерін дұрыс пайдаланбау немесе жаңадан жатқызылған бетонға күтімнің жоқтығы кезінде бұйым немесе конструкциядан қатаюдың алғашқы бірнеше сағатында (6 – 7 сағат) ылғалдың 50 – 70% буланып кетеді. Жаңа қалыпталған бетоннан ылғалдың тез булануы бетонның қалыптаспаған құрылымын бұзатын, оның негізгі физикалық-техникалық қасиеттерін нашарлататын физикалық деструктивті үдеріс болып табылатын жол берілмейтін пластикалық шөгулерге әкеледі. Ыстық құрғақ ауа-райы кезінде $t=36^{\circ}\text{C}$, $\varphi=23\%$ кезінде авторлар Қазақстан Республикасының Қызылорда облысы жағдайында 6 сағат ішінде бетон үлгілерден ылғал шығынының зерттеуін жүргізді. Бұл зерттеулер бетонды кешенді гелиотермоөңдеудің зерттелген тәсілдері кезінде қалыптау аяқталғаннан кейін 6 сағаттан соң ылғал шығыны шамасы бекіту суынан 4,0–7,4 % құрайтынын көрсетті. Күтімсіз ашық қалыпта қатайған

үлгілер 6 сағат ішінде бекіту суының 36,2% жоғалтады. Жүргізілген зерттеулердің пленка түзуші құрам астында бетонды кешенді гелиотермоөндеудің жоғарғы тиімділігін көрсеткенін атап өтеміз, өйткені гелиотермоөндеудің осы тәсілі кезінде ылғал шығыны 8%-дан аспады.

Қыздырудың жұмсақ режимдері және гелиотермоөндеудің түрлі әдістері кезінде қатаю үшін мейлінше ылғалды ортаны жасау бетон бұйымдардың құрылымы мен физикалық-механикалық қасиеттеріне оң әсерін тигізеді. Бұл біріншіден, гелиотермоөндеудің басында бетондағы температураның өсуінің табиғи кесте бойынша, бұйымның қимасы бойынша температура ауытқуларының пайда болуынсыз баяу, жүзеге асырылуымен байланысты. Осыған байланысты гелиотермоөндеудің түрлі әдістерімен термоөңделген бетондардың құрылымы мен қасиеттері зерттелді. Жарық өткізгіш камералардағы кешенді жыл бойына гелиотермоөндеу бетондарға арналған термоөндеуден өту үшін оңтайлы жақсы режимдер жасайды, бұл бетондардың сапалы құрылымы мен негізгі физикалық-механикалық қасиеттерін қалыптастыруға оң әсерін тигізеді. Жүргізілген құрылымдық зерттеулердің нәтижелері бойынша гелиотермоөндеудің кешенді жыл бойылық әдістерінен өткен бетон бұйымдардың тұтқыр заттармен ірі және майда толықтырғыштың тығыз ұстасуымен ерітінді бөліктің тығыздалған құрылымымен сипатталатыны анықталды. Кешенді гелиотермоөндеуден өткен бетондардың қалыпты температуралық ылғалдылық жағдайлар кезінде қатайған үлгілермен салыстырғанда ерітінді бөлігінде ұсақ дөңгелек саңылаулардың үлкен құрамымен құрылымы және гидратацияның өте жоғары деңгейі бар.

Бұл технологияларда гелиоқақпақтар мен жарық өткізгіш гелиокамераларды пайдалану бетоннан ылғалдың булануының алдын алады, әрі бұл бетондағы деструктивтік үдерістерге әкелмейтін болады. Алайда ұсынылып отырған камераларда бетон бұйым мен жарық өткізгіш жымылғының жылусиымдылығы мен жұтушылық қабілеттілігі арасында айырмашылық бар, бұл жарық өткізгіш материал мен қыздырылатын бетон бұйымдары арасындағы температураның айырмашылығына әкеледі. Температуралардың айырмашылығы камераның ішкі жағынан жарықөткізгіш жамылғыда конденсат түзілуіне әкеледі, бұл жамылғының оптикалық параметрлерін нашарлатады. Гелиотермоөндеудің түрлі әдістері кезіндегі масса алмасу үдерістерінің қарқындауы бетон бұйымдардың қалыптасып болмаған құрылымын бұза және бетондардың негізгі беріктік және техникалық қасиеттерін, негізінен гелиотермо өңделетін бұйымдар мен конструкциялардың жоғарғы бет бөліктерінде, нашарлата отырып, бұйымдар мен конструкциялардың жоғарғы бетінен ылғалдың қарқынды булануына әкеледі. t -температураның және f -ылғалдың градиенттері бетондардың құрылымындағы бұзылулар басталғанда мейлінше аз немесе мүмкіндігіне қарай шектіден төмен болуы тиіс. Гелиотермоөндеудің ұсынылып отырған әдістерінде температура градиенттері $0,4-1,04^{\circ}\text{C}/\text{см}$ аралығында болды. Бетон бұйымдардың гелиотермоөндеуінің түрлі тәсілдері кезінде жылу және масса алмасу үдерістерінің қалыптасу заңдылықтары қаптаманы бұзып алу беріктігін алғанға дейін дайындалған бұйымдар мен конструкциялардың сақталуы параметрлерін ескеруге мүмкіндік береді. Алғашқы бірнеше сағат ішінде бетон қоспасының сусыздануы ыстық климат үшін тән деструктивті үдеріс. Бұл жерде бетон қоспа жайылымдылығын жоғалтады, қоспаны жатқызу қиындайды, сондай-ақ бетон құрылымы нашарлайды. Сондықтан

ыстық ауа-райында кезінде бетон сапасын сақтау үшін қарқынды сусыздануға қарсы бірқатар шаралар жүргізу қажет. Гелиотермоөңдеу әдістерін қолдану бетон бұйымдары мен конструкцияларының сапасын сақтау, олардың құнын арзандату үшін әрекетті шара болып табылады. Күтім жасаудың мейлінше аз ұзақтығы ол күтімнің аяқталуы сәтіне алатын бетонның көрсеткіші-пісіп жетілушілігімен анықталады. Бетон алатын, ылғал шығынына қол жеткізуге қатысты сындарлы беріктік, бетон құрылымының қалыптасқанын, саңылаулар мен капиллярлардың жаңа түзілімдермен толыққанын, ылғалдың қарқынды көшіп-қонуы тоқтайтынын көрсетеді. Механикалық жағынан байланысқан ылғал азаяды, әрі оның булануы бетон құрылымына теріс әсерін тигізе алмайды.

Бетондарды гелиотермоөңдеудің ұсынылып отырған әдістері бойынша нақты режимдерді белгілеу бетоннан жасалған түрлі бұйымдар мен конструкцияларға арналған іс-тәжірибелік зерттеулер негізінде жүзеге асырылады. Жаңа қалыпқа салынған үлгілер мен бұйымдардың температуралық өрістерін қалыптасу сатысында зерттеу күн энергиясымен қыздыру режимінің жұмсақ болып қалатынын және бетондарға 50–70% R_{28} беріктігін қамтамасыз ететіндігін, мұнда температураның көтерілуі 5–7 °C/с жылдамдығымен, 6–9 сағат ішінде 60–65°C ең жоғарғы температура кезінде изотермиялық сақтау интервалымен өтетінін көрсетті, ал температураның 30–45°C дейін сууы 1–2°C/с жылдамдығымен жүреді және бұйымның ірілігіне, бетон классына, сондай-ақ атмосфералық ауа температурасына байланысты [6]. Мұндай режимдер сапалы құрылымның және басқа да техникалық қасиеттеріне оң әсерін тигізуі тиіс, бетонның жедел қатаюуы үшін оңтайла жағдайлар жасайды.

«Қазақстан-2050» стратегиясында [1]: «Барлық дамыған елдер баламалы және «жасыл» энергетикалық технологияларға инвестицияларды ұлғайтуда. 2050 жылға оларды қолдану барлық тұтынылатын энергияның 50% дейін генерациялауға мүмкіндік береді. Көмірсутекті экономика дәуірінің өзінің ақырына біртіндеп келе жатқаны анық. Адамзаттың тіршілік етуі тек қана мұнай мен газға негізделіп қана қоймай, энергияның қайта қалпына келтіретін көздеріне де сүйенетін жаңа дәуір келеді. Қазақстан ғаламдық энергетикалық қауіпсіздіктің негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Әлемдік деңгейдегі мұнай мен газдың ірі қорларына ие біздің ел өзінің энергетикалық саладағы сенімді стратегиялық серіктестік және өзара тиімді халықаралық ықпалдастық саясатынан бірде бір қадам ауытқымайды». Қазіргі күні ТМД-да және шет елдерде темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын өндіруде күн энергиясын пайдалану бағытында айтарлықтай зерттеулер жүргізілді, гелиотермоөңдеу әдістерін қолданудың өндірістік тәжірибесі бар. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда Мемлекеттік Университетінің «Сәулет және құрылыс өндірісі» кафедрасының зертханасы базасында құрғақ ыстық ауа-райындағы облыстар үшін аралық жылу тасығышпен гелиоколлекторлар арқылы және энергияның дәстүрлі көздерімен қыздырумен жарық өткізгіш гелиокамераларда түрлі бетон бұйымдар мен конструкцияларды гелиотермоөңдеуге арналған энерготімді кешенді жыл бойлық әдістемелер әзірленуде. Бұл тәсіл дәстүрлі энергетикалық ресурстардың үлкен үнемделуі кезінде берілген қаптамадан босатып алу немесе жіберу беріктігімен, жоғары сапамен түрлі бетон бұйымдар мен конструкцияларды шығаруды қамтамасыз етеді. Бетон бұйымдары мен конструкциялардың әр түрлерін гелиотермоөңдеудің

жаңа әдістерін өндіріске енгізу дәстүрлі энергияны жылдың жазғы уақытында 100% дейін, әрі жылдың қысқы уақытында 50%-кем емес үнемдеуге, сондай-ақ өнімнің жоғарғы сапасымен үйлесімде экологиялық жағынан таза технологияны пайдалануға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Күн энергиясын пайдалану есебінен термоөндеуді қарқындалумен өндірістік тәуліктік айналым кезінде жоғары сападағы бетон бұйымдарының алуан түрлерін дайындаудың жаңа энерготімді, жыл бойғы әдістері мен технологиялары әзірленіп шығарылды. Бұл жерде жылдың жылы айларында қолайлы ауа-райы климаттық жағдайлармен аймақтарда гелиополигондар ұйымдастыру кезінде дәстүрлі энергияны қолданудан толық бас тарту, ал жылдың өтпелі кезеңінде-электр энергиясы және бумен қыздырудан ішінара бас тартуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТ

1 Назарбаев Н.А. Стратегия «Казахстан-2050» – новый политический курс для нового Казахстана в быстро меняющихся исторических условиях. www.akorda.kz/ru/category/gos_programmi_gazvitiya. Дата обращения 24.01.14.

2 Крылов Б.А. Солнечная энергия и перспективы ее использования для интенсификации твердения бетона // Материалы совещания по проблеме «Использование солнечной энергии в технологии бетона». – Ашхабад, 1982. – С. 20-25.

3 Крылов Б.А., Заседателев И.Б., Малинский Е.Н. Изготовление сборного железобетона с применением гелиоформ // Бетон и железобетон. – 1984. – №3. – С.17-18.

4 Крылов Б.А., Маслов В.П. Дублирующие источники энергии при комбинированной гелиотермообработке железобетонных изделий // Мат-лы Всесоюзного научно-практического совещания по технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций с использованием климатических факторов жарких районов. – Душанбе, 1988. – С. 44.

5 Крылов Б.А., Чукаселидзе Л.Г., Топильский Г.В., Рыбасов В.П. Вододисперсионные пленкообразующие составы для бетона в условиях сухого жаркого климата // Бетон и железобетон. – 1992. – №6. – С.15.

6 Гусев Б.В., Хабакнашев К.Т., Троц Ю.Д. Тепловая обработка железобетонных изделий с нанесением парозащитной пленки // Промышленность сборного железобетона. – 1980. – Вып. 2. – С.6–7.

7 Крылов Б.А., Аруова Л.Б. Комбинированный метод использования гелиотехнологии на полигонах // Бетон и железобетон. – 1996. – №12. – С. 7.

8 Официальная статистическая информация. www.stat.gov.kz.

Г. А. МЕДИЕВА¹, О. А. ЧИГАРКИНА², Г. У. ДЖОЛДАСБАЕВА³

¹Национальная инженерная академия РК

²Институт экономики КН МОН РК

³Каспийский государственный университет технологий
и инжиниринга им. Ш. Есенова

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ФАКТОР ПЕРЕХОДА К «ЗЕЛеноЙ ЭКОНОМИКЕ»

Рассмотрены проблемы энергосбережения национальной экономики Казахстана. Обоснована целесообразность внедрения энергосберегающих технологий, способствующих снижению экологических рисков. Приведена группировка экономических эффектов от энергосберегающих и мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности. Отмечено положительное влияние использования возобновляемых источников энергии на повышение энергосбережения и энергоэффективности.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергоёмкость, возобновляемые источники энергии, «зеленая экономика».

Бұл мақалада Қазақстанның ұлттық экономикасының энергия үнемдеу мәселелері қарастырылған. Экологиялық тәуекелдерді төмендетуге мүмкіндік беретін энергия үнемдеуші технологияларды еңгізудің мәні негізделген. Энергия тиімділігін көтеруге бағытталған, энергия үнемдеуші шаралардың экономикалық тиімділігі көрсетілген. Энергия үнемдеуді және энергия тиімділігін көтерудің қалпына келтірілетін энергия көздерін пайдаланудың оң әсері айқындалған.

Кілттік сөздер: энергия үнемдеу, энергия тиімділігі, энергия сыймдылығы, «жасыл экономика», қалпына келетін энергия көздері.

In article problems of energy saving of national economy of Kazakhstan are considered. Expediency of introduction of the energy saving technologies promoting decrease in environmental risks is proved. The group of economic effects from energy saving and the actions directed on energy efficiency increase is given. Positive influence of use of renew sources on increase of energy saving and energy efficiency is noted.

Keywords: energy saving, energy efficiency, power consumption, renew sources of energy, "green economy".

Мировая энергетика достигла предела развития на основе углеводородных ресурсов. Затянувшийся кризис характеризуется исчерпанием возможностей существующей энергетики, которая не позволяет удешевить товары и достичь значительного экономического роста.

На современном этапе необходимым условием развития экономики является обеспеченность достаточным количеством энергии и топлива. Ограниченность запасов природных топливно-энергетических ресурсов невозобновляемых источников энергии, таких, как торф, уголь, нефть, природный газ, обусловила необходимость разработки программ энергосбережения. Энергосбережение является основным и самым эффективным способом развития современной мировой энергетики.

Энергосбережение представляет собой комплекс мер по реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, на-

правленных на эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов возобновляемых источников энергии.

В Казахстане энергосбережение и повышение энергоэффективности всех отраслей хозяйства являются приоритетной задачей, решение которой позволит преодолеть комплекс проблем: энергетических и эколого-экономических. Президентом Республики Казахстан Н. А. Назарбаевым в области энергосбережения поставлена задача по снижению энергоемкости внутреннего валового продукта не менее чем на 10% к 2015 году и 25% к 2020 году.

Основой проведения энергосберегающей политики является действующая нормативно-правовая база. Президентом РК Н. А. Назарбаевым 13 января 2012 года были подписаны Законы РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности» [1].

Закон направлен на создание правовой базы в сфере энергосбережения, а также формирование национальной инфраструктуры в сфере энергосбережения для обеспечения перехода национальной экономики на рельсы энергоэффективного развития. Закон был принят взамен ранее действовавшего Закона «Об энергосбережении» [2].

Энергоэффективность подразумевает использование производствами или системами меньше энергоресурсов для достижения показателей производительности или даже их улучшения по сравнению с обычными производствами и системами. Эффективное использование энергии приводит к ее экономии, сокращению выплат по счетам за коммунальные услуги и защите окружающей среды вследствие уменьшения потребления энергоресурсов и сокращения выбросов парниковых газов.

Эффективное использование энергоресурсов является наиболее важным и экономически целесообразным, но в то же время наименее используемым способом повышения прибыльности предприятия.

Энергоэффективность чаще всего рассматривается как экономия энергоресурсов и сокращение выбросов, как очевидное условие конкурентоспособности компаний и наличия доступного и чистого источника энергообеспечения в будущем. Сегодня практически общеизвестно, что повышение энергоэффективности позволяет странам преодолевать давление, которое на них оказывает зависимость от энергоресурсов, решать вопросы ненадежности энергопоставок, высоких цен на энергоресурсы, а также экологического вреда.

Энергосбережение в промышленном секторе экономики означает получение того же экономического результата, но с наименьшими затратами энергии или получение более высоких результатов при затратах такого или меньшего количества энергии на единицу производимой продукции. Это означает сокращение потребления энергии и в то же время экономию денежных средств. Большинство стран СНГ относятся к числу энергозатратных. Например, в Казахстане, Украине и России (а также в других странах) удельное потребление энергии выше, чем в странах ЕС, примерно в 3 раза. Это означает, что эти страны потребляют на единицу ВВП в 3 раза больше энергоносителей.

С одной стороны, это вызвано тем, что в структурном отношении экономика страны слабо диверсифицирована и сфокусирована на интенсивной добыче энергоноси-

телей и соответствующей их переработке. С другой стороны, существует огромная потребность в модернизации оборудования почти во всех секторах экономики в связи с моральным и физическим износом. Устаревшее оборудование и старые технологии являются одним из источников потерь электроэнергии.

В 2013 году Постановлением Правительства Республики Казахстан от 29 августа за № 904 утверждена программа «Энергосбережение – 2020» [3]. Основными задачами программы являются модернизация и повышение энергоэффективности национальной экономики; разработка и внедрение механизмов стимулирования энергосбережения и повышения энергоэффективности и др. Программой предполагается ежегодное 10%-е снижение энергоемкости ВВП в течение 2013–2015 гг. и уменьшение энергоемкости внутреннего валового продукта не менее чем на 40% от уровня 2008 г. [4]

Энергоемкость ВВП является главным показателем энергоэффективности государства. Этот показатель рассчитывается как отношение первичного энергопотребления (угля, нефти, газа) к значению реального ВВП Республики Казахстан в долларах США.

Показатель снижения потребления энергетических ресурсов на единицу продукции ВВП является экономически целесообразным, так как направлен на повышение производительности, рентабельности и конкурентоспособности промышленных предприятий, а также улучшение экологической обстановки.

Таким образом, экономические эффекты мероприятий, направленных на энергосбережение, повышение энергоэффективности, можно разделить на четыре группы:

экономические эффекты (мероприятия по энергосбережению окупаются в определенный срок за счет экономии затрат на потреблении энергоресурсов);

повышение конкурентоспособности экономики (происходит модернизация предприятий промышленных отраслей и инфраструктуры);

экологические эффекты (повышение энергоэффективности является основным инструментом к переходу на путь «зеленой» экономики);

сопутствующие эффекты (развивается наука, внедряются инновации).

Показатель энергоемкости ВВП Казахстана по сравнению с другими странами является весьма высоким. Республика по этому показателю значительно отстает не только от развитых стран мира (в 10–15 раз), но и от России, Беларуси, структура экономик которых очень близка к казахстанской. Это свидетельствует о значительном потенциале снижения энергоемкости от 15 до 40 %.

Сегодня в республике из общего потребления первичных энергоресурсов основную долю в объеме 28,7 млн т н.э. занимают отрасли промышленности. Абсолютное первичное энергопотребление промышленности включает в себя полное внутреннее потребление первичных энергоносителей (уголь, нефть, газ), в том числе и на переработку с учетом потерь, за вычетом потребления населением.

Анализ структуры энергопотребления Казахстана показывает, что основными потребителями энергетических ресурсов являются промышленность, в том числе производство электро- и теплоэнергии (36,9% потребления от общего объема первичных энергетических ресурсов), население (до 30% потребления от общего объема первичных энергетических ресурсов) и транспортный сектор (до 20% потребления энергетических ресурсов).

Успешная реализация программы «Энергосбережение-2020» напрямую зависит от привлечения частных инвестиций в экономику страны. Электроэнергетика Казахстана требует значительных инвестиций, что связано с необходимостью обновления оборудования и ростом спроса на электроэнергию. Реализация программы «Энергосбережение-2020» потребует порядка 1,2 трлн тенге, при этом основная часть средств, а именно 1 трлн 177 млрд тенге, будет направлена из внебюджетных источников.

В Казахстане предполагается внедрение международных стандартов по энергосбережению; и по аналогии со странами ЕС вводится добровольное соглашение в области энергосбережения, которое будет заключаться с предприятиями, входящими в государственный энергетический реестр, где будет отражена динамика снижения энергоемкости предприятия.

В ближайшей перспективе Правительством Казахстана будет разработан ряд мер по стимулированию энергосбережения. В июне 2014 года на заседании Правительства приняты решения о необходимости внесения дополнительных законодательных изменений, стимулирующих этот процесс, в том числе развитие государственно-частного партнерства в энергосбережении. Особое внимание будет сосредоточено на 50 крупнейших предприятиях страны, которые используют более 40% всех энергоресурсов. Экономия на этих предприятиях до 25% энергоресурсов позволит сэкономить до 10% в масштабах государства.

Президентом Республики Казахстан, как уже было сказано, поставлена задача о снижении до 2015 года энергоемкости ВВП страны на 10%, к 2020 году – на 25% и 2050 году – в 2 раза. Ожидаемым результатом явится снижение энергоемкости валового внутреннего продукта за счет эффективного использования энергетических ресурсов. Повышение энергоэффективности благоприятно отразится на экологическом состоянии, так как уменьшение потребления топлива позволит сократить выбросы и тем самым благоприятно повлиять на экологическую обстановку. Политика энергосбережения на производстве дает возможность не только осуществить переход к «зеленой» экономике, но и снизить себестоимость производства и повысить конкурентоспособность национальной экономики.

По данным ПРООН, в Казахстане промышленный сектор занимает второе место по уровню энергопотребления. Выбросы парниковых газов в значительной степени связаны со старыми технологиями, которые не обновлялись в течение последних 20–30 лет, что вызывает острую необходимость модернизации предприятий с учетом внедрения энергосберегающих технологий. Сегодня крупные предприятия-природопользователи активно проводят технологическое перевооружение процессов, направленное на снижение объема выбросов CO₂.

В настоящее время энергосберегающие технологии являются одним из ключевых направлений энергетической политики РК. Так как экономика страны характеризуется высокой энергоемкостью, необходимыми мерами по обеспечению экономии энергии являются ликвидация технологической отсталости промышленности, оснащение предприятий новым энергосберегающим оборудованием, модернизация сферы ЖКХ, внедрение энергосберегающих технологий и привлечение в наиболее энергоемкие производства необходимого объема инвестиций.

Важным направлением, призванным в будущем заменить традиционные виды топлива, является переход на энергосберегающие технологии в рамках использования возобновляемых источников энергии, к которым относятся твердая биомасса и животные продукты, промышленные отходы, гидроэнергия, геотермальная энергия, солнечная энергия, энергия ветра, энергия приливов морских волн. Это дает не только значительное уменьшение расходов на энергетические затраты, но и имеет большие экологические плюсы. Назрела настоятельная необходимость разработки программы модернизации энергетического хозяйства страны и создания энергосетей для единой системы распределения энергии, вырабатываемой альтернативными источниками.

Все большей популярностью пользуются энергосберегающие технологии, основанные на применении альтернативных и возобновляемых источников энергии, к которым относятся:

- использование солнечной энергии за счет специальных солнечных батарей и коллекторов, монтирующихся на крыше домов, а также солнечных и фотоэлектрических электростанций;

- строительство современных гидроэлектростанций, в том числе малых;

- применение биотоплива, получаемого из отходов животноводства и птицеводства, производственных и бытовых отходов, высокоурожайных сельскохозяйственных культур.

В условиях возрастающего дефицита основных энергоресурсов, увеличивающейся стоимости их добычи, усугубления экологических проблем внедрение энергосберегающих инновационных технологий является необходимым условием успешного развития экономики и сохранения окружающей среды.

Энергосберегающие технологии позволяют методами госрегулирования значительно снизить нагрузку на государственный и региональные бюджеты, сдерживать рост тарифов, повысить конкурентоспособность экономики, увеличить предложения на рынке труда.

На современном этапе можно выделить три основных направления энергосбережения:

- полезное использование энергетических ресурсов и сокращение их потерь;

- модернизация оборудования в целях уменьшения потерь энергии;

- интенсивное энергосбережение.

Важнейшей стратегической задачей государственной политики энергосбережения является создание совершенной системы управления энергетической эффективностью и энергосбережением.

Помимо этого, в законодательной базе прописаны приоритетные задачи развития энергосберегающих технологий, а именно:

- снижение энергопотребления не менее чем на 3% в год в течение пяти лет;

- введение обязательной маркировки продукции по классам энергоэффективности;

- изменение тарифной политики путем применения методов тарифного регулирования.

Во всем мире энергетика обеспечивает значительный рост благосостояния за счет увеличения производства энергоресурсов, их эффективного использования и внедрения энергосберегающих технологий. В связи с этим повышение энергетической эф-

фактивности экономики является главной задачей энергетической стратегии Казахстана.

Энергосберегающие технологии представляют собой комплекс мер и решений, направленных на уменьшение потерь энергии. Это новый подход к технологическим процессам, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов.

По официальным данным, доля энергозатрат в себестоимости продукции в Республике Казахстан достигает 30–40%. К примеру, на большинстве отечественных предприятий до сих пор используются электродвигатели с большой мощностью, рассчитанные на максимальную нагрузку, хотя пиковый период работы составляет всего 10–15% от общего количества рабочего времени. Решить проблему поможет оптимизация оборудования за счет применения электроприводов, автоматизации технологических и производственных процессов.

В современных условиях приоритет, как правило, отдается малозатратным энергосберегающим мероприятиям (ЭСМ), срок окупаемости которых не более 3–4 года. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) многочисленных ЭСМ выполняют технические специалисты в отличие от бизнес-планов крупных инвестиционных проектов, которые разрабатываются экспертами-экономистами.

Экономический эффект может определяться на различных стадиях разработки проекта. Предполагаемый (прогнозный) экономический эффект определяется на стадии обоснования планируемых исследований, ожидаемый – при завершении разработки и проведении производственной проверки, фактический – по фактическим результатам внедрения.

Для оценки эффективности энергосберегающих мероприятий предлагаются различные критерии. Так, в статье [6] отмечается, что «критерием оценки эффективности варианта обеспечения энергоресурсом потребителей будет являться минимум затрат на единицу энергии. Этот критерий не противоречит интересам производителей энергии и топлива и отвечает интересам потребителей энергоресурсов».

Применяются и другие критерии оценки эффективности энергосберегающих мероприятий. Например, в работе [7] предлагается рассчитывать будущую прибыль и дисконтированный срок окупаемости проекта с учетом старения оборудования по системе уравнений износа мощностей.

Существуют также критерии, в основе которых лежит обеспечение максимума эффективности изолированной системы «производитель энергоресурсов – потребитель» в заданном объекте.

На наш взгляд, более целесообразным будет применение подхода, когда оценка эффективности энергосберегающих мероприятий осуществляется с учетом так называемого эффекта мультипликатора [8]. Сущность его заключается в том, что инвестиции в одну отрасль вызывают вторичный поток инвестиций в другие отрасли. Опыт ряда стран показывает [8], что эффект мультипликатора приводит в течение года примерно к удвоению первоначальных инвестиций.

Очевидно, что наиболее высокая степень реализуемости этого эффекта возможна при централизованном управлении, поскольку частные инвесторы заинтересованы, прежде всего, в эффективности инноваций внутри своей компании. Как справедливо

отмечают многие авторы, при расчетах экономического эффекта, в первую очередь, необходимо соблюдать народнохозяйственный подход, т. е. должны учитываться результаты не только по месту применения технико-технологических нововведений, но и в смежных отраслях с позиции их влияния на конечные показатели развития экономики страны. Весьма плодотворным при этом может оказаться применение метода межотраслевого баланса. Однако он при реализации ресурсосберегающих программ имеет ограниченные возможности прогнозирования социальных и экологических последствий.

Для повышения эффективности энергосбережения могут быть использованы различные методы привлечения инвестиций и экономического стимулирования энергосбережения. Определяя экономические методы формирования инвестиций и стимулирования программ энергосбережения, следует учитывать особенности их использования по конкретным направлениям энергосбережения и отраслям народного хозяйства.

Анализ особенностей политики энергосбережения в развитых странах и государствах с переходной экономикой показал необходимость сочетания рыночных механизмов с мерами административного характера.

Таким образом, результаты анализа показывают возможности использования в РК экономического стимулирования энергосбережения за счет применения эколого-экономических нормативов и механизмов, средств от экспорта энергоресурсов и его налогообложения для расширения инвестиционных возможностей энергосбережения, револьверных принципов при проведении энергосберегающих программ и мероприятий и других научно-методических подходов. В целом развитие энергосбережения и повышение энергоэффективности экономики страны дают уникальную возможность модернизации отраслей экономики за счет применения инновационных энергосберегающих технологий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Интернет-ресурс: [http:// www.online.zakon.kz/Document/](http://www.online.zakon.kz/Document/)
- 2 Интернет-ресурс: [http:// www.portal-energo.ru/articles/details/id/603](http://www.portal-energo.ru/articles/details/id/603)
- 3 Интернет-ресурс: [http:// www.mtrk.kz/ru/news-mtrk/vlast/](http://www.mtrk.kz/ru/news-mtrk/vlast/)
- 4 Интернет-ресурс: [http:// www.adilet.zan.kz/rus/docs](http://www.adilet.zan.kz/rus/docs)
- 5 Интернет-ресурс: http://www.gji.tver.ru/TGS/energoeff_13.html
- 6 Шкрет А. Ф. Методические особенности оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий// Материалы IV российской научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности». – Ульяновск: ОЭП СНЦ РАН, 2003. – С. 29-34.
- 7 Клименко А. В., Орлов Ю. Н. Расчетная модель оптимизации системы теплоснабжения региона. – М., 2003. Интернет-ресурс: <http://www.keldysh.ru/papers/2003/>

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 961.091

**И. А. МАССАЛИМОВ¹, К. А. АКМАЛАЕВ², Е. С. ОРЫНБЕКОВ²,
Ф. Х. УРАКАЕВ³**

¹*Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов
роста растений с опытным производством Академии наук
Республики Башкортостан*

²*Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева*

³*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия*

МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ СЕРЫ В ДЕЗИНТЕГРАТОРЕ

Статья посвящена влиянию механической активации серы в дезинтеграторе на получение полисульфидов щелочных и щелочноземельных металлов и научным аспектам их применения для модификации строительных материалов. Исследован процесс получения полисульфидов щелочных и щелочноземельных металлов с использованием в качестве реагента механически активированной элементной серы. Наиболее перспективными направлениями являются разработка новых наукоемких серосодержащих материалов, цена которых заметно превышает цену самой серы как сырья. Рассмотрены практические аспекты применения полисульфидов в строительной индустрии.

Ключевые слова: полисульфиды, модификация, сера, механическая активация, измельчение, мельница.

Жұмыс күкіртті дезинтеграторда механикалық активация жасау тәсілі және сулы ертіндіде массалық нуклеация арқылы алып, оны құрылыс материалдарында пайдалануы қарастырылған. Реагент ретінде механикалық жолмен активтелінген күкірт элементін пайдалану арқылы, сілтілердің жартылай сульфидтерін және топырақты сілтілі металдардың алу процесі зерттелген. Ең бір болашақ бағыттардың бірі, бағасы шикізат сияқты күкірттің өзінің бағасынан асып түсетін, жаңа құрамында күкірті бар материалдар жасау болып табылады. Жартылай сульфидтерді құрылыс саласында іс жүзінде пайдалануы қарастырылған.

Кілттік сөздер: полисульфидтер, түрлендіру, күкірт, механикалық активация, майдалау, діірмен.

Is devoted to the in fluency of mechanical activation of sulfur in the disintegrator for a polysulfide of alkali and alkaline earth metals, and scientific aspects of their application for the modification of building materials. The process of obtain in polysulfide's alkali and alkaline earth metals using as reagent mechanically activated element a sulfur. The most promising areas are the development of new high-sulfur-containing materials, the price of which are much higher than the price itself sulfur as raw material. Consider practical aspects of polysulfides in the construction industry.

Keywords: polysulfide's, modification, sulfur, mechanical activation, grinding, mill.

Выбор оптимальной структурной характеристики серы заметно улучшает характеристики бетонов, пропитанных расплавом серы. Проблема решается путем перевода серы в полисульфидное состояние с использованием методов механохимии.

Цель настоящей статьи состоит в изучении влияния механической активации на структурные характеристики серы, а также процесса получения полисульфидов щелочных и щелочноземельных металлов.

Элементарная сера наряду с нефтью, газом, углем, известью и поваренной солью входит в число наиболее широко используемых современной промышленностью химических продуктов. История ее применения уходит в глубокую древность. По мере развития промышленности потребность в сере как сырье для получения многочисленных химических реагентов непрерывно возрастала. В настоящее время сера широко применяется в промышленности в качестве вулканизирующего агента для превращения каучука в резину, получения серной кислоты, борьбы с болезнями и вредителями растений, производства удобрений, приготовления спичек, ультрамарина, сероуглерода, технологии получения целлюлозы и др. [1].

Ценные специфические свойства серы – гидрофобность, бактерицидные и связующие свойства, низкая токсичность, хемостойкость в кислых средах – создают неплохие предпосылки для решения указанной проблемы. Однако существуют и ограничения, связанные с хрупкостью серы, плохой совместимостью с различными ингредиентами, трудной растворимостью, специфическим запахом и др. Множество аллотропных модификаций и кристаллических форм серы, зависимость свойств от способа получения, содержания примесей и условий хранения вносят дополнительные затруднения при работе с серой в материаловедческом аспекте.

В связи с изложенным предлагается новое направление использования гидрофобизирующих свойств серы путем синтеза полисульфидов щелочных и щелочноземельных элементов. Следует отметить, что попытки использования серы для гидрофобизации строительных материалов предпринимались и ранее путем окунания изделий в ванну с расплавом серы [2]. Пропитка материалов расплавом серы включает ряд последовательных технологических процессов: разогрев серы до 150°C; сушку и подогрев изделий при температуре 130–140°C; погружение изделий в расплав и пропитку; извлечение изделий из расплава серы и их охлаждение. Из-за высокой вязкости расплава серы для эффективной пропитки необходимо использовать герметичную ванну, снабженную системой вакуумирования. Несмотря на заметное улучшение характеристик бетонов, пропитанных расплавом серы (водопоглощения, морозостойкости, механической прочности, химической стойкости), широкого распространения этот метод не получил из-за необходимости применения вакуумирования и высокой стоимости обработки. Для преодоления трудностей, связанных с высокой вязкостью расплава серы, необходимо было перевести серу в жидкое состояние, обладающее малой вязкостью. В этой работе такая проблема решается путем перевода серы в полисульфидное состояние с использованием методов механохимии.

Реакционная способность механически активированной серы в водных растворах щелочных и щелочноземельных металлов называется аллотропией [3]. Основными являются две кристаллические модификации серы: ромбическая – единственная форма, устойчивая при комнатной температуре; и моноклинная, устойчива начиная с 95,5°C. Сера,

как и ромбическая, так и моноклинная, состоит из циклических молекул S_8 . Наряду с серой S_8 известно множество циклических молекул серы с числом атомов, равным 6, 7, 10, 12, 18, 20 и т. д., которые при определенных условиях достаточно стабильны. Наиболее стабильной и распространенной является S_8 , шестнадцать молекул которой образуют наиболее устойчивую орторомбическую элементарную ячейку α -S. Важно отметить, что α -S, взаимодействуя с водными растворами гидроксидов щелочных металлов и аммония, образует полисульфидные ионы S_n^{2-} : полисульфиды Me_2S_n и $(NH_4)_2S_n$. Аналогично α -S с водными растворами сульфидов щелочноземельных металлов образует полисульфиды MeS_n .

Особенностью серы является то, что при комнатных температурах она химически инертна, и для получения неорганических полисульфидов необходима повышенная температура. Если для получения водных растворов полисульфидов щелочных металлов достаточно нагреть до 100 °С смесь соответствующего гидроксида щелочного металла с дробленой серой, то при получении полисульфидов щелочноземельных металлов возникают трудности, связанные с низким выходом реакции. Например, при проведении реакции получения полисульфида кальция из смеси измельченной серы и извести в водном растворе около 30–40 % серы и извести не вступают в реакцию. В результате образуются водные растворы с низким содержанием молекул полисульфидов, а также много отходов. Единственным способом получения концентрированных полисульфидных растворов, имеющих перспективу практического применения, является предварительное измельчение в высокоэнергетических механохимических реакторах с целью механической активации серы. Например, при проведении реакции образования полисульфида кальция из смеси, измельченной в роликовой мельнице, серы и извести получают растворы с плотностью 1,08–1,12 г/см³, в то же время, как будет показано, в результате синтеза полисульфида кальция с применением механической активации серы в центробежной мельнице образуются растворы с плотностью 1,20–1,23 г/см³.

При механической активации серы необходимо учитывать особенности ее поведения в ходе обработки в шаровых мельницах. В процессе соударения мелющих тел (шаров и стенок барабана) частицы серы легко разрушаются. Но так как температура плавления серы достаточно низкая (115 °С), то глобальные (на контакте мелющих тел и частиц серы) и локальные (на ударно-фрикционном контакте частиц серы) разогревы в барабане приводят к агломерации и уплотнению частиц серы, иначе говоря, к обратному преобразованию в комки (сферолиты) [4]. Если удары очень слабые, то процесс измельчения-активации будет длительным и неэффективным. Если использовать охлаждение барабанов, то технология усложняется и становится затратной. Если измельчение проводить в жидкости, то после этого необходимо от нее избавляться, что приведет к неизбежной агломерации частиц. При механической активации в проточных системах, в которых реализуется режим стесненного удара, наблюдается та же ситуация: при высокой скорости соударений сера плавится и начинает слипаться. При низкой скорости измельчения-активации практически не происходит, а выход продукта слишком мал. Для увеличения дисперсности серы и устранения процесса агрегации частиц используют так называемые диспергаторы, которые добавляют в небольших (5–10 %) количествах к механической активации продукта. Необходимо также отметить, что механическая активация серы в обычной воздушной среде может

привести к взрыву. Более предпочтительными являются мельницы проточного типа (дезинтеграторы, струйные и центробежные мельницы), в которых реализуется режим свободного удара. Особенности этого типа устройств являются высокая интенсивность измельчения и кратковременность механической активации. Обрабатываемый материал в таких механохимических реакторах находится доли секунды и подвергается интенсивному измельчению-активации. В связи с этим решаются и проблемы с комкованием серы в процессе механической активации. Особенности механической активации в указанных устройствах позволяют избежать названных трудностей [5].

Нами было проведено измельчение серы в центробежной мельнице. В качестве исходного материала использовался порошок серы, полученный измельчением комовой серы в промышленной роликовой мельнице со средним размером частиц 40 мкм (рисунок 1, кривая \circ). Однократная обработка порошка привела к сдвигу кривой распределения в сторону меньших размеров частиц. Из рисунка 1 видно, что наилучшие результаты при измельчении в центробежной мельнице были достигнуты после двукратной обработки, в этом случае удалось получить 20 % частиц с размерами от 60 до 110 нм (см. рисунок 1, кривая \triangle).

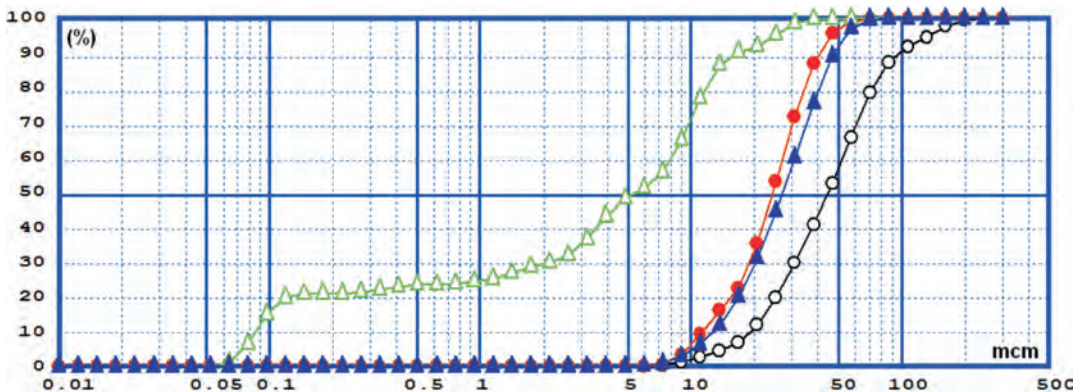


Рисунок 1 – Кривые интегрального распределения частиц серы по размерам (логарифмический масштаб в микронах): \circ – измельчение в роликовой мельнице; после измельчения в центробежной мельнице: \bullet – однократного; \triangle – двукратного; \blacktriangle – трехкратного

Причем после двукратной обработки образуются две фракции – мелкая (20 %) от 60 до 110 нм и более крупная (80 %) от 0,11 до 50 мкм. Дальнейшее увеличение кратности (см. рисунок 1, кривая \blacktriangle) обработки привело к слипанию частиц серы и росту их размеров. Не удалось также уменьшить размеры частиц и увеличением продолжительности обработки в валково-шаровой мельнице, несмотря на применение диспергаторов [6].

На рисунке 2 приведены результаты исследований: в процессе обработки в центробежной мельнице происходит не только интенсивное измельчение, но также наблюдаются и существенные изменения структурных характеристик. Установлено, что при обработке в центробежной мельнице существенно (в 1,5–2,0 раза) возрастает интегральная ширина рентгеновских линий (135), (313), (026), причем уширение происходит для всех трех отражений синхронно с коэффициентами корреляций от 0,74 до 0,96.

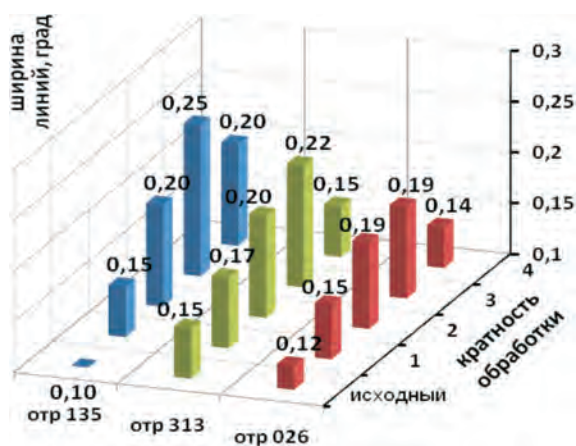


Рисунок 2 – Зависимость интегральной ширины линий (135), (313), (026) серы от кратности обработки в центробежной мельнице. Ширина линий приведена в градусах

Для отражения с индексами Миллера (135) однократная обработка приводит к увеличению ширины линии в 1,5 раза. Максимальное уширение достигается при трехкратной обработке, в результате происходит уширение линии в 2,5 раза (микродеформации при этом достигают 0,14 %).

При механической активации порошки серы были использованы для получения растворов 4 видов полисульфидов: натрия, лития, кальция и бария. Полисульфиды были получены реакциями в водных растворах серы с гидроксидами названных металлов при атмосферном давлении и температуре 100 °С.

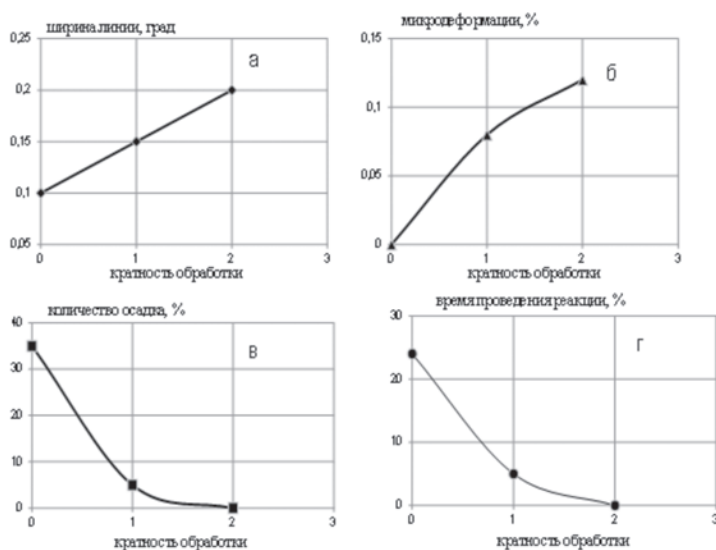


Рисунок 3 – Зависимость ширины линии (135), микродеформаций, количества осадка и времени проведения реакции образования полисульфида кальция от кратности обработки серы в дезинтеграторе

Как видно на рисунке 3, применение механической активации существенно (в 2–3 раза) ускоряет получение полисульфидов щелочных металлов, причем процесс образования полисульфидов натрия и лития протекает экзотермически. А при получении полисульфидов щелочноземельных металлов использование механической активации серы не только ускоряет реакцию образования полисульфидов кальция и бария за счет увеличения концентрации растворов, но и позволяет существенно повысить выход продукта реакции: количество не прореагировавших компонентов уменьшается с 35–40 до 1–2 %.

Итак, на основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. В процессе обработки в центробежной мельнице происходит интенсивное измельчение и наблюдаются существенные изменения структурных характеристик.
2. Обрабатываемый материал в таких механохимических реакторах пребывает доли секунды и подвергается интенсивному процессу измельчения-активации.
3. Применение механической активации существенно ускоряет получение полисульфидов щелочных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Meyer V. Elemental sulfur // *Chemical Reviews*. – 1978. – Vol. 76, N 3. – P. 367-388.
- 2 Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне. Физико-химическое бетоноведение: Пер. с англ. / Под ред. Ратинова В.Б. – М.: Стройиздат, 1986. – 278 с.
- 3 Корчевин Н.А., Сухомазова Э.Н., Леванова Е.П. и др. Системы для извлечения серы и утилизация ее промышленных отходов // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2002. – Т. 10, № 3. – С. 325-330.
- 4 Массалимов И.А., Киреева М.С., Вихарева И.Н. Применение полисульфидов щелочных и щелочноземельных металлов для получения высокодисперсной серы // *Журнал прикладной химии*. – 2008. – Т. 81, № 2. – С. 195-199.
- 5 Urakaev F.Kh., Bazarov L.Sh., Meshcheryakov I.N. et al. Kinetics of homogeneous nucleation of monodisperse spherical sulphur and anatase particles in water-acid systems // *Journal of Crystal Growth*. – 1999. – Vol. 205, iss. 1-2. – P. 223-232.
- 6 Массалимов И.А., Прокопец В.С. Упрочнение и защита строительных материалов серо-содержащими растворами // *Башкирский химический журнал*. – 2005. – Т. 12, № 2. – С.87-90.

УДК 577.46

Ж. Т. ТИЛЕКОВА¹, М. Т. ОШАКБАЕВ¹, М. С. ТОНКОПИЙ²

¹Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева

²Казахский экономический университет им. Т. Рыскулова

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ИЛЕ-БАЛКАШСКОГО БАССЕЙНА

Приводится обзор методов комплексной оценки загрязнения донных отложений в водной экосистеме. Рассматривается возможность использования некоторых из них для определения качества водных объектов Иле-Балкашского бассейна. На основе статистических данных содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Cr) в донных отложениях оз. Балкаш, а также рек Иле, Каратал, Аксу, Лепси рассмотрены закономерности их распределения, установлены предельно допустимые уровни загрязнения, которые позволяют оценить уровень загрязнения.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, донные отложения, поверхностные воды, экологическая геохимия, предельно допустимый уровень.*

Су экосистемасының түп шөгіндісінің ластануын кешенді бағалау әдістері қаралған. Қаралған әдістердің кейбірі Іле-Балқаш бассейнінің жер үсті суларының сапасын бағалауда пайдаланылған. Статистикалық мәліметтер негізінде ауыр металлдардың көрсеткіштері (Cd, Pb, Cr) Балқаш көлінің, Іле, Қаратал, Ақсу Лепсі өзендерінің түп шөгінділерінде ауыр металлдардың таралуы және олардың ластану деңгейінің шегі анықталған, бұл зерттеулер су экосистемасының ластануын анықтауға көмегін тигізеді.

Кілттік сөздер: *ауыр металлдар, түп шөгінділері, жер үсті сулары, экологиялық геохимия, ластану деңгейі.*

The review of methods of a complex assessment of pollution of ground deposits is provided in a water ecosystem. Possibility of use of some of them for an assessment of quality of water objects of the Ile-Balkash pool is considered. On the basis of statistical data behind the content of heavy metals (Cd, Pb, Cr) in ground deposits the lake Balkash, and also the rivers Ile, Karatal, Aksu, Lepsa are considered regularities of distribution, maximum-permissible levels of pollution which will allow to estimate pollution level are determined.

Keywords: *heavy metals, ground deposits, superficial waters, ecological geochemistry, maximum-permissible level.*

Донные отложения (ДО) водной экосистемы играют большую роль в геохимической миграции химических элементов водоема и несут значительную информацию при оценке его загрязненности. Загрязняющие вещества ДО сорбируют из водной толщи (коэффициент накопления порядка 10 000). При этом поллютанты претерпевают различные физико-химические превращения, взаимодействуя друг с другом и с компонентами экосистемы [1]. В результате ДО наряду с другими источниками создают потенциальную опасность для аквальных комплексов [2]. При этом обнаружить загрязнения из-за их высокого уровня накопления в ДО легче, чем в воде, поэтому по сравнению с водой ДО обладают значительно большей информативностью.

Оценка антропогенного загрязнения ДО в настоящее время сильно затруднена, поскольку нормативы концентраций загрязняющих веществ в ДО пока не разработаны, хотя попытки установить методические основы нормирования загрязнения ДО неоднократно предпринимались [3]. Разработаны некоторые региональные нормы, например «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» [4,5]. Предпринимались также попытки разработки обобщенного показателя загрязнений для ДО [6].

ДО представляют собой многокомпонентную систему, сформированную в результате взаимодействия разнообразных процессов: климатических, гидрологических, механических, физических, химических, биологических и др., которые протекают во времени как на водосборной площади, так и в самом водоеме. Многообразие этих процессов играет одну из ведущих ролей в формировании гидрохимического режима и функционирования экосистемы водоемов [7].

Тяжелые металлы (ТМ) не подвергаются биодegradации в экосистемах и аккумулируются в ее отдельных компонентах, поэтому их опасность для экосистемы особенно велика. При определенных условиях ТМ высвобождаются из ДО и выносятся с поровыми водами в водную толщу. Наиболее типичными движущими силами интенсификации обмена ТМ в системе «вода – поровый раствор» являются градиент изменения окислительно-восстановительных условий и концентрация растворенного органического вещества.

Для определения пространственно-временной динамики распределения тяжелых металлов в донных отложениях Иле-Балкашского бассейна были использованы статистические данные Информационного бюллетеня о состоянии окружающей среды бассейна озера Балкаш за 2010–2014 гг. РГП «Казгидромет». Предельно допустимый уровень загрязнения донных отложений тяжелыми металлами был оценен согласно нормативному документу, который был разработан в рамках российско-голландского сотрудничества по программе PSO 95/RF/3/1 «Извлечение и удаление загрязненных донных отложений в Санкт-Петербурге», «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» [8, 5].

Результаты анализа донных отложений бассейна озера Балкаш показаны в таблице.

Результаты анализа донных отложений бассейна оз. Балкаш

Год	Место отбора проб	Концентрация, мг/кг						
		Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	As	Mn
2010	Оз. Балкаш, восточная часть	0,06	4,48	3,36	0,95	10,6	4,5	932,3
	Р.Иле	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
	Р. Лепси	0,08	2,3	1,7	0,6	2,7	2,4	758,3
	Р. Каратал	0,08	0,89	2,7	0,5	0,87	1,9	750,5
	Р. Аксу	0,08	2,2	0,7	0,8	1,1	1,8	880,9
2011	Оз. Балкаш, восточная часть	0,02	3,27	0,25	0,85	1,72	1,13	856,3
	Р. Иле	0,02	7,8	0,5	0,12	0,21	8,5	460,5
	Р. Лепси	0,02	1,93	0,52	0,71	1,48	2,2	846,8
	Р. Каратал	0,08	12,8	0,96	1,28	1,95	2,9	847,1
	Р. Аксу	0,01	2,21	0,85	0,66	2,15	14,2	890,4
2012	Оз. Балкаш, восточная часть	0,056	3,7	0,3	1,01	0,49	2,06	578,3
	Р. Иле	0,14	44,2	8,2	2,06	3,3	3,9	819,5
	Р. Лепси	0,019	5,4	0,76	0,92	0,61	1,22	591,6
	Р. Каратал	0,145	13,43	1,69	1,04	1,16	2,1	699,4
	Р. Аксу	0,025	4,56	0,45	1,03	0,85	2,31	618,9
2013	Оз. Балкаш, восточная часть	0,05	9,87	0,705	0,755	0,505	1,09	879,25
	Р. Иле	0,08	14,3	1,2	0,30	1,14	0,87	647,2
	Р. Лепси	0,05	5,85	0,76	0,13	0,415	0,98	687,85
	Р. Каратал	0,175	11,14	0,665	0,08	0,925	0,79	867,8
	Р. Аксу	0,09	7,805	0,43	0,0725	0,47	0,655	733,9
2014	Оз. Балкаш, восточная часть	0,06	12,9	0,78	0,05	1,9	0,75	1115,2
	Р. Иле	0,03	5,36	0,37	0,005	0,14	9,4	630,8
	Р. Лепси	0,02	13,4	1,37	0,02	0,18	2,8	612,6
	Р. Каратал	0,08	12,5	0,74	0,02	1,33	7,6	756,4
	Р. Аксу	0,06	12,2	3,2	0,01	2,2	3,15	915,3

Далее нами были построены графики с использованием данных таблицы, предельно допустимые уровни загрязняющих веществ определены согласно нормативу «Критерии загрязнения стандартных донных отложений по концентрациям загрязняющих веществ в мг/кг сухого веса» [5].

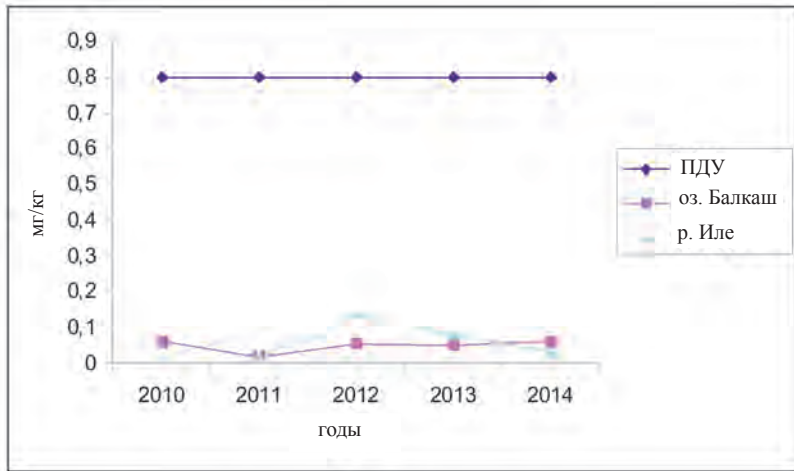


Рисунок 1 – Пространственно-временная динамика содержания Cd в ДО оз. Балкаш и р. Иле

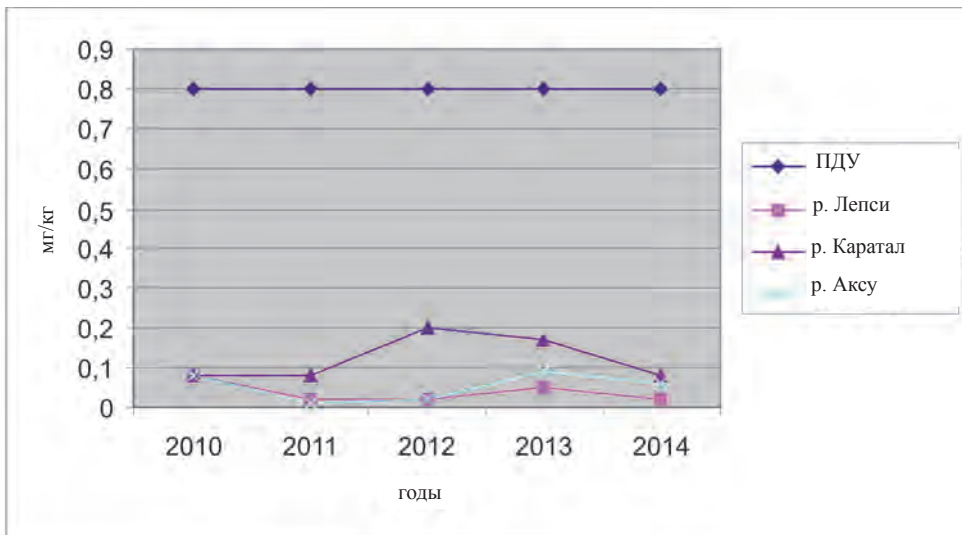


Рисунок 2 – Пространственно-временная динамика содержания Cd в ДО рек Лепси, Каратал, Аксу

В результате установлено, что в оз. Балкаш и реках Лепси, Каратал, Аксу содержание кадмия на протяжении 2010–2014 гг. было стабильным, а в р. Иле повысилось в 2012 году, но тоже остается стабильным и не превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) (рисунки 1,2). ПДУ загрязнения ДО соответствует «Нормам и критериям оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» [5].

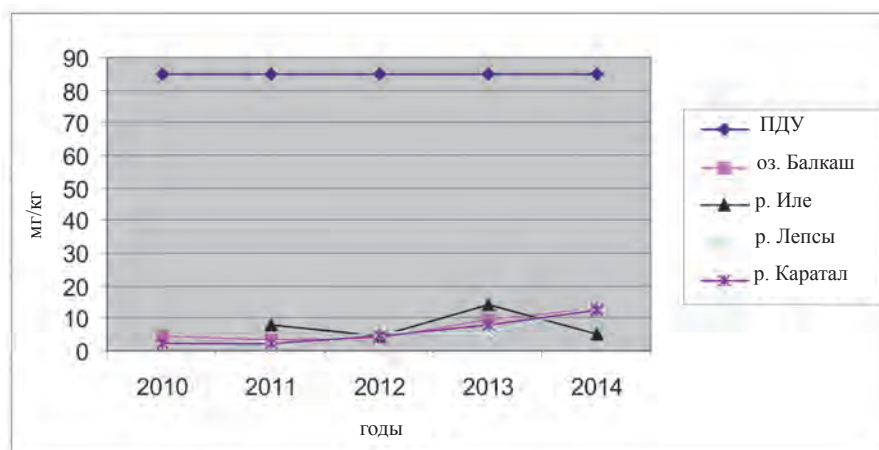


Рисунок 3 – Пространственно-временная динамика содержания Pb в ДО оз. Балкаш и его притоков рек Иле, Лепси, Каратал, Аксу

Содержание свинца в ДО оз. Балкаш и его притоков рек Иле, Лепси, Каратал, Аксу не превышают ПДУ (рисунок 3).

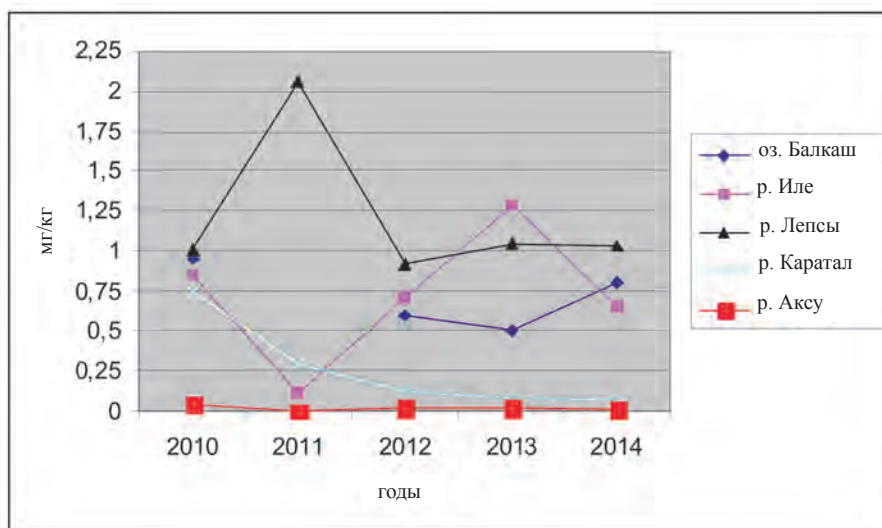


Рисунок 4 – Пространственно-временная динамика содержания Cr в ДО оз. Балкаш и его притоков рек Иле, Лепси, Каратал, Аксу

По содержанию хрома при ПДУ 100 мг/кг все показания остаются очень низкими (рисунок 4).

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что в донных отложениях оз. Балкаш и рек Лепси, Каратал, Аксу содержание таких тяжелых металлов, как кадмий, свинец, хром, на протяжении 2010–2014 гг. остается стабильным. Это свидетельствует о чистоте донных отложений.

Экологический анализ индекса загрязнения воды (ИЗВ) поверхностных вод Иле-Балкашского бассейна за 2010–2014 годы показывает обратную картину (рисунок 5).

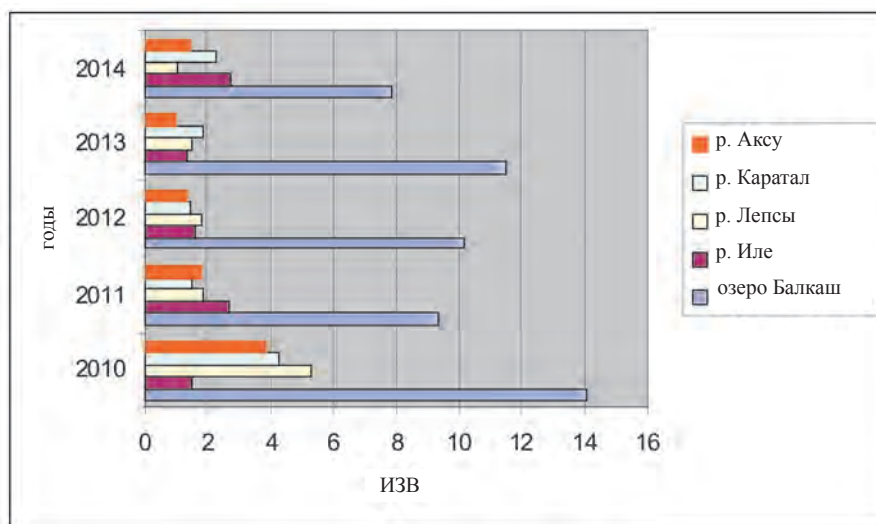


Рисунок 5 – Динамика индекса загрязнения поверхностных вод Иле-Балкашского бассейна

Динамика ИЗВ поверхностных вод оз. Балкаша и его основных притоков показывает, что качество воды озера относится к 7 классу чрезвычайно грязная, ИЗВ воды колеблется от 7,87 до 14,08, среднее 10,6. Качество воды р. Иле относится к 3 классу умеренно загрязненная, ИЗВ воды варьирует от 1,31 до 2,74, среднее 1,97. Качество воды р. Лепсы относится к 4 классу загрязненная, ИЗВ воды изменяется от 1,02 до 5,31, среднее 2,3. Качество воды р. Каратал относится к 4 классу загрязненная, ИЗВ воды колеблется от 1,44 до 4,25, среднее 2,27. Качество воды р. Аксу относится к 3 классу умеренно загрязненная, ИЗВ воды варьирует от 0,96 до 3,86, среднее 1,88.

Химический состав рек Иле-Балкашского бассейна формируется под воздействием природных и антропогенных факторов. Значительный вклад в загрязнение поверхностных вод вносят легко- и трудноокисляемые органические вещества, азот нитритный, азот аммонийный, медь, цинк, свинец, кадмий. Оценка состояния основных водных объектов региона показывает, что поверхностные воды относятся к 3 классу (категория “загрязненная”), 4 классу (категория “грязная”) и 5 классу (категория “очень грязная”). Максимальную нагрузку от загрязнения испытывают оз. Балкаш и реки Иле и Лепси.

При таких результатах можно сделать следующие выводы: что если степень загрязнения ДО не превышает нормативы, можно их сопоставить с фоновым значением этого региона или использовать ингеоклассы по Мюллеру [9]?

Как мы уже ранее рассматривали, современная природоохранная политика в нашей стране базируется на нормативном подходе. Оценочным показателем являются санитарно-гигиенические нормативы, такие, как предельно допустимые concentra-

ции (ПДК). Однако методология нормирования загрязняющих веществ в донных отложениях поверхностных водотоков разработана недостаточно, так как существующие в настоящее время ГОСТы и методические пособия для исследования почв и донных отложений не учитывают специфику их состава, особенности поведения загрязнителей в различных природных средах и зачастую не соответствуют современному уровню знаний в области гидрологии, почвоведения и грунтоведения, коллоидной и физической химии.

Сегодня в Казахстане отсутствуют ПДК для определения химического загрязнения взвешенных веществ и донных отложений поверхностных водотоков и водоемов. Отсутствие нормативной базы не обеспечивает эффективного мониторинга экологического состояния донных отложений, поэтому вероятен риск вторичного загрязнения поверхностных вод из донных отложений.

Важной задачей дальнейших научных исследований является разработка и внедрение ПДК для загрязняющих веществ в наносах и донных отложениях, так как в настоящее время большинство водных экосистем находится в неудовлетворительном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Локтионова Е.Г., Болонина Г.В., Яковлева Л.В. Изучение загрязнения внутренних водоемов г. Астрахани тяжелыми металлами // Вестник Московского государственного областного университета. Естественные науки. – 2012. – № 2. – С. 79–88.
- 2 Пучков, М.Ю., Струков В.М., Хлебцова Е.Б. Изучение агроэкологических свойств некоторых почв Северного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 1. – С. 99.
- 3 Томилина И.И. Эколого-токсикологическая характеристика донных отложений водоемов северо-запада России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2000. – 21 с.
- 4 Михайлова Л.В. Разработка нормативов загрязняющих веществ в донных грунтах (на примере нефти) // VII Съезд гидробиологического общества РАН: тезисы докладов. – Калининград, 2001. – С. 152–153.
- 5 Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга: Региональный норматив, разработанный в рамках российско-голландского сотрудничества по программе PSO 95/RF/3/1. – СПб., 1996 – 20 с.
- 6 Беспалова Л.А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря. – Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2006. – 271 с.
- 7 Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 52 с.
- 8 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды бассейна озера Балкаш за 2010-2014 гг. www.kazhydromet.kz.
- 9 Редина М.М., Хаустов А.П. Нормирование и снижение загрязнений окружающей среды. – М.: Юрайт, 2014. – 430 с.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

Что представляют собой склянки

Склянки – это часы, которые применялись на морских кораблях. Мореплавателям всегда нужны точные часы для того, чтобы ориентироваться в открытом море по солнцу и по звездам. А хронометр – очень точные часы – изобрели относительно недавно. Как же определяли время в давние времена на море? Интересные факты об этом и многом другом представлены в музеях. Солнечные часы категорически не подходят – они точны, если покоятся в том месте, в котором сделаны. Водяные часы более пригодны, но при качке начинают «врать».

Самыми подходящими для морских походов оказались часы песочные. В них из одного сосуда в другой пересыпается песок. Качка на этот процесс практически не влияет. А сосуды были стеклянные, поэтому-то и получили эти часы название «склянки». На кораблях устанавливались часы на 30 минут, 1 час и 4 часа. Полу-часовые песочные часы и по сию пору называют склянками. Две склянки – это 1 час, восемь – 4 часа – одна вахта. Вот вахтенный матрос и следил за точностью корабельного времени, переворачивая песочные часы. И оповещал о прохождении каждого получаса ударом в судовой колокол. Это и означает «бить склянки». А сами склянки – судовые часы берегли как самую большую ценность, ведь без точного времени штурман не проложит правильный курс и быть беде!

Птичка, которая должна вылететь из фотоаппарата

Птичка, которая должна вылететь из фотоаппарата во время съемки, действи-

тельно существовала? Это сейчас малыши напрасно ждут появления неведомого пернатого из объектива, привлеченные неизменными словами: «А сейчас вылетит птичка!». Причем фотографы в большинстве своем и не ведают, была ли когда-то эта самая птичка в наличии. Оказывается, была!

В начале XX века, когда фотоаппараты, фотографы и фотоателье уже стали широко распространены, а в доме стало модным иметь фотографии, сам процесс получения карточки был далек от совершенства. Во время съемки надо было на некоторое время замереть, иначе фотография не получалась. Если взрослые послушно принимали нужную позу на несколько секунд, то детям неподвижность давалась во все времена гораздо труднее. Особенно, если фото групповое. Так вот, в 20-х годах прошлого века находчивые фотографы привлекали внимание детей латунной птичкой, поставленной около объектива. Интересный факт: мало того, что игрушка была блестящая, она еще и издавала свист, схожий с пением настоящих птиц.

«Наполеон» имеет прямое отношение к французскому императору?

По самой распространенной версии рецепт этого десерта родился в 1912 году – тогда он был еще не тортом, а пирожным. В то время Россия отмечала 100-летний юбилей освобождения Москвы от французов. Шилась соответствующая одежда, оформлялись витрины, писались патристические стихи. Кулинары тоже не отставали от «социального заказа». Напитки, блюда – все дышало славной историей.

Появилось пирожное, составленное из большого количества тонких слоев,

смазанных сладким кремом. Выполненное в форме квадрата, оно разрезалось по диагонали. В виде треугольника пирожное и продавалось. Назвали лакомство «Наполеон». Какое же отношение Бонапарт имел к пирожному? Ведь если название было бы неудачным, то оно бы не прижилось. Оказалось, что Лермонтов накрепко в сознании русского народа связал императора с треуголкой строками: «На нем треугольная шляпа и серый походный сюртук» (баллада «Воздушный корабль»). Сейчас треугольное пирожное стало, скорее, тортом, но слоеное лакомство с кремом для нас все равно «Наполеон». У каждой хозяйки свой секретный рецепт на радость гостям.

У китов есть свой праздник?

Всемирный день китов празднуется 19 февраля каждого года уже 25 лет. В этот день в 1986 году Международной китобойной комиссией (International Whaling Commission — IWC) был официально запрещен китобойный промысел и продажа китового мяса во всех странах мира. Надо заметить, что этот запрет не затрагивает аборигенный промысел китов, поэтому жители Чукотки, Гренландии, Аляски, Гренадин и Сент-Винсента имеют законное право на отлов и употребление в пищу этих животных. Также страной, которая неохотнее всего соблюдает мораторий на отлов китов, является Япония. Китовое мясо по-прежнему можно найти в ресторанах и на рынках Страны Восходящего Солнца.

В организме человека ученые насчитывают около 90 рудиментов?

Эти неработающие органы достались нам как балласт эволюции. Большинству

они не доставляют никаких хлопот, иногда же проявляют себя в крайней степени, причиняя страдания. Самым известным рудиментом является свидетельство о хвостатости наших далеких предков – копчик. На сто тысяч младенцев двое рождаются с хвостиком, который обычно удаляется. Придаток слепой кишки, аппендикс, в случае воспаления приводит на стол хирурга 89% его пациентов. Зубы мудрости у каждого третьего вырастают неправильно. Если не хватает места на челюсти, их приходится удалять. «Гусиная кожа» приподнимает волосяной покров. Так сохраняется тепло, а вздыбленная шерсть делает существо крупнее. Покров давно утерян, а рефлекс остался. Правда ученые постепенно реабилитируют некоторые части тела, переводя их в разряд полезных. Оказалось, что «бесполезная» селезенка помогает организму восстановить сердце после приступа. «Ненужный» аппендикс спасет от отравлений. Косточки копчика важны в опорной системе. Интересно, что во времена Дарвина в организме человека насчитывали до двухсот рудиментов! Теперь с развитием науки это количество изрядно сократилось. Так, может быть, мы просто не все о себе знаем?

Реки без воды

Существуют реки без воды, и таких рек не так уж и мало. Встречаются они в основном в пустынях и называются «вади». Вода в руслах таких рек появляется только во время дождей, в остальное время они представляют собой сухие впадины. Галька и гравий на их дне дают повод считать, что в более влажные периоды вади могли быть полноводными реками. Некоторые вади достигают огромной длины, равной сотне, а иногда

и больше километров. Так же, как и привычные нам реки, наполненные водой, вадии имеют «притоки», которые тоже не имеют воды в своем русле. Правда называются эти реки везде по-разному: если, находясь в Австралии, вы назовете сухое русло реки «вадией», то вас вряд ли поймут, там они называются «крики», в Средней Азии — «узбой», а в Северной Америке — «уэд».

Тележка для покупок

Тележку для покупок, так облегчающую шопинг, изобрел в 1936 году владелец продовольственного магазина Piggly-Wiggly Сильван Голдман. Этот достойный человек действительно заботился об удобстве покупателей. И нашел способ помочь клиенту приобрести больше товара.

В Piggly-Wiggly как только сотрудники замечали, что корзина у покупателя заполнена, сразу же заменяли ее пустой. Но надо было найти более эффективное решение. И оно было найдено. Согласно самой распространенной версии, однажды Голдман увидел, как покупательница поставила тяжелую сумку на машинку, которую катил на веревочке ее сын. Эврика! Через год Сильван Голдман представил новинку покупателям. В субботний день рядом с корзинами расположились новинки на колесиках. Изобретение поначалу привлекло только пожилых людей. Молодые люди опасались выглядеть смешно с тележками. Но пятеро тайно нанятых добровольцев рассеяли сомнения. Три женщины и двое мужчин целый день разъезжали по магазину с нагруженными товарами тележками.

Тариф

Слово «тариф» происходит от названия одноименного острова близ Гибрал-

тарского пролива. Остров, в свою очередь, получил свое название от расположенного на берегу Средиземного моря, города Тариф. В те времена, когда по обе стороны пролива хозяйничали предприимчивые арабы, они, разумеется, старались извлечь максимальную выгоду из своего положения: с каждого корабля, проходившего через пролив, по специальной таблице взималась пошлина в зависимости от качества и количества груза. Делали это арабы, как вы уже догадались, на острове Тариф. Кроме того, платой облагалась и стоянка в порту на острове Тариф.

Впоследствии таблицы для взимания разных видов сборов стали использоваться и в других странах — так слово «тариф» стало международным.

Семь цветов радуги

Семь цветов радуги, которые мы все знаем по фразе «каждый охотник желает знать, где сидит фазан», — еще одно изобретение Исаака Ньютона. Несмотря на то, что радугой интересовался еще Аристотель, а суть явления в конце концов открылась персидским ученым еще на рубеже XIII–XIV вв., именно Ньютон писал в своей «Оптике» (Opticks, 1704) о цветах радуги, которые он «вычленил» из белого цвета с использованием стеклянной призмы. Конечно, многоцветный спектр радуги непрерывен, и цвета меняются сложным образом через множество оттенков, которые во многих культурах и сами являются цветами. Но тут главное, что говорит великий ученый... Ньютон увидел сначала только 5 цветов: красный, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый. Но потом, стремясь привести количество цветов к символическому числу 7 (а страсть Ньютона к нумерологии — так же, как и к алхимии и, кстати, богословию —

хорошо известна), он добавил еще два, тем самым также сравнив число цветов спектра с числом основных тонов музыкальной гаммы. С тех пор радуга у нас семицветная.

Самый крупный «старинный» трамвай

По старому городу в Лиссабоне бегают старинные, начала XX века, трамвайчики Brill. Это самая крупная «старинная» трамвайная система в мире, причем это не экскурсионный маршрут, а самый настоящий городской транспорт со стоимостью всего 1 евро. По старым районам Лиссабона ходить по горизонтали невозможно: либо вверх, либо вниз, поэтому местные жители пешком не ходят, предпочитая трамвай. Любимый транспорт называют «камарелу», т.е. желтый, когда-то все трамваи были канареечного цвета. Со времени своего появления лиссабонские трамваи почти не изменились. В передней и задней части трамвая есть противовесы, придающие ему устойчивость на крутых поворотах, а все его четыре колеса смещены к центру для большей маневренности. Управляется трамвай с помощью рычага.

Горняки и канарейки

На протяжении многих веков британское горное законодательство в обязательном порядке предписывало держать в шахтах канареек для обнаружения газа. Этим крошечных птичек использовали в такой роли до 1986 года, а соответствующая статья оставалась в правилах безопасности для горных работ вплоть до 1995 года. Суть данного требования заключалась в том, что токсические газы вроде угарного и метана убивали птиц раньше, чем их концентрация могла пред-

ставлять опасность для жизни горняков. Предпочтение было отдано канарейкам потому, что они много поют, так что наступившую тишину, когда птица замолкает, можно заметить практически сразу.

Откуда есть пошла паровая машина

Паровую машину изобрел Херон из Египта (иногда его еще называют Херон (Герон) Александрийский) – причем лет за 1600 до машины Томаса Ньюкомена 1711 года. Херон жил в Александрии примерно в 62 году н.э. и более известен как математик и геометр. Он также был большим изобретателем и изобретателем, и именно его *aeolipile*, или «ветровой шар», стал первой рабочей паровой машиной.

Используя тот же принцип, что и у современного реактивного двигателя, движимый паром металлический шар раскручивался до 1500 об/мин. К сожалению (для Херона), никто не разглядел практической пользы изобретения, и потому его посчитали не более чем занятной причудой.

Несколько занимательных фактов о числе Пи

1. Первым, кто использовал для числа 3,14 символ «пи», был Вильям Джонс из Уэльса, и произошло это в 1706 году.

2. 3 октября 2006 года Акира Харагучи побил свой собственный рекорд, запомнив наизусть до 100 000 десятичных разрядов числа Пи.

3. В 1996 году Майк Кейт написал короткий рассказ, который называется «Ритмическая каденция» («Cadeic Cadenze»), в его тексте длина слов соответствовала первым 3834 цифрам числа Пи.

По материалам СМИ

ФИЗИКА

ӘОЖ 533.9.01

А. У. УМБЕТОВ

БІ. Алтынсарин атындағы Арқалық мемлекеттік педагогикалық институты

БИФОКАЛЬДЫ ЛИНЗАНЫҢ ФОКУСТАУ ҚАСИЕТТЕРІ

Жұмыста екі құрамды линзалар түріндегі кристалды оптикалық жүйелердің өзінен өткен сәулелердің фокустаушы қасиеттері қарастырылады. Екі құрамды кристаллооптикалық жүйелердің бір түрі- бифокальды линза. Ол қосарланып сындырғыш кристалдардан жасалынады және сфералық беттері бойынша бір-біріне желімделеді. Бифокальды линза бөліктеріндегі оптикалық осьтерінің бағыттары бойынша ерекшеленеді. Бифокальды линзалардың фокустаушы қасиеттері оларды лазерлік поляризациялық интерферометрлерде қолдануға мүмкіндік береді.

Кілттік сөздер: бір осьті кристалдар, екі құрамды линза, кристалды оптикалық жүйе, бифокальды линза, лазер, поляризация, интерферометр.

Кристаллооптическая система в виде двухкомпонентной линзы представляет собой комбинацию двух линз, изготовленных из двупреломляющего кристалла и склеенных своими сферическими поверхностями. Двухкомпонентные кристаллооптические линзы отличаются друг от друга ориентациями оптических осей в составляющих линзах. Одна из разновидностей двухкомпонентных кристаллооптических систем называется бифокальной линзой. Бифокальные линзы широко используются в оптическом приборостроении и в ряде лазерных устройств.

Ключевые слова: одноосные кристаллы, двухкомпонентные линзы, кристаллооптические системы, бифокальная линза, лазер, поляризация, интерферометр.

Kristal the optical system in the form of a two-component lens, represents a combination of two lenses which made of a two-refracting crystal and have been stuck together by the spherical surfaces. Two-component a crystal optical lenses differ from each other orientations of optical axes in making lenses. One of versions two-component Kristal optical systems is called as a bifocal lens. Bifocal lenses are widely used in optical instrument making and in a number of laser devices.

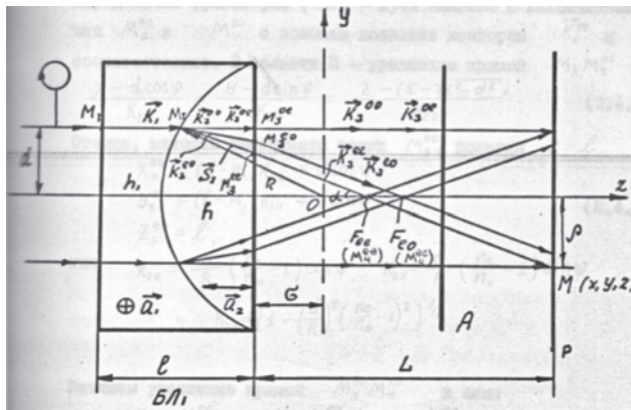
Keywords: uniaxial crystals, two-component lens system kristallopticheskie, bifocal lens, the laser polarization interferometer

Электромагнитті толқындардың қандай да бір орта арқылы өткен кезде осы ортамен әсерлесуінің нәтижесінде ерекше құбылыстар пайда болады. Осы құбылыстардың пайда болу себептерін анықтау арнайы әдістемелерді қолдануды талап етеді. Берілген жұмыста электромагнитті толқындардың бір ості кристалдардан жасалынған қос (бифокальды) линзалардан құрастырылған жүйе арқылы өткен кезде пайда болатын толқындардың жолдарын есептеу, олардан алынған поляризациялық сәулелердің

анализаторсыз интерференциялық суреттер беру ерекшеліктері құрастырылады. Бұрынғы белгілі геометриялық әдісте есептеулерге ыңғайсыз, күрделі өрнектер алынады, ал ұсынылып отырған парциалды әдісте есептеулер қарапайым түрге келтіріледі. Осы әдістің ерекшелігіне тоқталайық.

БЛ-1 циркулярлы поляризацияланған коллимирленген жарық ағындары үшін екі фокус құрау қасиеті қума бағытында оптикалық өлшеулер жүрізуде (Z координатасы бойымен) маңызды. Осы фокустардың құрылу механизмін қарастырамыз.

Бірінші (eo) – сәулесін қарастырайық. Бұл сәуленің 11 бөліктегі бағыттаушы векторы \vec{K}_2^{eo} БЛ шығысында ($z > e$) – K_3^{eo} , вектор болып табылады. (eo) – сәуленің траекториясы бойынша геометриялық есепті шешу нәтижесі бұл сәуле Z осін қандайда бір M_4^{eo} нүктесінде қыйатындығын көрсетеді (1сурет). Бұл нүктенің аппликатысы $Z_4^{eo} = e + F_{eo}$, мұндағы F_{eo} - фокустық арақашықтық.



1-сурет – Электромагнитті толқындардың БЛ-1 түріндегі бифокальды линзадан таралынуы

(eo) – сәулесінің траекториясын анықтау \vec{K}_2^{eo} және \vec{K}_3^{eo} толқындық векторлардың көмегімен M_3^{eo} және M_4^{eo} нүктелерін табумен байланысты. II бөлікте $M_2M_3^{eo}$ түзуінің теңдеуі келесі түрде жазылады.

$$\frac{x - d \cos \varphi}{K_{2x}} = \frac{y - d \sin \varphi}{K_{2y}} = \frac{z - (\delta - \sqrt{R^2 - d^2})}{K_{2z}}. \quad (1)$$

Бұдан, $z = e$ ден есептей отырып, M_3^{eo} нүктесінің координатасын табамыз,

$$\begin{aligned} X_3^{eo} &= (l - h)k_{2x} + d \cos \varphi, \\ y_3^{eo} &= (l - h)k_{2y} + d \sin \varphi, \\ Z_3^{eo} &= (l), \end{aligned} \quad (2)$$

мұндағы

$$k_{2x} = \frac{d}{R} \left(\frac{n_e}{n_o} \right) \cos \varphi; \quad k_{2y} = \frac{d}{R} \left(\frac{n_e}{n_o} \right) \sin \varphi;$$

$$k_{2z} = \left[1 - \left(\frac{d}{R} \right)^2 \left(\frac{n_e}{n_0} \right)^2 \right]^{1/2};$$

$M_3^{eo} M_4^{eo}$ түзуінің теңдеуін келесі түрде жазамыз.

$$\frac{x - x_3^{eo}}{k_{3x}} = \frac{y - y_3^{eo}}{k_{3y}} = \frac{z - z_3^{eo}}{k_{3z}}, \quad (3)$$

мұндағы

$$k_{2x} = \frac{d}{R} (n_e - n_o) \cos \varphi; \quad k_{2y} = \frac{d}{R} (n_e - n_o) \sin \varphi;$$

$$k_{2z} = \left[1 - \left(\frac{d}{R} \right)^2 (n_e - n_o)^2 \right]^{1/2}.$$

Фокуста (M_4^{eo} нүктесінде) $x = y = 0$ және (2.4.3) өрнектен параксиалды жуықтауды ескере отырып, табамыз

$$Z_4^{eo} = Z_3^{eo} - \frac{k_{3x}}{k_{3z}} x_3^{eo} = l + \frac{R}{n_o - n_e} - \frac{l - h_1}{n_o}. \quad (4)$$

Бұдан, алатынымыз.

$$F_{eo} = \frac{R}{n_o - n_e} - \frac{h}{n_o}, \quad (5)$$

мұндағы $h = e - h$, II бөліктегі сфералық сегменттің биіктігі, h_1 – сол жақ қабырғадан ($z_0 = 0$) сфералық шекараға дейінгі қашықтық.

(ee) – сәуле үшін F_{ee} фокус арақашықтығын осыған ұқсас әдіспен анықтаймыз. Айырмашылығы II бөлікте \vec{K}_3^{ee} толқындық вектордың орнына \vec{s}_2^{ee} сәулелік векторды аламыз. Бұл вектор энергияның тасымалдану бағытын анықтайды. БЛ-1 линзаның шығысында \vec{K}_3^{ee} вектор \vec{K}_3^{eo} векторымен параллель болады [1].

(2) өрнектен a_2 және \vec{K}_2^{eo} векторлардың мәндерін ескере отырып, \vec{s}_2^{ee} векторын келесі түрде жазамыз.

$$S_{2x}^{ee} = \Delta_2^{-2/1} n_0 \sin \alpha_2^{ee} \cos \varphi,$$

$$S_{2y}^{ee} = \Delta_2^{-2/1} (n_e^2 - n_o^2) \cos \psi \sin \psi + \Delta_2^{-2/1} n_o^2 \sin \alpha_2^{eo} \sin \varphi \frac{n_o^2 n_e^2}{\Delta_1}, \quad (6)$$

$$S_{2z}^{ee} = \Delta_2^{-2/1} \left[\Delta_2 + \frac{n_o^2 n_e^2}{\Delta_1} (n_e^2 - n_o^2) \right] \sin \psi \cos \psi \sin \alpha_2^{eo} \sin \varphi,$$

мұндағы

$$\Delta_1 = n_e^4 \cos^2 \psi + n_o^4 \sin^2 \psi, \quad \Delta_2 = n_e^2 \cos^2 \psi + n_o^2 \sin^2 \psi$$

(6) өрнек шығатыны, S_2^{ee} векторы φ бұрышы мен Z осімен анықталынатын жазықтықта екі жағдайда анықталды $\psi = 0$ және $\psi = \frac{\pi}{2}$ болғанда.

$\psi \neq 0$; $\frac{\pi}{2}$ бұрыштарында (ee) – сәулесі Z осімен қыйылыспайды және БЛ -1 линзада фокустаушы қасиет болмайды.

$\psi = 0$ болғанда, алатынымыз

$$\begin{aligned} S_{2x}^{ee} &= \left(\frac{n_o}{n_e}\right)^2 \cos \varphi \sin \alpha_2^{ee}, \\ S_{2y}^{ee} &= \left(\frac{n_o}{n_e}\right)^2 \sin \varphi \sin \alpha_2^{ee}, \\ S_{2z}^{ee} &= 1, \end{aligned} \tag{7}$$

$\psi = \frac{\pi}{2}$ болғанда, алатынымыз $S_{2x}^{ee} = S_{2y}^{ee} = 0$; $S_{2z}^{ee} = 1$, $\alpha_2^{ee} = 0$ болғандықтан.

Сонымен $\psi = 0$ болғанда (ee) – сәуле фокусталады.

F_{ee} фокусты қашықтықты анықтау үшін $M_2 M_4^{ee}$ нүктелердің координаталарын табу керек. Түзуі келесі теңдеумен анықталатын болғандықтан

$$\frac{x_3^{ee} - d \cos \varphi}{S_{2x}} = \frac{y_3^{ee} - d \sin \varphi}{S_{2y}} = \frac{z - (\delta - \sqrt{R^2 - d^2})}{S_{2z}}. \tag{8}$$

M_3^{ee} нүктесінің координаталары

$$\begin{aligned} X_3^{ee} &= (l - h)S_{2x} + d \cos \varphi, \\ X_3^{ee} &= (l - h)S_{2x} + d \sin \varphi, \\ X_3^{ee} &= l, \end{aligned} \tag{9}$$

сәйкес $M_3^{ee} M_4^{ee}$ түзу теңдеуінен

$$\frac{x - x_3^{ee}}{k_{3x}} = \frac{y - y_3^{ee}}{k_{3y}} = \frac{z - z_3^{ee}}{k_{3z}}, \tag{10}$$

M_4^{ee} нүктесінің аппликаты үшін

$$Z_4^{ee} = Z_3^{ee} - \frac{K_{3z}}{K_{3x}} X_3^{ee},$$

немесе

$$Z_4^{ee} = l + \frac{R}{n_o - n_e} - \frac{(l - h_1)}{n_e^2} n_o, \tag{11}$$

(ee)-толқынның φ оқустық арақашықтығы келесі түрде жазылады

$$F_{ee} = Z_4^{ee} - l = \frac{R}{n_o - n_e} - h \frac{n_o}{n_e^2}, \tag{12}$$

(5) және (12) өрнектерден фокустар ара қашықтығы

$$\Delta F = F_{eo} - F_{ee} = h \frac{n_o^2 - n_e^2}{n_o n_e^2} \tag{13}$$

(13) өрнектен көретініміз фокустар арақашықтығы h шкаласына және БЛ -1 линзасы алынған кристалдың қосарланған сандардың қасиетіне тәуелді.

Теріс кристалл жағдайында $(CaCO_3)n_o > n_e F_{ee} < F_{eo}$. Оң кристалл жағдайында $(SiO_2)n_o > n_e$ болғанда (eo)–сәулесі жақын орналасады ($F_{ee} < F_{eo}$). БЛ-1 үшін $(CaCO_3) h = 5,35$ мм, $R = 24,7$ м $\lambda = 632,8$ мм, $n_o = 1,65504$, $n_e = 1,48490$ болғанда (5) және (13) өрнектерден алатынымыз

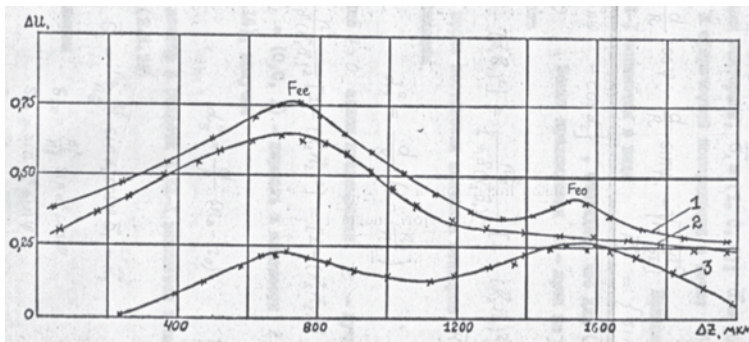
$$F_{ee} = 141,3 \text{ мм}, F_{eo} = 142,1 \text{ мм және } \Delta F = 0,8 \text{ м}$$

соңғы көрсеткіш тәжірибе көрсетуімен сәйкес келеді.

Алдында ескертіп өткеніміздей БЛ-1 түрдегі линза өзіне түскен параллель сәуленің қандайда бір бөлігін екі нүктеде фокустайды. Олар (5) және (13) өрнектер бойынша анықталады. Ал БЛ-2 түріндегі линза бір нүктеде ғана фокустайды (5)-ке сәйкес БЛ-1 шығысында екі параллель сәулелер құрылады және олардың поляризациясы түскен сәуленің поляризациясымен бірдей болады [2].

2-суретте БЛ-1 линзаның Z осінің бойындағы M_4^{ee} және M_4^{eo} фокустардағы жарық ағынының J интенсивтілігінің тәжірибелік қыйсығындағы жіктелінуі келтірілген. J мәні кіріс диафраамасы 3 мкм болатын фотоэлектронды көбейткіштің (ФЭК) көмегімен алынған. ФЭК Z осінің бойымен ИЗА-2 компараордың (жылжығыштың) көмегімен қозғала алады. Анализатор енгізілген жағдайда осі векторына параллель болғанда (2-қыйсық) және перпендикуляр болғанда (3-қыйсық) F_{ee} және F_{eo} фокустардағы жарық ағынының ортогоналды-эллипсті поляризациялық күйлері басым түрде көрінеді. БЛ-1 линзаның фокусындағы поляризациясын тәжірибе негізінде өлшеу Z осінің бойында зерттелетін ағынның ұзақтығы қыйындықтар туғызады. Ал БЛ-1 фокусындағы J_{ee} және J_{eo} интенсивтіліктер 10 суретте көрсетілгендей бірдей емес. Есептеулердің нәтижесі бойынша $\frac{J_{ee}}{J_{eo}} = 3$ болу керек. Бұл мәлімет тәжірибенің көрсетуімен сәйкес келеді (1-қыйсық). F_{ee} және F_{eo} фокустардағы I_{ee} және I_{eo} интенсивтіктердің жіктелуін есептеу III тарауда БЛ-1 линзаның интерференциялық қасиеттерін зерттеген жағдайда қарастырылады.

Екі және одан көп құрамды поляризациялағыш жүйелерде толқынның қайталанымдылығы сақталмайтындығы белгілі. Яғни толқынның поляризациялық күйі жүйеден тура және кері өткен жағдайда сақталынбайды. Сондықтан БЛ арқылы кері бағытта параллель жарық ағынының өтуін қарастырған маңызды. БЛ-1 линза үшін II бөлікке жарық нормаль түскен кезде e және o сәулелер бір бірінен ажыратылмайды, себебі олар оптикалық ось бойымен таралынады. Бұдан шығатыны, БЛ-1 линзаның сол жағында o -сәуле өзінің бағытын сақтайды, ол e -сәуле Z осін қияды. e -сәулесінің фокстелуін қарастырған кезде (6) формуладан шығатыны, БЛ-1 линзаға оң жағынан радиусы U_o жарық нормаль түскен кезде оның шығысында қиылысатын ағынның қимасы эллипсті болады.



2-сурет – БЛ-1 фокальды бөлігіндегі жарық интенсивтілігінің жіктелінуі (F_{ee} және F_{eo} фокустарда)
 1 – анализаторсыз (А); 2 – АП \vec{a} , болғанда; 3 – $A \perp \vec{a}$, болғанда

Бұл жағдайда БЛ-1 линзаның II бөлігінде толқынды вектор келесі түрдегі бірлік вектормен беріледі. $\vec{K}_2 = (0, 0, 1)$ ал БЛ-1 линзаның оптикалық осі бірлік вектормен $\vec{a}_1 = (1, 0, 0)$; $\vec{a}_2 = (0, 0, 1)$, M_2 нүктесіндегі сфералық бетке тұрғызылған бірлік нормаль келесі түрде анықталады:

$$\vec{n}_1 = \left\{ \frac{d}{R} \cos \varphi; \frac{d}{R} \sin \varphi; -\sqrt{1 - \frac{d^2}{R^2}} \right\}$$

БЛ-1 I бөлігіндегі толқындық вектор келесі түрде жазылады, яғни

$$\vec{K}_2 = \{ \sin \alpha_2 \cos \varphi, \sin \alpha_2 \sin \varphi, -\cos \alpha_2 \} .$$

(о)-сәуле үшін $\alpha_2^0 = 0, \alpha_3^0 = 0$. е – сәулеснің сфералық беттегі сыну заңы келесі түрде анықталады.

$$n_0^2 [1 - (\vec{k}_1 \vec{n}_1)^2] = \frac{n_e^2}{1 + \delta (\vec{k}_2 \vec{n}_1)^2} [1 - (\vec{k}_1 \vec{n}_1)^2]. \tag{14}$$

Бұдан, $\vec{K}_1, \vec{n}_1, \vec{K}_2$ және \vec{a}_1 векторларның мәнін қойып, келесі өрнекті аламыз.

$$d_2^e = \frac{d}{R} \left(1 - \frac{n_o}{n_e} \right) \tag{15}$$

$z = 0$ шекарада е – сәулесінің сыну заңы келесі түрде жазылады

$$\frac{n_e^2}{1 + \delta (\vec{k}_2 \vec{n}_1)^2} [1 - (\vec{k}_1 \vec{n}_1)^2] = [1 - (\vec{k}_1 \vec{n}_1)^2], \tag{16}$$

мұндағы $\vec{n}_2 = (0, 0, 1)$ $z = 0$ жазықтығына тұрғызылған нормаль.

(16) өрнектен алатынымыз

$$d_3^e = \frac{d}{R} (n_e - n_o). \tag{17}$$

БЛ-1 I бөлігінде сәулелі вектор келесі түрде жазылады (24) өрнекті ескерудің нәтижесінде

$$\vec{S}_2 = \frac{n_e^2 - n_o^2}{n_o^2} \sin d_2^e \cos \varphi \vec{a}_1 + \vec{K}_2. \tag{18}$$

Бұдан алатынымыз

$$\begin{aligned} S_{2x} &= \frac{n_e^2}{n_o^2} \sin d_2^e \cos \varphi, \\ S_{2y} &= \sin d_2^e \sin \varphi, \\ S_{2z} &= 1 \end{aligned} \tag{19}$$

e -сәулесінің $z = 0$ жазықтығын қиятын нүктесінің координатасын айтамыз.

M_2 нүктесінің координатасын ($d \cos \varphi, d \sin \varphi, \delta - \sqrt{R^2 - d^2}$)

$$\frac{x_3 - d \cos \varphi}{S_{2x}} = \frac{y_3 - d \sin \varphi}{S_{2y}} = \delta - R = h. \tag{20}$$

Бұдан, алатынымыз

$$\begin{aligned} x_3 &= h_1 \frac{n_e^2}{n_o^2} \left(1 - \frac{n_o}{n_e} \right) \frac{d}{R} \cos \varphi + d \cos \varphi, \\ y_3 &= h_1 \left(1 - \frac{n_o}{n_e} \right) \frac{d}{R} \sin \varphi + d \sin \varphi, \\ Z_3 &= 0 \end{aligned} \tag{21}$$

БЛ-1 линзаның шығысында e – сәулесінің таралу теңдеуі

$$\frac{x - x_3}{K_{3x}} = \frac{y - y_3}{K_{3y}} = \frac{z - z_3}{K_{3z}}. \tag{22}$$

Бұдан, алатынымыз

$$\begin{aligned} x &= x_3 + (z - z_3) K_{3x}, \\ y &= y_3 + (z - z_3) K_{3y} \end{aligned} \tag{23}$$

(21) және (17) өрнектерді ескере отырып, $d = z_0$ белгіленуді ескерсек (23) өрнектен алатынымыз.

$$\begin{aligned} x &= \left[h_1 \frac{n_e^2}{n_o^2} \left(1 - \frac{n_o}{n_e} \right) + R + z(n_e - n_o) \right] \frac{r_0}{R} \cos \varphi = A \cos \varphi, \\ y &= \left[h_1 \left(1 - \frac{n_o}{n_e} \right) + R + z(n_e - n_o) \right] \frac{r_0}{R} \sin \varphi = B \sin \varphi \end{aligned} \tag{24}$$

(24) өрнектен іздеп отырған эллипстің теңдеуін аламыз

$$\frac{X^2}{A^2} + \frac{Y^2}{B^2} = 1, \tag{25}$$

мұндағы

$$A = \left[h_1 \frac{n_e^2}{n_0^2} \left(1 - \frac{n_0}{n_e} \right) + R + f(n_e - n_0) \right] \frac{r_0}{R},$$

$$B = \left[h_1 \left(1 - \frac{n_0}{n_e} \right) + R + f(n_e - n_0) \right] \frac{r_0}{R}$$
(26)

(26) өрнектен көретініміз эллипстің A және B параметрі f кез келген мәнінде бір мезгілде нольге тең болмайды. Бұл дәлірек айтқанда фокус жоқ екендігін білдіреді. Алайда, $A = 0$ болғанда, немесе $B = 0$ эллипс сәйкес тік немесе көлденең бағыттағы түзу бөлікке (f шамасының келесі мәндерінде) түрленеді

$$f_1 = \frac{R}{n_0 - n_e} - h_1 \frac{n_e}{n_0^2},$$

$$f_2 = \frac{R}{n_0 - n_e} - \frac{h_1}{n_e}$$
(27)

(27) өрнектен шығатыны $f_1 > f_2$, және

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \left(\frac{1}{n_e} - \frac{n_e}{n_0^2} \right) h_1 = \frac{n_0^2 - n_e^2}{n_e n_0^2} h_1$$
(28)

тік және көлденең фокустық бөліктердің өлшемдері бірдей болады.

$$\Delta l = 2 \frac{r_0}{R} \frac{n_0^2 - n_e^2}{n_e n_0^2} h_1 = 2 \Delta f \frac{r_0}{R}.$$
(29)

Бұл құбылыс астигматизм құбылысымен байланысты. Сәуле ағындарына екі жақты кысықтылықтағы толқындық бет сәйкес келеді. Бұл жағдайда сәуленің қиыуы бір нүктеде емес нүктелер жиынында жүреді. Нүктелер жиыны өз ара перпендикуляр түзу бөліктерде жүреді. «Фокустар бөліктерінің» ара қашықтағы Δf астигматикалық айырым деп аталады. «Фокустар бөліктерінің» қыймасы доғалы және ол ең аз қашықтық шеңбері деп аталады. Δf астигматикалық айырым азайған сайын «фокустар бөліктерінің» ұзындығы және ең аз қашықтық шеңбері азайтады. Бұл кезде (28) және (29) өрнектермен анықталатын созыңқы фокалды бөлік жөнінде айтқан орынды [3].

Жоғарыда айтылып өткен жағдайлар БЛ-2 линза үшін (оe)- толқын жағдайында орындалады. Себебі II бөлікте о - сәулесі сфералық беттен сынған жағдайда e - сәулесіне түрленеді. Ал БЛ-1 линзадан айырмашылығы БЛ-2 линза (eo)- шашырайтын ағын тудырады. Бұл жағдай e - сәулесінің (II бөліктегі) о - сәулесіне (I бөліктегі) түрленудің нәтижесінде жүреді.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Дуаметұлы Б. Жалпы физика курсының негіздері. – Алматы: ҚазҰТУ, 2012. – 25 б.
- 2 Корозов Т.А. Тербелмелі және толқындық процестер. – Алматы: Дәуір, 2011. – 14–16 б.
- 3 Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1978.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

ТАТЫГУЛОВ АБДЫСАГИТ ШАЙМУХАНБЕТОВИЧ

(К 75-летию со дня рождения)



13 марта исполнилось 75 лет со дня рождения **Татыгулова Абдысагита Шаймуханбетовича** – кандидата технических наук, профессора, доцента, академика Международной инженерной академии и Национальной инженерной академии РК, академика Международной академии архитектуры стран Востока, Международной академии архитектуры, члена Союза архитекторов РК, Заслуженного строителя РК, члена Правления Союза промышленников и предпринимателей Казахстана, вице-президента Союза строителей Казахстана, академика Международной Евразийской академии экономики.

После окончания Казахского политехнического института им. В. И. Ленина А. Ш. Татыгулов в 1962–1975 гг. работал на стройках Алматы и Акмолы, затем главным специалистом, начальником Управления жилищно-гражданского строительства, членом коллегии в центральном аппарате Госстроя КазССР. В 1979–1997 гг. преподавал на кафедре «архитектурные конструкции» в головной Архитектурно-строительной академии (ААСИ, КазГАСА). В 1977 г. избирался депутатом, а с 1983 по 1989 г. – председатель постоянной комиссии по архитектуре и строительству Алма-Атинского горсовета. В 1975 г. – директор, затем генеральный директор головного проектного института «Казгорстройпроект», который в 2003 г. был преобразован в ЗАО, потом ТОО «Проектная академия KAZGOR», в котором он является президентом. С 2010 г. – президент Ассоциации проектировщиков Казахстана. С января 2011 г. по настоящее время является председателем Совета директоров и советником по экономическим и кадровым вопросам проектной академии KAZGOR. С 2012 г. – член Комиссии по присуждению Государственной премии РК в области литературы и искусства в секции «Изобразительное искусство и архитектура».

Во многом своим авторитетом казахстанская архитектурная и инженерная школы в республике, а также на международной арене обязаны деятельности А. Ш. Татыгулова.

В нем на редкость удачно и гармонично совмещаются широкая практическая деятельность с творческой научно-исследовательской и педагогической работой. Он сделал значительный вклад в развитие теории и практики проектно-строительной отрасли, его разработки вошли в учебные программы подготовки будущих кадров.

А. Ш. Татыгулов – высококлассный специалист, Инженер с большой буквы. Он лично участвует в сложнейших проектных разработках, предлагая оригинальные инженерные идеи для их решения. Достаточно вспомнить участие в проектировании высотной гостиницы «Казахстан», которая по своим архитектурным и инженерным решениям, особенно в условиях высокой сейсмичности, и сегодня остается уникальной. Новое время требует новых неординарных решений и инициатив. Ярким примером может служить проект полифункционального центра «Нурлы Тау» в г. Алматы.

В 1998 г. утвержден председателем жюри Международного конкурса на эскиз-идею Генерального плана развития нового центра новой столицы – Астаны.

Подготовил и опубликовал более 300 статей, научных трудов и разработок, в том числе 10 монографий научно-технического характера. Положительный резонанс в обществе вызвал «Русско-казахский словарь архитектурно-строительных терминов» (1994 г.). В продолжение данной тематики в 2000 г. был составлен и издан «Казахско-русский, русско-казахский терминологический словарь. Архитектура и строительство».

Издан 4-томный учебник «Архитектура мен жобалау негіздері» («Архитектура и основы проектирования»:

том I «Әлем сәулет өнері». Алматы, 2001 г. (соавт. – Аб. А. Татыгулов, А. А. Татыгулов);

том II «Қазақстанның сәулет өнері». Алматы, 2001 г. (соавт. – Аб. А. Татыгулов, А. А. Татыгулов);

том III «Сәулеттік жобалау». Алматы, 2005 г. (соавт. – Т. Ж. Акбердин, Аб. А. Татыгулов, А. А. Татыгулов);

том IV «Ғимараттардың құрылымдары». Алматы, 2005 г. (соавт. – Т. Ж. Акбердин, Аб. А. Татыгулов, А. А. Татыгулов).

I и II тома «Архитектура мен жобалау негіздері» удостоены диплома I степени Международной ассоциации Союзов архитекторов на международном архитектурном фестивале «Зодчество-2001» в номинации «Лучшая книга об архитектуре» (Москва, 2001).

Издан 2-томник: «ПАРЫЗ. Считаю своим долгом». Алматы, 2010. – Т.1. – 298 с., «Ізгілер ізі. Раздумья о современниках». Алматы, 2010. – Т. 2. – 344 с.

За заслуги перед государством А. Ш. Татыгулов награжден орденами «Құрмет», «Парасат», «Знак Почета», Трудового Красного Знамени, Дружбы народов и почетными званиями «Заслуженный строитель Казахстана», «Почетный строитель Казахстана», «Почетный инженер Казахстана», «Почетный академик проектной академии KAZGOR», «Аманкелді ауданының Құрметті азаматы», медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» и «К десятилетию независимости Казахстана», им. Т. К. Басенова за вклад в развитие архитектурного образования в РК, нагрудным знаком «За заслуги в развитии науки РК», грамотой Союза архитекторов СССР. Имеет Благодарственное письмо Президента РК Н. А. Назарбаева.

А. Ш. Татыгулов активно участвует в деятельности Отделения архитектуры, строительства и строительных материалов и вносит огромный вклад в развитие Национальной инженерной академии Республики Казахстан.

Президиум Национальной инженерной академии Республики Казахстан поздравляет **Татыгулова Абдысагита Шаймуханбетовича** с юбилеем и желает крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!

ЧЕРДАБАЕВ РАВИЛЬ ТАЖИГАРИЕВИЧ

(К 75-летию со дня рождения)



26 мая исполнится 75 лет со дня рождения **Чердабаева Равиля Тажигариевича** – доктора экономических наук, профессора, члена-корреспондента Международной инженерной академии и академика Национальной инженерной академии Республики Казахстан.

Р. Т. Чердабаев после окончания Московского института нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина в 1966–1968 гг. работал конструктором, начальником цеха, главным инженером завода комбината «Эмба-нефть». В 1968–1873 гг. – первый секретарь Новоузенского райкома, Гурьевского обкома комсомола. В 1973–1975 гг. – слушатель ВПШ. В 1987–1989 гг. – главный инженер ПО «Тенгизнефтегаз». С 1975 по 1992 г. находился на партийной работе – первый секретарь Махамбетского райкома партии, Гурьевского горкома партии, Новоузенского горкома партии. В 1992–1993 гг. – первый заместитель главы Атырауской областной администрации. В 1993–1994 гг. – директор СП «Тенгизшевройл», министр нефтяной и газовой промышленности РК. С 1994 по 1999 г. – глава администрации, аким Атырауской области. С 1999 по 2003 г. – посол по особым поручениям МИД РК, Чрезвычайный и Полномочный Посол РК в Украине и в Молдове по совместительству. В 2003–2004 гг. – посол по особым поручениям МИД РК, представитель РК на переговорах по вопросам правового статуса Каспийского моря. В 2004–2007 гг. – депутат Мажилиса Парламента РК, член Комитета по международным делам, обороне и безопасности. С июля 2006 по 2013 г. – член политсовета партии «Отан», НДП «Нұр Отан». С 2007 по 2010 г. – председатель Совета директоров компании АЛД «Консалтинг», с 2008 по 2013 г. – заместитель председателя Республиканского общественного совета по борьбе с коррупцией при НДП «Нұр Отан», с 2010 г. по настоящее время – председатель Попечительского совета ОФ развития культуры «Алдонгар».

Р. Т. Чердабаев – известный государственный, политический и общественный деятель, организатор производства, внесший большой вклад в развитие нефтегазового комплекса Казахстана, освоение и разработку месторождений Мангышлака, междуречья Урал – Волга, в формирование топливно-энергетического комплекса Атырауской и Мангистауской областей, создание крупнейших СП «Тенгизшевройл» и консорциума «Казахстанкаспийшельф». Находясь на дипломатической службе, Р. Т. Чердабаев активно участвовал в укреплении интеграционных связей, социально-экономических, культурных отношений, сотрудничества в области науки и образования между государствами.

Р. Т. Чердабаевым опубликовано более 100 научных трудов. Он автор книг: «Пути формирования рыночных отношений и создания условий саморазвития нефтегазового комплекса Республики Казахстан» (1995 г.), «Экономические проблемы экологии в нефтегазовом комплексе Казахстана» (1996 г.), «Формирование и внешнеэкономичес-

кая деятельность нефтегазового комплекса Казахстана» (1997 г.), «Нефть: вчера, сегодня, завтра» (2009 г.), «Нефть: вчера, сегодня, завтра» (2010 г., 2-е издание), «Нефть Казахстана. Вековая история» (2012 г.)

Он являлся депутатом Верховного Совета КазССР 10–11-го созывов. Кандидат в депутаты Верховного Совета Казахской ССР 12-го созыва (1990 г.). Депутат Атырауского областного маслихата (1994–1999 гг.). Депутат Мажилиса Парламента РК 3-го созыва (2004–2007 гг.). Награжден орденами: «Парасат», «Құрмет», Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», орденом Святого князя Василия Острожского 1-й степени, «За заслуги» (Украина), «Святого Апостола Андрея Первозванного» 2-й степени; медалями: «Астана», «10 лет Независимости Республики Казахстан», «За достижение в науке» (Украина), «50 лет Целины», «10 лет Конституции Казахстана», «10 лет Парламенту Казахстана», «10 лет Астане», «20 лет Независимости Республики Казахстан». Имеет звания: «Отличник народного просвещения», «Заслуженный работник дипломатической службы РК», «Заслуженный работник нефтегазовой отрасли РК», «Почетный инженер РК», «Почетный энергетик Украины», почетный гражданин Макатского, Махамбетского районов и Атырауской области, почетный гражданин городов США Балтимор и Даллас.

Президиум Национальной инженерной академии Республики Казахстан поздравляет **Равиля Тажигариевича Чердабаева** с юбилеем и желает крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!

БЕЙСЕЕВ ХАЛИЛ САГИНБЕКОВИЧ

(К 75-летию со дня рождения)



23 марта 2015 г. исполнилось 75 лет со дня рождения **Бейсеева Халила Сагинбековича** – кандидата технических наук, почетного гражданина Жамбылской области, заслуженного работника сельского хозяйства, члена-корреспондента Национальной инженерной академии Республики Казахстан, доцента Таразского государственного университета им. М. Х. Дулати.

Х. С. Бейсеев окончил в 1962 году Казахский государственный сельскохозяйственный институт. После его окончания работал в качестве контрольного механика в колхозе «Трудовой пахарь» Свердловского района, затем здесь же заведующим мастерскими и главным инженером колхоза.

В 1970 году он был направлен главным инженером в колхоз им. Сухамбаева этого же района. В 1971 году перешел в Облсельхозуправление, где работал старшим инженером гостехнадзора, главным инженером по механизации трудоемких процессов, заместителем, председателем управления облсельхозтехники. В ноябре 1984 года был избран председателем Луговского райисполкома, а в 1985 году – первым секретарем Чуйского райкома Компартии Казахстана. В 1993 году был назначен начальником управления экономики Жамбылской области, в 1994 году – начальником облуправления сельского хозяйства, в 1995 году – советником акима области по аграрным вопросам. В 1996 году – заместитель начальника областного управления сельского хозяйства, с 1997 года – советник генерального директора АО «Жамбылгазавтосервис» по аграрным вопросам. В 2008 году принят доцентом кафедры «компьютерные системы» Таразского государственного университета им. М. Х. Дулати. С апреля 2011 года по настоящее время работает доцентом кафедры технических дисциплин в Таразском техническом институте.

Х. С. Бейсеев – заслуженный работник сельского хозяйства, он внес весомый вклад в развитие экономики и сельскохозяйственного производства Жамбылской области. При его участии развивается сотрудничество промышленности с сельскохозяйственным производством. Так, АО «Жамбылгазавтосервис» наладил тесные отношения с Шуйским элеватором, рядом хозяйств Шуйского и Меркенского районов.

Им опубликовано более 20 научных трудов и 1 монография. Богатый научный опыт Х. С. Бейсеева в области сельского хозяйства используется для повышения качества подготовки специалистов в области механизации работ и характеризует его как высококвалифицированного специалиста.

Х. С. Бейсеев награжден орденом Дружбы народов, медалями «За доблестный труд», «За трудовую доблесть», «Ветеран труда».

Президиум Национальной инженерной академии поздравляет **Бейсеева Халила Сагинбековича** с юбилеем, желает крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!

ЛАМОНОВ ИВАН МИХАЙЛОВИЧ

(К 70-летию со дня рождения)

1 мая исполнится 70 лет со дня рождения **Ламонова Ивана Михайловича** – доктора технических наук, профессора, академика Международной инженерной академии и Национальной инженерной академии Республики Казахстан.

После окончания в 1963 г. Акмолинского железнодорожного техникума работал мастером в железнодорожном депо г. Казалинска Кызыл-Ординской области. В 1973 г. окончил Павлодарский индустриальный институт по специальности «инженер-электрик». В 1967–1983 гг. работал инженером, старшим инженером-релейщиком, начальником Целиноградской главной подстанции. В 1983–1986 гг. – заместитель генерального директора, главный инженер производственного энергетического объединения «Целинэнерго». С 1986 г. и по настоящее время – директор производственно-ремонтного предприятия (ПРП) «Целинэнергоремонт», преобразованного в 1997 г. в ЗАО ПРП «Целинэнергоремонт».



И. М. Ламонов – ученый, организатор производства, известный специалист в области электротехнологий. Под его руководством был создан научно-технический центр и разработан комплекс промышленного оборудования для нового эффективно-технологического процесса ионно-плазменной обработки при восстановлении и упрочнении деталей и узлов энергетического оборудования, внедренный на ЗАО ПРП «Целинэнергоремонт». При его участии разрабатываются новейшие технологии, создается наукоемкое производство, выпускается оборудование нетрадиционных экологически чистых источников энергии – виндторных ветровых электростанций.

И. М. Ламонов – яркая незаурядная личность, человек творческий, с неординарным мышлением, неиссякаемая энергия и практическая деятельность которого направлены на преобразование и стабилизацию экономики Казахстана. Им внесен большой вклад в развитие экономических преобразований в стране, внедрение законов рыночных отношений, в развитие бизнеса на примере ЗАО ПРП «Целинэнергоремонт».

Результаты его научной деятельности опубликованы в более 60 научных трудах, в их числе 4 монографии и 3 патента на изобретения. Он удостоен международной награды «Факел Бирмингама», является действительным членом Международной академии лидеров бизнеса и администрации, членом «Золотого мирового клуба» бизнесменов.

И. М. Ламонов награжден медалью «Академику О. А. Жолдасбекову 75 лет», орденом Петра Великого II степени, нагрудными знаками «15 лет Национальной инженерной академии РК» и «За заслуги в развитии науки РК».

Он принимает активное участие в деятельности Национальной инженерной академии РК, является председателем Акмолинского филиала НИА РК.

Президиум Национальной инженерной академии Республики Казахстан поздравляет **Ивана Михайловича Ламонова** с юбилеем и желает крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!

БАЙМИРОВ МЕРГЕНГАЛИ ЕРГАЛИЕВИЧ

(К 70-летию со дня рождения)



15 мая исполнится 70 лет со дня рождения **Баймирова Мергенгали Ергалиевича** – доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента Национальной инженерной академии РК, академика Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), известного ученого-педагога.

М. Е. Баймиров окончил Казахский сельскохозяйственный институт с присвоением квалификации «инженер-механик».

Научно-педагогическую деятельность он начал в Гурьевском сельхозтехникуме. С 1970 г. по настоящее время прошел все ключевые должности научно-педагогической деятельности: в 1970–1977 гг. – ассистент кафедры «сельскохозяйственные машины» КазСХИ, в 1977–1978 гг. – ученый секретарь секции механизации и электрификации Восточного отделения Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, в 1981–1983 гг. – декан ОТФ КазПТИ в г. Гурьеве, в 1983–1988 гг. – ст. преподаватель, доцент, зав. кафедрой общетехнического факультета КазПТИ в г. Шевченко, в 1988–1990 гг. – зав. кафедрой общетехнического факультета КазПТИ в г. Гурьеве, в 1990–1993 гг. – заместитель директора по учебной и научной работе Мангистауского филиала КазПТИ, в 1993–1994 гг. – первый проректор Актауского политехнического института, в 1994–1998 гг. – проректор по УМО Актауского университета им. академика Ш. Есенова, в 1998–2001 гг. – старший научный сотрудник, с 1992 г. – профессор. С 2001 г. – заведующей кафедрой «прикладная механика», а с 2007 г. – заведующий кафедрой «материаловедение и технология новых материалов» Атырауского института нефти и газа.

Он первый декан общетехнического факультета КазПТИ в г. Гурьеве, заложивший основу нынешнего Атырауского института нефти и газа. М. Е. Баймиров – ведущий ученый в области использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии солнца, ветра и биогаза в условиях Западного Казахстана и результативный изобретатель в этой области.

Им опубликовано 258 научно-методических работ, 3 монографии, 10 учебных пособий, получено 30 авторских свидетельств, патентов и предпатентов РК на изобретения. М. Е. Баймиров вносит значительный вклад в подготовку инженерных и научных кадров для нефтегазовой промышленности.

За заслуги в развитии науки и образования он награжден знаками «Отличник народного просвещения Казахской ССР», «За развитие инженерного дела в Республике Казахстан» НИА РК, «Атыраускому институту нефти и газа 25 лет», медалью «Надировские чтения», «Почетный работник образования» РК, «Атыраускому институту нефти и газа 30 лет», решением Президиума МАНЭБ орденом «За заслуги в образовании», медалью им. М. В. Ломоносова и др.

Президиум Национальной инженерной академии поздравляет **Баймирова Мергенгали Ергалиевича** с юбилеем, желает крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!

БЕГМАНОВ АБДУГАЛИ САЛБЕКОВИЧ

(К 60-летию со дня рождения)

23 марта исполнилось 60 лет со дня рождения **Бегманова Абдугали Салбековича** – члена-корреспондента Национальной инженерной академии Республики Казахстан, кандидата экономических наук, Почетного землеустроителя, Ауыл шаруашылығы саласының үздігі.

Он окончил КазГУ им. С. М. Кирова (1979 г.), Алма-Атинский институт народного хозяйства (1985 г.), Казахский национальный аграрный университет (2012 г.), географ-преподаватель, экономист, землеустроитель.

Трудовую деятельность начал в 1972 году рабочим опытного хозяйства им. Мынбаева, с. КазНИИЖ Алматинской области. Работал помощником председателя Госплана, помощником заместителя премьер-министра РК, заведующим сектором отдела организационно-инспекторского и территориального развития Аппарата Президента и Кабинета Министров РК, главным инспектором отдела организационной работы и территориального развития Аппарата Президента и Кабинета Министров РК, директором плодovinсовхоза им. Мичурина, начальником отдела местных налогов Налоговой инспекции по Алмалинскому району г. Алматы, главным инспектором отдела территориального развития Аппарата Правительства РК, начальником Таможни «Достык» Таможенного комитета Министерства финансов РК, Алматинской области, заместителем, 1-м заместителем начальника Таможенного управления по Алматинской области Комитета Министерства государственных доходов РК, начальником таможенного поста «Алатау» Таможенного управления по Алматинской области, коммерческим директором «Евроком Казахстан», заместителем заведующего Отделом обслуживания мероприятий и внешних связей Управления делами Президента РК, заместителем директора спортивно-оздоровительного комплекса «КазМунайГаз-Алатау», начальником Управления, руководителем аппарата Агентства РК по регулированию естественных монополий, начальником Межрегиональной земельной инспекции по Алматинской области и г. Алматы, генеральным директором РГП на правах хозяйственного ведения «Государственный научно-производственный центр земельных ресурсов и землеустройства» Агентства РК по управлению земельных ресурсов.

С октября 2012 г. – директор РГП на правах хозяйственного ведения «Государственный институт сельскохозяйственных аэрофотогеодезических изысканий (ГИС-ХАГИ)» Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики РК.

Награжден орденом «Слава Казахстана», медалью «Ерен еңбегі үшін» и наградами знаками.

Президиум Национальной инженерной академии Республики Казахстан поздравляет **Бегманова Абдугали Салбековича** с юбилеем и желает крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!



НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ХРОНИКА, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ

Январь – март 2015 г.

23 января 2015 года в Алматы Казахской национальной академией естественных наук (КазНАЕН) и Национальной инженерной академией Республики Казахстан (НИА РК) проведено **совещание** по обсуждению проекта Концепции **Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» («ЭБИСМР-2017»)**. Конгресс поддержан организаторами Международной выставки **«ЭКСПО-2017»** и включен в перечень ее основных мероприятий. Указанные академии определены главными организаторами конгресса.

Цель конгресса – обсуждение ведущими учеными и инженерами мира важнейших достижений и тенденций в энергетике, энергосбережении и эффективном использовании энергии, сценария реализации инновационных технологий и техники в энергетической отрасли, роста экономики и устойчивого развития стран во всем мире.

В совещании приняли участие руководители и представители Министерства энергетики РК, Министерства образования и науки РК, НК «Астана ЭКСПО–2017», депутаты Парламента РК, руководители крупных промышленных, энергетических, исследовательских и проектных организаций и объединений страны, известные ученые и инженеры.

На совещании подчеркнуто, что Лидер нации, Президент Республики Казахстан Н. А. Назарбаев назвал выставку ЭКСПО-2017 «Энергия будущего» величайшей возможностью для республики получить новые энергетические и «зеленые» технологии. Проведение в ее рамках Всемирного конгресса – большая честь и большая ответственность. Прецедентов объединения таких крупнейших мероприятий еще не было. Участники совещания отметили, что конгресс станет достойным мероприятием выставки «ЭКСПО-2017», покажет лицо казахстанской науки и инженерной мысли, даст толчок повышению уровня исследований и разработок в сфере новой энергетики, освоению самых прогрессивных в мировой практике технологий, укреплению международных связей и авторитета казахстанских ученых и инженеров.

На совещании определены концептуальные подходы к подготовке столь ответственного форума мирового уровня, его ключевые тематические направления, меры по организационному, научному, информационному обеспечению.

По итогам совещания выработаны предложения и рекомендации для формиро-

вания итоговой редакции Концепции Всемирного конгресса инженеров и ученых «ЭБИСМР-2017».

* * *

11 февраля 2015 года в Уральске состоялось расширенное заседание научно-технического совета Западно-Казахстанского филиала Национальной инженерной академии Республики Казахстан на тему «Актуальные проблемы развития инженерной науки в Приуралье в свете реализации национальной программы “ЕХРО-2017”», организованное Западно-Казахстанским филиалом Национальной инженерной академии и Научно-образовательным комплексом «КазИИТУ».

В рамках программы этого мероприятия была организована выставка инновационных и научных разработок вузов и научно-технических организаций и технических школ.

В работе расширенного заседания НТС приняли участие заместитель акима Западно-Казахстанской области И. В. Стексов, а также член Президиума НИА РК, председатель Отделения «экология» НИА РК, член научного и научно-методического совета СНГ по специальности «водоснабжение, водоотведение и очистка природных и сточных вод» (г. Москва), член научно-технического совета акимата г. Алматы М. М. Мырзахметов.

В форуме участвовали видные ученые, руководители научных и высших учебных заведений республики и России, а также руководители ведущих региональных промышленных предприятий, высших и средних специальных учебных заведений, представители научно-инженерной и педагогической общественности города, области, а также средств массовой информации.

В ходе работы НТС Западно-Казахстанского филиала НИА РК были обсуждены актуальные вопросы устойчивого развития науки, образования, инженерии и практики в условиях мирового экономического кризиса, планы выполнения внешней академической мобильности между учебными и научными организациями приграничных областей Республики Казахстан и России, а также вопросы подготовки к всемирной выставке «ЭКСПО-2017». После приветственных выступлений заместителя акима области И. В. Стексова и члена Президиума НИА РК М. М. Мырзахметова от имени российских академических партнеров выступили советник мэра г. Тольятти, к.и.н., доцент Тольяттинского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ А. В. Востриков, а также член экспертного совета Высшего аттестационного комитета МОН РФ, заведующий кафедрой информационных систем и технологий Самарского государственного аэрокосмического университета им. С. П. Королева, д.т.н., профессор С. А. Прохоров. С основным отчетным докладом выступил председатель филиала НИА РК академик А. С. Айтимов «О деятельности Западно-Казахстанского филиала НИА РК за 2014 год и новые задачи филиала в рамках подготовки и выполнения национальной программы и “ЭКСПО-2017”».

Участники расширенного заседания НТС отмечали высокий уровень проведения форума и выразили благодарность акимату Западно-Казахстанской области, Западно-

Казахстанскому филиалу НДП «Нур Отан» и Западно-Казахстанскому филиалу НИА РК.

На основании представленных на форуме докладов единогласно было принято решение:

1. Принять к сведению отчетный доклад председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК академика А. С. Айтимова.

2. Ведущим специалистам образования, науки и производства для реализации инновационных программ активно использовать в своей работе результаты обсуждения докладов данной конференции, направленных на решение актуальных проблем инженерной науки и образования.

3. Обеспечить взаимодействие с учебными и научными организациями, инновационными предприятиями РК и РФ, учитывая перспективы проведения предстоящей международной выставки в Казахстане «ЕХРО-2017».

4. В целях повышения качества подготовки специалистов в базовой организации филиала академии – в НОК «КазИИТУ» использовать практику приглашения ведущих ученых высших учебных заведений – социально-академических партнеров.

* * *

17 февраля 2015 года в Алматы в Национальной инженерной академии Республики Казахстан (НИА РК) прошло расширенное заседание Президиума, посвященное обращению Совета Ассамблеи народа Казахстана о проведении досрочных выборов Президента Республики Казахстан.

В выступлениях академиков Б. Жумагулова, Н. Надилова, А. Трофимова, Р. Алшанова, М. Бекмагамбетова и других было отмечено, что проведение досрочных выборов является требованием времени и обусловлено нарастающим мировым экономическим кризисом и острой геополитической ситуацией.

Ученые и инженеры страны высоко оценивают вклад нашего Президента – Лидера нации Н. А. Назарбаева в создание независимого Казахстана и его становление. Именно наш Президент уверенно провел Казахстан через все бури и невзгоды ломки старой системы и череду мировых кризисов.

И в сегодняшние крайне непростые времена Н. А. Назарбаевым выдвинут глубоко просчитанный и научно выверенный курс на Новую экономическую политику «Нурлы жол».

В этой связи, осознавая глубинную правильность выдвинутого Главой государства пути и выражая уверенность, что только наш Первый Президент уверенно и с честью проведет страну через предстоящие нелегкие испытания, Президиум Национальной инженерной академии Республики Казахстан считает своим гражданским долгом высказать свою позицию по этому чрезвычайно ответственному вопросу.

Президиум НИА РК принял решение: единодушно поддержать инициативу проведения досрочных выборов Президента Республики Казахстан.

Президиум обратился к многотысячному коллективу научно-инженерной общественности страны с призывом консолидировать усилия на выполнении судьбоносных задач, поставленных Президентом страны Н. А. Назарбаевым, еще теснее сплотиться вокруг Лидера нации.

* * *

27 февраля 2015 года в г. Алматы в актовом зале Казахского национального педагогического университета им. Абая состоялась сессия Общего собрания Национальной инженерной академии Республики Казахстан – влиятельного и авторитетного общественного объединения страны, представляющего ведущих ученых и инженеров, известных специалистов производства, руководителей крупных компаний и организаций, научно-исследовательских институтов.

В своем выступлении, президент Национальной инженерной академии РК академик Б. Т. Жумагулов сказал, что ученым и инженерам страны хорошо известна фундаментальная роль Президента – Лидера нации Н. А. Назарбаева в создании и становлении независимого Казахстана. Именно политический курс нашего Президента уверенно провел Казахстан через бури и невзгоды ломки старой системы и череду мировых кризисов.

Осознавая глубинную правильность выдвинутого Главой государства пути, выражаем уверенность, что только наш Первый Президент с честью проведет страну через предстоящие нелегкие испытания.

Многотысячный корпус научно-инженерной общественности страны готов еще теснее сплотиться вокруг Лидера нации и приложит все усилия для выполнения судьбоносных задач, поставленных Президентом страны Н. А. Назарбаевым в Послании «Нурлы жол – путь в будущее» и «Стратегии “Казахстан – 2050”».

Все участники собрания Национальной инженерной академии и научно-инженерная общественность страны полностью поддерживают решение Президента страны Н. А. Назарбаева о проведении 26 апреля внеочередных выборов Президента Республики Казахстан. В докладе Б. Т. Жумагулова об итогах деятельности академии за отчетный период особо отмечено, что научно-инженерный корпус страны вносит достойный вклад в развитие экономики, в успешную реализацию Государственной программы по форсированному индустриально-инновационному развитию Казахстана 2010–2014 гг. и масштабной Стратегии «Казахстан – 2050», сформулированной Лидером нации Н. А. Назарбаевым.

В прениях выступили академики В. К. Бишимбаев – депутат Мажилиса Парламента РК, А. В. Болотов – генеральный директор ТОО «Экоэнергомаш», А. А. Кулибаев – член Президиума НИА РК, Н. К. Надиров – первый вице-президент НИА РК и др. Они отметили, что Национальная инженерная академия РК эффективно содействует расширению научно-инновационной структуры бизнеса, создающей мультипликативный эффект для инженерных отраслей. Ректора вузов – Р. А. Алшанов, Ж. М. Адилев, К. А. Бисенов, А. С. Айтимов поддержали выступления ученых о создании Сертификационного центра для профессиональных инженеров на базе отраслевых ассоциаций.

Итогом собрания стало определение стратегических задач академии в рамках новой экономической политики страны, объявленной Лидером нации Н. А. Назарбаевым в Послании народу Казахстана «Нурлы жол – Путь в будущее» и реализации национального проекта страны «Астана ЭКСПО-2017».



На сессии Общего собрания Национальной инженерной академии Республики Казахстан после награждения

На сессии состоялись выборы новых действительных членов (академиков) и членов-корреспондентов, руководящего состава – президента, вице-президентов, руководителей отделений и филиалов Национальной инженерной Республики Казахстан.

На Общем собрании президентом вновь избран видный ученый, организатор науки Б. Т. Жумагулов, первым вице-президентом – Н. К. Надиров, вице-президентами – Р. А. Алшанов, А. Ч. Джомартов, А. К. Тулешов.

Работа сессии Общего собрания завершилась награждением выдающихся инженеров. Премией им. У. А. Джолдасбекова награжден Искаков Турлыбек Утешевич, премией им. Ш. Чокина – Трофимов Александр Степанович, премией им. К. Турысова – Закирова Дильнара Икрамхановна.

Большой золотой медалью «Инженерлік даңқ» отмечены: Алшанов Рахман Алшанович, Бейсенов Кылышбай Алдабергенович, Бишимбаев Валихан Козыкеевич, Жунисбеков Сагат Султанович, Карабалин Узакбай Сулейменович, Мырзахметов Менлибай Мырзахметович, Пралиев Серик Жайлауович, Татыгулов Абдысагит Шаймуханбетович, Шайхутдинов Еренгайып Маликович, Бейсеев Халил Сагинбекович, Томашец Александр Константинович.

Звание «Почетный инженер Казахстана» присвоено: Битимбаеву Марату Жакуповичу, Рахимбековой Зифе Матеновне, Уалиеву Гахипу Уалиевичу, Исламкулову Кайрату Муханметкуловичу, Нурлыбаеву Мурату Атайбековичу.

Медалью «За заслуги в развитии инженерного дела Казахстана» награждены: Жолтаев Герой Жолтаевич и Де Ирина Михайловна.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Акмалаев К. А. – д.т.н., профессор Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева
2. Аманиязова Г. Д. – к.э.н., доцент Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова
3. Аменова Ф. С. – докторант PhD, научный сотрудник ДГП НИ-ИММ при КазНУ им. аль-Фараби
4. Аруова Л. Б. – д.т.н., профессор кафедры «архитектура и строительство производств» Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата
5. Аширбаев Н. К. – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «теория и методика преподавания математики» Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова
6. Данаев Н. Т. – д.ф.-м.н., профессор, академик Международной инженерной академии и Национальной инженерной академии РК
7. Дарибаев Б. С. – докторант PhD, научный сотрудник ДГП НИ-ИММ при КазНУ им. аль-Фараби
8. Джолдасбаева Г. У. – к.э.н., доцент Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова
9. Егоров О. И. – д.э.н., профессор, главный научный сотрудник Института экономики Комитета науки МОН РК
10. Жумагулов Б. Т. – д.т.н., профессор, академик Национальной академии наук и Национальной инженерной академии РК, Международной инженерной академии, лауреат Государственной премии РК в области науки, техники и образования, Заслуженный деятель науки РК, президент Национальной инженерной академии Республики

- Казахстан, президент Казахстанского математического общества, первый вице-президент Международной инженерной академии и Ассоциации научных и технологических организаций РК, главный редактор журнала «Вестник НИА РК»
11. Жумагулов Р. Б. – д.э.н., академик Международной инженерной академии
 12. Казиева А. Б. – старший преподаватель Атырауского института нефти и газа
 13. Королев А. А. – д.т.н., профессор кафедры «технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета им. Ю. А. Гагарина
 14. Королев А. В. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета им. Ю. А. Гагарина
 15. Куракбаева С. Д. – к.т.н., доцент кафедры «информационные системы» Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова
 16. Массалимов И. А. – д.т.н., профессор Научно-исследовательского технологического института гербицидов и регуляторов роста растений с опытным производством Академии наук Республики Башкортостан
 17. Медиева Г. А. – д.э.н., член-корреспондент Национальной инженерной академии Республики Казахстан, главный ученый секретарь Президиума НИА РК
 18. Нысанов Е. А. – д.ф.-м.н., профессор кафедры «теория и методика преподавания информатики» Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова
 19. Оразбаев Б. Б. – д.т.н., профессор, академик НИА РК, заведующий кафедрой «автоматизация информационных технологий» Атырауского института нефти и газа
 20. Орынбеков Е. С. – д.т.н., профессор Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева

-
21. Орынбет М. М. – к.т.н., доцент Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева
 22. Оспанбеков К. Б. – магистрант Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева
 23. Ошакбаев М. Т. – д.т.н., профессор Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева
 24. Самигулина Г. А. – д.т.н., доцент, заведующая лабораторией «интеллектуальные системы управления и прогнозирования» Института информационных и вычислительных технологий МОН РК
 25. Тилекова Ж. Т. – докторант PhD Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева
 26. Тонкопий М. С. – д.г.-м.н., профессор Казахского экономического университета им. Т. Рыскулова
 27. Тюрин А. Н. – д.т.н., профессор кафедры «нефтегазовое дело и технология машиностроения» Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана
 28. Умбетов А. У. – к.ф.-м.н., доцент, профессор Аркалыкского государственного педагогического института им. И. Алтынсарина
 29. Уракаев Ф. Х. – д.т.н., профессор Института геологии и минералогии СО РАН
 30. Уткелбаева А. О. – докторант PhD Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата
 31. Чигаркина О. А. – ведущий научный сотрудник Института экономики Комитета науки МОН РК
 32. Шагаева А. Б. – магистрант Атырауского государственного университета им. Х. Досмухамедова, ст. преподаватель Атырауского института нефти и газа
 33. Шаяхметова А. С. – докторант PhD Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева

СОДЕРЖАНИЕ

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

EXPO-2017 – «Энергия будущего» 4

В БУДУЩЕЕ – С НОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Совещание по подготовке к проведению Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» в рамках Всемирной выставки «ЭКСПО-2017». Алматы, 23 января 2015 года 7

Жумагулов Б. Т. Выступление на совещании по обсуждению проекта Концепции Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» 7

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Самигулина Г.А., Шаяхметова А.С. Проектирование интеллектуальных информационных систем дистанционного обучения для людей с ограниченными возможностями зрения 56

Данаев Н. Т., Дарибаев Б.С., Аменова Ф. С. О решении несамосопряженных вспомогательных разностных уравнений для тепловой конвекции в переменных «функция тока, вихрь скорости» 61

Нысанов Е. А., Аширбаев Н. К., Куракбаева С. Д. Моделирование и решение двумерной задачи нестационарного течения двухфазного потока в открытых каналах с учетом фильтрации воды и осаждения твердых частиц 67

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ 73

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Орынбет М. М., Оспанбеков К. Б. Математическая модель напряженно-деформированного состояния ленточного подшипника конечной и бесконечной ширины 79

Королев А. В., Тюрин А. Н., Королев А. А. Математическая модель формирования сферической поверхности торцов роликов при ультразвуковом алмазном выглаживании 88

НЕФТЕХИМИЯ

Оразбаев Б. Б., Шагаева А. Б., Казиева А. Б. Задачи принятия решений при управлении процессом плавки чугуна 94

ЭКОНОМИКА

<i>Егоров О. И., Жумагулов Р. Б., Аманиязова Г. Д.</i> Экономическое сотрудничество Казахстана с мировыми нефтяными компаниями	102
--	-----

ЭНЕРГЕТИКА

<i>Аруова Л.Б., Уткелбаева А.О.</i> Күн сәулесінің энергиясын пайдалану арқылы әр түрлі бетондар өндіру технологиясы	112
<i>Медиева Г.А., Чигаркина О. А., Джолдасбаева Г.У.</i> Энергосбережение как фактор перехода к «зеленой экономике»	120

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Массалимов И.А., Акмалаев К.А., Орынбеков Е. С., Уракаев Ф. Х.</i> Механическая активация серы в дезинтеграторе	127
--	-----

ЭКОЛОГИЯ

<i>Тилекова Ж.Т., Ошакбаев М.Т., Тонкопий М.С.</i> Пространственно-временная динамика распределения тяжелых металлов в донных отложениях Иле-Балкашского бассейна	133
---	-----

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ	140
---------------------------	-----

ФИЗИКА

<i>Умбетов А. У.</i> Бифокальды линзаның фокустау қасиеттері	144
--	-----

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Татыгулов Абдысагит Шаймуханбетович (К 75-летию со дня рождения)	152
Чердабаев Равиль Тажигариевич (К 75-летию со дня рождения)	154
Бейсеев Халил Сагинбекович (К 75-летию со дня рождения)	156
Ламонов Иван Михайлович (К 70-летию со дня рождения)	157
Баймиров Мергенгали Ергалиевич (К 70-летию со дня рождения)	158
Бегманов Абдугали Салбекович (К 60-летию со дня рождения)	159

ХРОНИКА, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ	160
--------------------------------------	-----

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	165
----------------------------------	-----

CONTENTS

THE KEY PROBLEMS of the DEVELOPMENT of SCIENCE and ENGINEERING ACTIVITY

EXPO-2017 – «Future energy»	4
-----------------------------------	---

IN THE FUTURE – WITH NEW TECHNOLOGIES

Meeting to prepare for the World Congress of engineers and scientists, «Energy of the Future: innovation script and methods for their implementation» of the World exhibition «Expo-2017». Almaty, 23 January 2015	7
--	---

<i>Zhumagulov B. T.</i> Speech on the meeting about discussion the draft Concept of the World congress of engineers and scientists, «Energy of the Future: innovation script and methods for their implementation»	7
--	---

INFORMATION TECHNOLOGIES AND APPLIED MATHEMATICS

<i>Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S.</i> The design of intelligent information systems distance learning for people with impaired vision	56
--	----

<i>Danaev N.T., Daribaev B.S., Amenova F.S.</i> On the solution of non-self-adjoint auxiliary differential equations for thermal convection in the variables «stream function, vorticity»	61
---	----

<i>Nysanov E.A., Ashirbayev N.K., Kurakbayeva S.D.</i> Modeling and solution of a two-dimensional problem of two-phase nonstationary flow in open channels with allowing for water filtration and solid particles sedimentation	67
---	----

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	73
--------------------------------------	----

MECHANICS AND MACHINE BUILDING

<i>Orynbet M.M., Ospanbekov K.B.</i> Mathematical model of stress-state deformed belt type bearing of finite and infinite width	79
---	----

<i>Korolyev A. V., Tyurin A. N., Korolyev A. A.</i> Математическая модель процесса формирования сферической поверхности торцов роликов при ультразвуковом алмазном выглаживании	88
---	----

PETROLEUM CHEMISTRY

<i>Orazbayev B. B., Shagayeva A. B., Kaziyeva A.B.</i> Tasks of the decision-making process in the control of iron smelting	94
---	----

ECONOMY

<i>Yegorov O. I., Zhumagulov R. B., Amaniyazova G. D.</i> Economic partnership of Kazakhstan with the world oil companies	102
---	-----

POWER ENGINEERING

<i>Aruova L. B., Utkelbayeva A. O.</i> Technology of various types of concrete by using solar energy	112
--	-----

<i>Mediyeva G. A., Chigarkina O. A., Dzholdasbayeva G.U.</i> Energy conservation as a factor in the transition to a «green economy»	120
---	-----

CONSTRUCTIONAL MATERIALS

<i>Massalimov I.A., Akmalayev K.A., Orynbekov E.S., Urakaev F.H.</i> Mechanical activation of sulfur in disintegrator	127
---	-----

ECOLOGY

<i>Tilekova Zh.T., Oshakbaev M.T., Tonkopiya M.S.</i> Existential dynamics of distribution of heavy metals in ground deposits pool Ile-Balkash region	133
---	-----

<i>DO YOU KNOW</i>	140
--------------------------	-----

PHYSICS

<i>Umbetov A.U.</i> Focusing properties of a bifocal lens i	144
---	-----

JUBILEE DATE

Tatygulov Abdysagit Shaimukhanbetovich (To 75-th birthday)	152
Cherdabayev Ravil Tazhigariyevich (To 75-th birthday)	154
Beiseev Halil Saginbekovich (To 75-th birthday)	156
Lamonov Ivan Mikhailovich (To 70-th birthday)	157
Baimirov Mergengali Yergalievich (To 70-th birthday)	158
Begmanov Abdugali Salbekovich (To 60-th birthday)	159

THE CHRONICLE, EVENTS, FACTS	160
---	-----

THE INFORMATION ABOUT AUTHORS	165
--	-----

Редактор *Т.Н. Кривобокова*
Верстка на компьютере *Е.В. Огурцовой*

Адрес редакции:
Национальная инженерная академия РК
050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80
Тел. 8(327)-2915290

Подписано в печать 10.03.2015 г.
Гарнитура Таймс. Формат 70x100 ¹/₁₆.
Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии ТОО «Luxe Media Group»