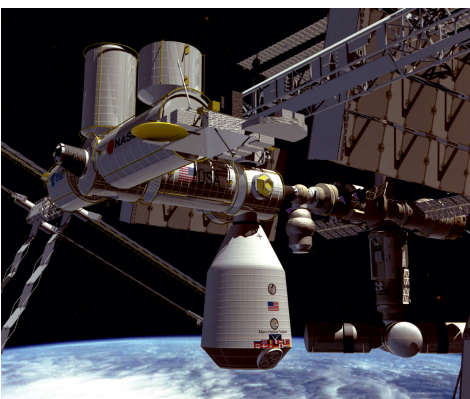


ISSN 1999 – 9801



Алматы энергетика және  
байланыс университетінің  
**ХАБАРШЫСЫ**



**ВЕСТНИК**  
Алматинского университета  
энергетики и связи

**3/1**  
**2010**

**МАТЕРИАЛЫ**

*7-ой Юбилейной международной  
научно-технической конференции*

**"ЭНЕРГЕТИКА, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ  
И ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ"**

**23-25 сентября 2010 г.  
г. Алматы**



**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ -  
«ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Издаётся с июня 2008 года

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

Алматинский университет энергетики и связи (АУЭС)

---

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор **Соколов С.Е.**

Акопьянц Г.С., Андреев Г.И., Бахтаев Ш.А., Бекмагамбетова К.Х., Болотов А.В.,  
Букейханова Р.К., Данилина Г.П., Дворников В.А., Джагфаров Н.Р., Дюсебаев М.К.,  
Жакупов А.А., Исаков А.К., Козин И.Д., Коньшин С.В., Куралбаев З.К., Мажитова Л.Х.,  
Мукажанов В.Н. (зам. главного редактора), Нагайцев В.И., Сагитов П.И., Садыкова А.К.,  
Серигов Э.А., Сулейменов И.Э., Стояк В.В., Суржиков А.П., Темирбаев Д.Ж.,  
Трофимов А.С., Утегулов Н.И., Фурсов В.Г., Хакимжанов Т.Е.

---

С содержанием журнала можно ознакомиться на веб-сайте АУЭС [www.aipet.kz](http://www.aipet.kz)

Подписаться на журнал можно в почтовых отделениях связи по объединённому каталогу  
Департамента почтовой связи.

Подписной индекс – **74108**.

В редакции можно подписаться на журнал и приобрести отдельные номера.

---

**Адрес редакции:** 050013, г.Алматы, Некоммерческое АО «Алматинский университет  
энергетики и связи», ул. Байтурсынова, 126, офис А326,  
тел.: 8(727) 2784536, 2925048. Факс: 8(727) 2925057 и E-mail: [aipet@aipet.kz](mailto:aipet@aipet.kz) (с пометкой:  
для редакции журнала).

---

Ответственный секретарь    Садикова Г.С.  
Технический редактор        Сластихина Л.Т.

---

Сдано в набор 20.08.2010г. Подписано в печать 13.09.2010г. Формат А4.

Бумага офсетная № 80 г/м<sup>2</sup>. Печать офсетная. Печ.л. 8,25.

Цена свободная. Тираж 350 экз. Зарегистрирован Комитетом информации и архивов  
Министерства связи и информации РК, регистрационный № 11124-Г.

---

Макет выполнен и отпечатан в типографии «ИП Волкова»  
г. Алматы, пр. Райымбека, 212/1, оф.319.

«Вестник АУЭС», 2010г.

# ВЕСТНИК

---

АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

---

№ 3/1 (10)

2010

---

## МАТЕРИАЛЫ

*7-ой Юбилейной международной  
научно-технической конференции*

**"ЭНЕРГЕТИКА, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ  
И ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ"**

23-25 сентября 2010 г.  
г. Алматы

Научно-технический журнал  
Выходит 4 раза в год

Алматы

## СОДЕРЖАНИЕ

- Сериков Э. А.**  
О национальной модели образования Казахстана  
и Болонском процессе.....5

### ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕХНОЛОГИИ

- Ким В. А., Ульева Г. А., Стенюшкин А. В.**  
Исследование изменения пористости и структуры  
тела спецкокса от скорости нагрева .....12

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

- Абдрахманов Еркеш Абдрахманович**  
Состояние, проблемы и пути развития электродуговой  
технологии огнеупорных материалов в Казахстане .....18
- Брейдо И. В., Ющенко О. А.**  
Разработка системы автоматического регулирования  
электропривода активного ролика линии непрерывного  
горячего цинкования.....23
- Гельман М. В., Дудкин М. М., Хусаинов Р. З.**  
Применение обратимых преобразователей напряжения  
для энергосбережения в испытательных стендах .....28
- Жакупов А. А., Малаев Д. Н.**  
Формирование тарифов на электроэнергию для  
промышленных потребителей и населения.....34
- Ахметбаев Д. С.**  
Оперативный метод анализа установившихся  
режимов электрических сетей .....39

### АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Женатов Б. Д., Аверченко А. П.**  
Оптимальный алгоритм формирования и обработки  
видео и звукового сигналов для DVB -Т модулятора .....45
- Адамбаев М. Д., Абитаева Р. Ш.**  
Метод подготовки массива данных по случайным  
реализациям переменных промышленного объекта  
управления.....48



**Ползик Е. В., Барсегянц К. В.**

Влияние частотного регулирования на реализацию проектов «Мобильного WiMAX» в Казахстане .....53

**Самоделькина С. В.**

Оценка множителя ослабления УКВ – радиосигналов на приземной трассе .....57

**Тусупов А. Д.**

Пассивная оптическая сеть с расширенной зоной досягаемости .....64

### **ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА ПО ОТРАСЛЯМ**

**Естай С. Е., Санатова Т. С., Санатов А. А.**

Методика расчета выбросов парниковых газов магистральных газопроводов.....70

**Ордабаев М. Қ., Жакупов А. А., Ағымов Т. Н.**

Биллингтік жүйе арқылы энергетикалық ресурстарды есептеудің біртұтас жүйесін құру.....74

**Фурсов В. Г.**

Некоторые проблемы энергоэффективности Республики Казахстан .....79

**Жолдыбаева З. И., Санатова Т. С.**

Обоснование электрофизического метода воздействия на снижение выбросов сажи .....84

**Джанбаулиева Ш. С., Валиева Л. Ш.**

Некоторые вопросы учета себестоимости продукции и услуг электроэнергетических предприятий .....87

### **ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ, ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

**Федюшко Ю. М.**

Исследование природы звуковых волн с отрицательной энергией .....93

**Сулейменов И. Э., Калдыбеков Д., Колдаева С. Н.,  
Игликов И. В., Ким П. В., Ивлев Р. С., Копишев Э. Е.**

Некоторые перспективы использования искусственной мускулатуры на основе композитов гидрогелей и наночастиц металла .....97

№ 3/1 (10)  
2010

ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

<b>Копылов А.С., Календарев Э.Р., Запорожская Н.В.</b> К определению пересыщения сульфата кальция по длине обратноосмотической мембраны .....	102
<b>Бимагамбетов Т. С.</b> Расчеты инверсии населенностей двухуровневого атома при различных интенсивностях лазерного излучения и давления буферного газа.....	106
<b>Panchenko S., Vassin V., Tasbulatova Z., Nam I.</b> Neural networks based on quasipassive elements: toward nanoscale networking .....	110
<b>Джагфаров Н. Р.</b> Так победим.....	115
<b>Шицко В. Л.</b> Научно-философское мировоззрение и эволюция технического знания .....	118

**НАШИ ЮБИЛЯРЫ**

<b>Казанцев Анатолий Васильевич .....</b>	<b>123</b>
---	------------

## О НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСТАНА И БОЛОНСКОМ ПРОЦЕССЕ

**Сериков Эрнест Акимович** – канд.техн.наук, проректор Алматинского университета энергетики и связи, г.Алматы

*Әзірлен білімнің ұлттық үлгісі Болондық процесс талаптарына сай сәйкеседі. Оның орындалуы туралы 12-жылдық орта білімнің және докторантура білім бағдарламасының орындалу бастамасын енгізгеннен кейін айтуға болады. Оның одан арғы толық жетілдірілуі бойынша жұмысты бір уақытта жалғастыру қажет.*

*Разработанная национальная модель образования соответствует требованиям Болонского процесса. О ее полной реализации можно будет говорить после внедрения 12-летнего среднего образования и начала реализации образовательных программ докторантуры. Одновременно следует продолжить работу по ее дальнейшему совершенствованию.*

*The developed national model of education corresponds to requirements of Bologna process. It would be possible to speak about its realization after introduction of 12-years secondary education and the beginning of realization of educational programs of doctoral studies. Simultaneously it should be better to continue work on its further perfection.*

Стратегия развития Казахстана до 2030 года определила основной задачей системы образования создание национальной модели образования и ее интеграцию в мировое образовательное пространство. Для достижения этих целей на государственном уровне были разработаны Стратегический план развития Республики Казахстан до 2010 года и Государственная программа развития образования в Республике Казахстан на 2005-2010 годы и разрабатывается в настоящее время программа развития образования на 2011-2020г.г. Одновременно Казахстан подписал Лиссабонскую конвенцию и стал участником Болонского процесса.

С позиций Болонского процесса образовательные системы европейских стран (в том числе и Казахстана) должны обеспечить:

- 12-летнее среднее образование;
- сравнимость квалификаций и степеней, полученных в системе высшего образования;
- мобильность обучающихся и преподавателей;
- учет объема усвоенных обучающимися дисциплин в кредитах, позволяющий

сравнивать учебные программы различных университетов;

- унифицированная система оценки качества усвоения обучающимся изучаемых дисциплин, как элемент гарантии качества образования.

Для вхождения в мировое образовательное пространство Казахстан кардинально изменил свою образовательную систему, внедрив у себя многоуровневую подготовку специалистов через «бакалавриат-магистратуру-докторантуру».

За основу модернизации была принята модель образования США, которая основывается на кредитной системе обучения и которая в определенной мере отличается от образовательных систем большинства европейских стран. Принципиальным отличием американской и европейской систем образования является тот факт, что «европейская система кредитов и Болонский процесс не являются системой образования» и нацелены на «обеспечение сравнимости академических степеней и достижение большей мобильности студентов в Европе» [1]. Именно поэтому сотрудники образовательной сети

Education Network считают, что «в обозримом будущем в Европе не предполагается создания унифицированной системы высшего образования и каждая страна сохранит свою уникальную систему, сохраняющую национальные исторические и культурные традиции».

Указанная точка зрения должна быть в полной мере реализована в Казахстане при разработке национальной модели образования. И следует отметить, что теоретически основа национальной модели уже разработана.

В настоящее время система высшего образования Казахстана ограничена только подготовкой бакалавров. Подготовка магистров и докторов отнесена к послевузовскому уровню. Основанием для такого решения являлся, по мнению МОиН РК, тот факт, что в реализации образовательных программ магистерской и докторантской подготовки принимают участие помимо высших учебных заведений и различные научно-исследовательские организации.

Законодательное разделение в Казахстане систем высшего и послевузовского образования является дискуссионным вопросом.

В западных системах образования такое разделение практически не встречается, так как и бакалавриат, и магистратура, и докторантура реализуются в университетах (высших учебных заведениях) и относятся к системе высшего образования. Во Франции под высшим образованием понимается любое послесреднее образование, в том числе специалистов на уровне техников. В США к системе высшего образования относится любой курс обучения, который по уровню следует за курсами средней школы. В Германии учебный процесс по профессиональным дисциплинам на любом уровне жестко увязан с проводимыми преподавателями вуза научными исследованиями, что позволяет немедленно превратить результаты научно-исследовательских работ в материал учебной программы (принцип Гумбольта) [2].

Отнесение бакалавриата, магистратуры и докторантуры к системе высшего образования в зарубежных странах можно объяснить наличием во всех уровнях образовательных

программ, усвоение которых является обязательным условием для присуждения соответствующей академической степени. Именно поэтому и студенты, и магистранты, и докторанты являются обучающимися.

Разделение в Казахстане систем высшего и послевузовского образования исторически вытекало из линейной (советской) системы образования, согласно которой подготовка научных и научно-педагогических кадров осуществлялась через аспирантуру (резидентуру, адъюнктуру) и докторантуру, не входящих в систему высшего образования. Причем характерной особенностью этого уровня в линейной системе являлось отсутствие образовательных программ, была лишь подготовка к сдаче минимумов по языку, философии и специальности, которая осуществлялась аспирантами и докторантами самостоятельно.

В этом заключается принципиальное отличие линейной и многоуровневой систем образования. В линейной системе образования аспиранты и докторанты не являлись обучающимися, так как считалось, что полученное образование на первом этапе высшего образования достаточно для выполнения научной работы и самостоятельного повышения квалификации. В этих условиях привлечение различных научно-исследовательских организаций к подготовке научных кадров было абсолютно обоснованным.

Однако в варианте многоуровневой подготовки специалистов привлечение научно-исследовательских организаций к реализации образовательных программ магистратуры и докторантуры представляется ошибочным в силу ряда причин. Поскольку на этих уровнях реализуются образовательные программы, то во всех организациях, участвующих в этом процессе, должны выполняться требования по учебно-методическому обеспечению программы, учебно-лабораторной базе, педагогическому составу. Выполнение этих требований в полном объеме в научных организациях представляется затруднительным, так как основным направлением их деятельности являются научные исследования. В этом случае более правильным является кооперация научных организаций с

высшими учебными заведениями в вопросах подготовки магистров и докторов: обучение дисциплинам образовательной программы – в вузе, исследовательская работа – на базе научной организации и под руководством работника этой организации. Подобная кооперация может быть использована и для магистрантов и докторантов высшего учебного заведения.

Следует отметить, различие в уровнях полготовки специалистов с высшим образо-

ванием в линейной (1985г.) и многоуровневой (2008 и 2017г.г.) системах образования (рис.1).

Из сравнения сроков обучения в линейной и многоуровневой системах (в данном случае срок обучения выступает синонимом объема усвоенных знаний) можно сделать вывод о снижении уровня подготовки специалистов с высшим образованием на каждом уровне:

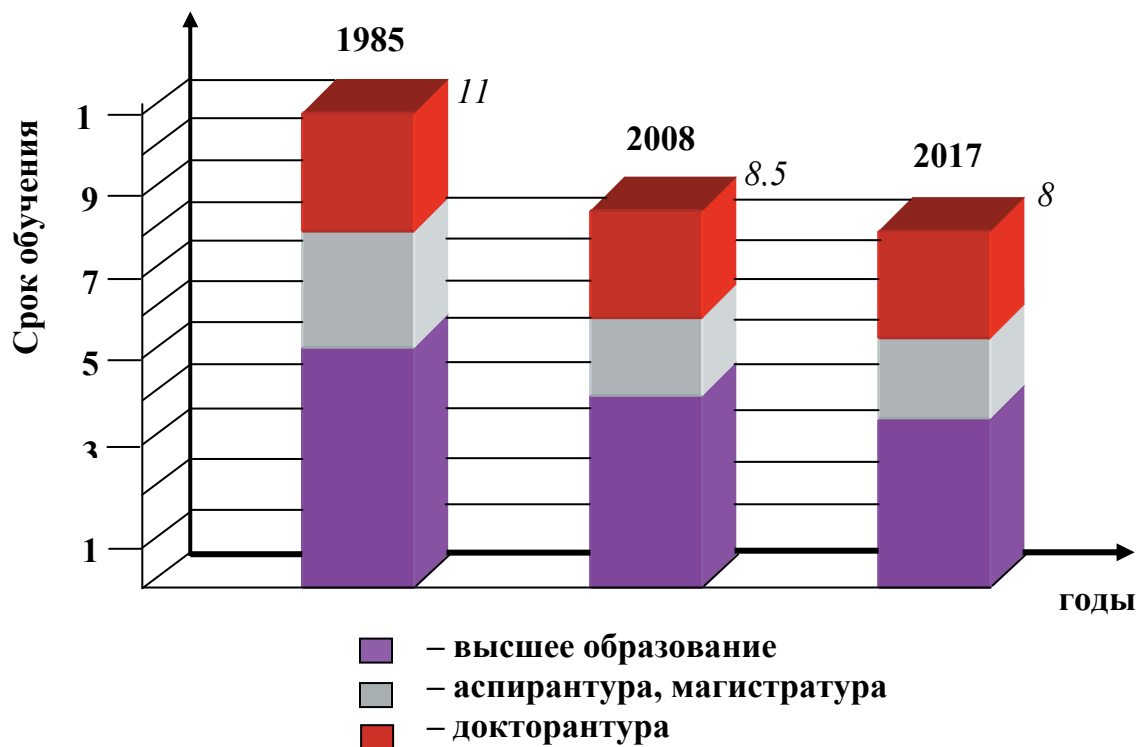


Рисунок 1 – Продолжительность обучения в системе высшего и послевузовского образования

- бакалавр по объему усвоенных знаний уступает дипломированному специалисту линейной системы;
- дипломированный специалист, поступающий в аспирантуру, имеет примерно такой же уровень знаний, что и магистр, поступающий в докторантуру, например, США;
- кандидат наук линейной системы обладает уровнем знаний выпускника докторантуры многоуровневой системы.

Даже, если принять гипотетически более эффективную учебу обучаемых при многоуровневой системе, то сокращение сроков обучения неизбежно приведет к меньшему

объему знаний, приобретенных в процессе обучения. Тезис о повышении качества усвоения образовательной программы за счет увеличения объема самостоятельной работы можно признать справедливым, но сама образовательная программа по объему часов (кредитов) и по набору дисциплин будет уступать линейной на каждой ступени (бакалавриат, магистратура, докторантура).

В Казахстане, с целью сохранения уровня профессиональной подготовки специалистов с высшим образованием на уровне дипломированных специалистов, в магистратуре помимо научно-педагогического направления появилось профильное направление.

Профильная магистратура нацелена на углубленную профессиональную подготовку по специальности для практической и управленческой деятельности в соответствующих отраслях экономики. Опыт профессиональной подготовки специалистов на уровне дипломированных специалистов научно-исследовательские организации не обладают, и поэтому профильная магистратура должна оставаться в системе высшего образования.

Данный вопрос является принципиальным и требует законодательного решения. В Законе Республики Казахстан «Об образовании» 2007 года следует отразить, что к системе высшего образования относится бакалавриат и профильная магистратура, а к послевузовскому – научно-педагогическая магистратура и докторантура PhD (см. рисунок 2).

Во второй ступени послевузовского образования следует оставить только одно направление – докторантуру PhD, исключив профильную докторантуру. При этом менее всего следует понимать под докторантурой PhD систему подготовки докторов философии по различным специальностям. Само название должно говорить о второй ступени подготовки специалистов высшей квалификации. В этом случае, только по философии присуждаемая академическая степень будет соответствовать названию ступени. Во всех остальных случаях наименование академической степени будет отличным для групп специальностей или даже для отдельных специальностей.

В пользу предложения об исключении одного из направлений (научно-педагогического или профильного) свидетельствует начатая сегодня в системе образования дискуссия о необходимости при введении академической степени доктора сохранить ученую степень доктора наук. Подготовка докторов наук возможна по варианту линейной системы, и она не должна иметь образовательной составляющей, как докторантура PhD. Доктором наук может стать выпускник докторантуры PhD, продолжающий научные исследования в своей области, имеющий серьезные научные результаты на

уровне крупного научного достижения и/или создавший свою научную школу или направление.

Проблема вхождения Казахстана в мировое образовательное пространство связана с вопросом международного признания его документов об образовании. Различия в образовательных системах зарубежных стран и стран СНГ, прежде всего, ставят на повестку дня проблему признания квалификационных профессиональных уровней и нострификации документов об образовании.

Следует отметить, что определенным препятствием для взаимного признания документов об образовании стран СНГ и зарубежных стран может стать различие в подходах к одному из основополагающих показателей многоуровневой системы образования – кредиту. С указанной проблемой АУЭС столкнулся при разработке магистерских программ для инженеров (бакалавров по техническим специальностям) и экономистов в области энергетики и устойчивого развития в рамках проекта 144747-TEMPUS-2008-FR-JPCR [3].

В Казахстане используется понятие «казахстанский кредит» (KZCS – Kazakhstan Credit System), который для каждого уровня зависит от соотношения аудиторной и самостоятельной работы обучающегося (бакалавриат – 1:2, профильная магистратура – 1:3, научно-педагогическая магистратура – 1:4, докторантура – 1:6). В связи с этим 1 казахстанский кредит соответствует 45 часам работы обучающегося в бакалавриате (KZCS 1), 60 часам – в профильной магистратуре (KZCS 2), 75 часам – в научно-педагогической магистратуре (KZCS 3) и 105 часам теоретической работы – в докторантуре (KZCS 4). Этому объему работы соответствуют различные количество кредитов, которое может быть усвоено за один и тот же академический период.

Различное содержание казахстанских кредитов по объему часов в бакалавриате, магистратуре и докторантуре привело к тому, что суммарный объем образовательных программ Казахстана в кредитах существенно отличаются от европейских и американских программ (см. таблицу 1).



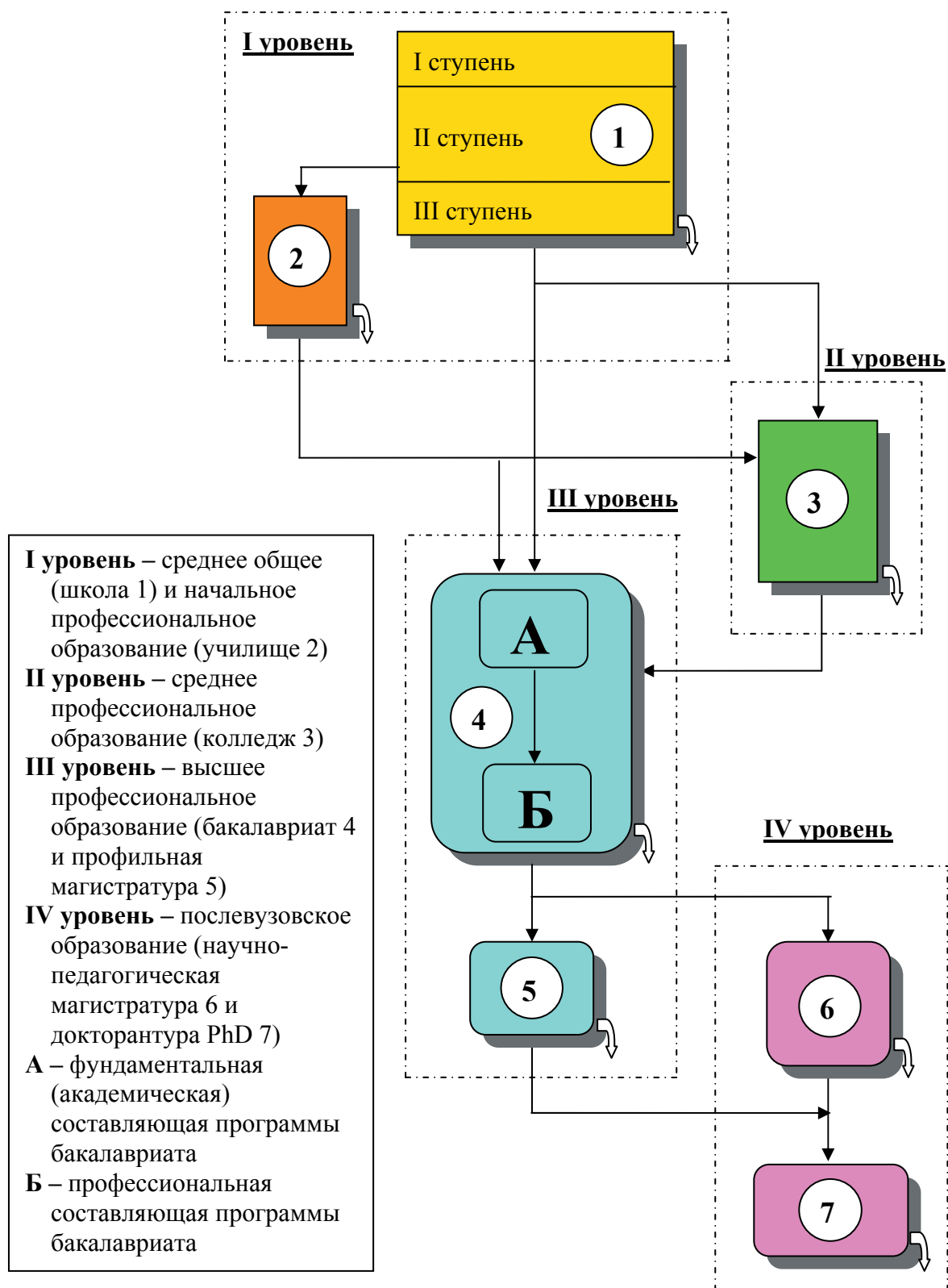


Рисунок 2 – Предлагаемая структура системы образования Казахстана

Так, например, объем образовательных программ бакалавриата в западноевропейских странах равен 240 кредитам ECTS (в Казахстане – 128 кредитам KZCS 1), магистратуры – 120 кредитам ECTS (в Казахстане – 36 и 47 кредитам KZCS 2 и 3, соот-

ветственно), докторантуры – 180 кредитам ECTS (в Казахстане – 60 кредитам KZCS 4). Величина европейского кредита равна 25-30 рабочим часам студента в семестр и на всех уровнях образования принимается практически неизменным. Бакалаврская образова-

тельная программа США по объему соответствует 120-130 кредитам USCS, а сам кредит равен 42-48 часам работы студентов. В Швеции же за один кредит принимается объем студенческой работы в течение недели, равный 54 часам, а общее количество кредитов образовательной программы в бакалавриате равно 120 шведским кредитам.

Такой разброс в объеме образовательных программ бакалавриата осложняет взаимный перевод кредитных часов различных образовательных систем (американских, западноевропейских, казахстанских, шведских). Решение вопроса о признании казахстанских документов об образовании легко решаются путем введения коэффициентов перевода кредитов KZCS в европейские ECTS или американские USCS кредиты.

Таким образом, по нашему мнению, теоретически национальная модель уже разработана и начинает внедряться в жизнь.

О создании национальной модели можно будет говорить после внедрения 12-летнего среднего образования и начала реализации образовательных программ докторантуры. Вместе с тем, можно утверждать, что национальная модель образования, учитывает как предшествующий опыт работы отечественной системы образования, так и опыт зарубежных стран. В настоящий момент наступил этап совершенствования национальной модели образования, наполнения новым содержанием отдельных уровней и ступеней образования.

Таблица 1 – Распределение кредитов по циклам дисциплин магистерских программ в системе KZCS (Kazakhstan Credit System) и американской системе кредитов USCS

№№ п/п	Наименование дисциплин	Направления подготовки*		
		Профильное**		Научно-педагогическое ***
		1 год	1,5 года	
1.	Базовые дисциплины	9/11	10/12	16/22
1.1	Обязательный компонент	5/6	5/6	9/12
1.2	Компонент по выбору	4/5	5/6	7/9
2	Профильные дисциплины	9/11	18/22	18/24
2.1	Обязательный компонент	2/3	6/7	6/8
2.2	Компонент по выбору	7/8	12/15	12/16
3	Практика	3/4	6/8	6/8
4	Научно-исследовательская/ экспериментально- исследовательская работа, включающая выполнение выпускной работы	4/6	6/8	11/14
5	Итоговая государственная аттестация (ИГА)	2/2	2/2	2/2
5.1	Комплексный экзамен (КЭ)	1/1	1/1	1/1
5.2	Защита выпускной работы (ЗД)	1/1	1/1	1/1
Итого объем кредитов		Не менее 24/30	Не менее 36/44	Не менее 47/62

\* - числитель – кредиты KZCS (Kazakhstan Credit System), знаменатель – американские (с округлением до целого числа) кредиты USCS.

\*\* - кредит KZCS 2 (для профильной магистратуры) соответствует 1,25 кредитов USCS.

\*\*\* - кредит KZCS 3 (для научно-педагогической магистратуры) соответствует 1,35 кредита USCS.

### *Список литературы*

1. Образование на основе системы кредитных часов (Система кредитных часов, структура учебных программ и степеней, аккредитация вузов: опыт США). – Алматы, 2004.
  2. Сериков Э.А. Проблемы многоуровневой подготовки инженерных кадров в технических вузах. – Алматы, 2003.
  3. Сериков Э.А. К вопросу подготовки магистров наук в области энергетики и устойчивого развития // Вестник Алма-тинского института энергетики и связи. – Алматы, 2009. – № 4.
-

УДК 669.749

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ И СТРУКТУРЫ ТЕЛА СПЕЦКОКСА ОТ СКОРОСТИ НАГРЕВА

**Ким Василий Анатольевич** – докт. техн. наук, заместитель директора «Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева», г. Караганда

**Ульева Гульнара Анатольевна** – старший преподаватель РГП «Карагандинский государственный индустриальный университет», г. Темиртау

**Стенюшкин Андрей Викторович** – младший научный сотрудник «Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева», г. Караганда

*Мақалада арнаулы арнайы кокстың қыздыру жылдамдық әрекеттестік төзімділік және уақ тесікті курлысымен мағлұмат берілген және уақ тесікті үлгінің тез және ақырын жылтудан кейін есептеудің қартындысы берілген. Жылтудың жылдамдығын үлкейтуе қатты қайта қалпына келтіргіштің уақ тесікті курлысы үлкейеді.*

*В статье приведены сведения о взаимосвязи скорости нагрева спецкокса со структурной прочностью и пористостью, а также результаты расчета пористости образцов после быстрого и медленного нагрева. Показано, что с увеличением скорости нагрева величина пористости твердого восстановителя увеличивается.*

*Importation about heat speed interaction of special coke to structure durability and porosity and also results of calculation of porosity examples after quickly and slowly heating are given in the article. It is demonstrated that with heating speed increasing the porosity of hard restoration is increased.*

В структуре народного хозяйства Казахстана происходят прогрессивные изменения, создаются новые отрасли, что предполагает решение сложных научно-технических проблем металлургических предприятий. А ускорение научно-технического прогресса и подъем на качественно новый технический уровень производства электроферросплавов неразрывно связаны с правильным выбором недефицитных углеродистых восстановителей, обеспечивающих высокую эффективность тех процессов, в которых они применяются.

Так как главным потребителем кокса является доменное производство, то и качество получаемого в современных печах кокса приспособлено только к требованиям доменного процесса. Все недоменные процессы (производство ферросплавов, литейное производство, агломерация руд и др.) вынуждены использовать либо доменный кокс, либо мелкие классы, получаемые при производстве до-

менного кокса. Но кокс, получаемый в существующих коксовых печах, по многим показателям (крупность, реакционная способность, прочность, пористость, электропроводность) не отвечает требованиям недоменных производств. Наряду с этим ощущается недостаток в высококачественном коксе для литейных нужд, электротермических производств, так как увеличиваются масштабы потребления недоменного кокса. /1, 2/. В то же время по прочностным свойствам восстановителей нет однозначно установленных значений, сформулированы лишь общие положения к качеству восстановителей. А ведь известно, что прочность кокса имеет большое значение для определения его пригодности при участии в различных процессах. В понятие «прочность кокса» входит прочность куска кокса, которая во многом зависит от трещиноватости, а также прочность материала (вещества) кокса. Последняя определяется прочностью матери-

ала стенок пор и их распределением по размеру, то есть зависит от исходного материала (угля) и условий его коксования. /3/

Пористость – свойство твердых тел, характеризующее наличие пустот (пор) между отдельными зернами, слоями, кристаллами и другими элементами структуры материала. Величина общей пористости определяется объемом пор в единице объема тела. Различают открытую (доступную) и замкнутую (недоступную) пористость. Открытую пористость составляют поры, капилляры, каналы, пустоты и т. д., сообщающиеся между собой и с внешней поверхностью тела и доступные для молекул замещающих сред. Замкнутая пористость обусловлена наличием дефектов кристаллической структуры, пор, изолированных друг от друга или от внешней поверхности тела, а также открытых пор, недоступных молекулам замещающих сред. Пространство сообщающихся пор называют активным; оно играет решающую роль в процессах массо- и теплообмена, а также в проницаемости материалов. /4/

Поры оказывают двойное влияние на свойства материалов: с одной стороны они снижают прочность, а с другой – уменьшают диффузионное сопротивление и улучшают восстанавливаемость, так как процесс восстановления может протекать не только на внешней, но и на внутренней поверхности восстановителя. /5/

Так, в этой статье приводятся данные структурной прочности и пористости спецкокса, полученного из длиннопламенного шубаркольского угля быстрым (термоокислительным) и медленным (классическим) коксованием.

Структурная прочность опытных образцов определялась согласно ГОСТ-у 9521-90. После дробления образцов выделяли пробу класса 3÷6 мм, которую просушивали в течение 2÷3 часов. После этого отбирали необходимое ее количество путем засыпки пробы в мерный цилиндр с внутренним диаметром 25, высотой 310 мм и вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Уплотняли в течение 10 с на вибраторе, после чего досыпали материалом того же класса крупности, а избыток удаляли стальной линейкой. Масса пробы объемом 50 см<sup>3</sup> яв-

ляется относительным показателем насыпной массы кокса. После этого пробу делили пополам и засыпали в цилиндры 1 аппарата для определения структурной прочности (см. рисунок 1), туда же помещали по 5 стальных шаров диаметром 15 мм. Требуемую скорость вращения (25 об/мин) достигали регулятором напряжения 2. Обработку проб в цилиндрах заканчивали после 1000 оборотов, затем проводили рассев каждой пробы на сите с круглыми отверстиями диаметром 1 мм. Показателем структурной прочности является выход материала кокса более 1 мм в процентах.

Далее проводилось определение кажущейся пористости спецкокса. Сущность метода заключается в определении объема открытых пор и общего объема испытываемой пробы кокса (ГОСТ 10220-82).

При определении кажущейся пористости пробу кокса помещали в корзину и кипятили в специальной емкости в течение 1,5÷2 часов в воде до полного удаления воздуха из открытых пор кокса, следя за тем, чтобы куски кокса были полностью погружены в воду. После чего определяли объем воды, вытесненной пустой корзиной и корзиной с пробой кокса (см. рисунок 2).

После измерения объема вытесненной воды вынимали корзину с пробой и после стекания воды взвешивали.

Кажущуюся пористость в процентах вычисляли по формуле:

$$П = \frac{m_1 - m}{d \cdot V} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $m$  – масса сухой пробы кокса, г;

$m_1$  – масса кусков кокса, пропитанных водой (в воздухе), г;

$d$  – плотность воды, условно принимаемая равной единице, г/см<sup>3</sup>;

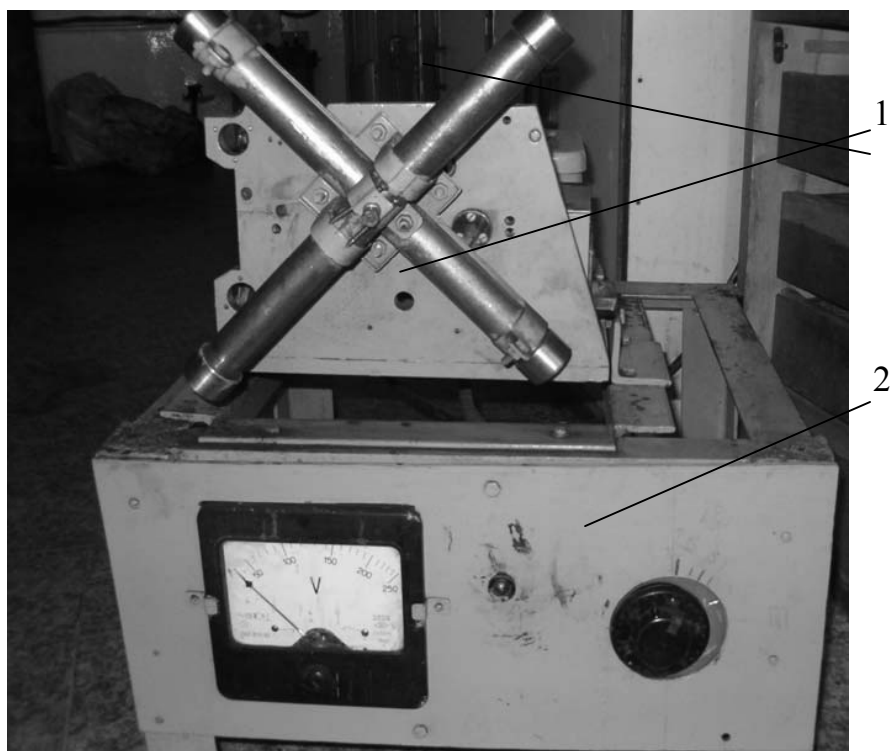
$V$  – объем пробы кокса, равный объему вытесненной воды, см<sup>3</sup>, вычисленный по формуле:

$$V = V_2 - V_1 \quad (2)$$

где  $V_1$  – объем воды, вытесненный пустой корзиной, см<sup>3</sup>;

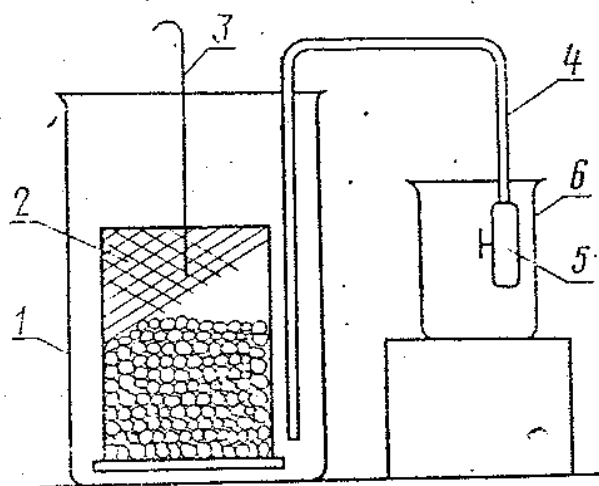
$V_2$  – объем воды, вытесненный корзиной с навеской кокса, см<sup>3</sup>. /6/

Данные структурной прочности и кажущейся пористости опытных образцов приводятся в таблице 1.



1 – цилиндры; 2 – регулятор напряжения

Рисунок 1 – Установка для определения структурной прочности



1 – мерный сосуд; 2 – корзина; 3 – проволока; 4 – сифонная трубка;  
5 – резиновый шланг с зажимом; 6 – вспомогательный сосуд

Рисунок 2 – Установка для определения кажущейся пористости

Таблица 1 – Результаты исследований образцов спецкокса из шубаркольского угля марки «Д»

Вид коксования	Скорость нагрева, °С/мин	Температура нагрева, °С	Структурная прочность, %	Пористость, %
термоокислительное	12,60	850÷900	67	37,20
классическое	2,20	950÷1000	68,8	23,38



Как видно из таблицы, с увеличением скорости нагрева увеличивается пористость, а структурная прочность уменьшается. При медленной скорости нагрева образуется бо-

лее прочный кокс. Кокс, полученный при медленном коксовании, характеризуется пониженной пористостью, которая включает в себя в основном трещины (см. рисунок 3, 4).

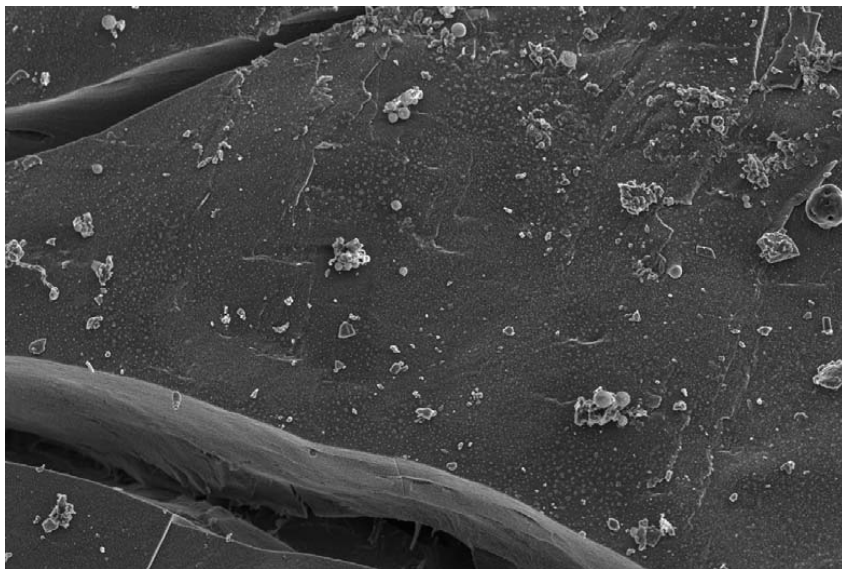


Рисунок 3 – Фото поверхности спецкокса, полученного классическим коксованием, 400<sup>x</sup>

При скорости нагрева более 10°C/мин получается структура кокса с мелкими и равноосными порами. При этом явно прослеживается однородность микроструктуры кокса, полученного при высокой скорости нагрева (см. рисунок 5). Развитие пористости связано с газопроницаемостью и вспучиваемостью пластической массы угля, зависящей

от вязкости угля в пластическом состоянии и количества газов, выделяющихся в этот период. Также с повышением скорости коксования давление распираания увеличивается, так как возрастает скорость выделения летучих веществ. Причем, величина пористости увеличивается, но размеры самих пор уменьшаются.

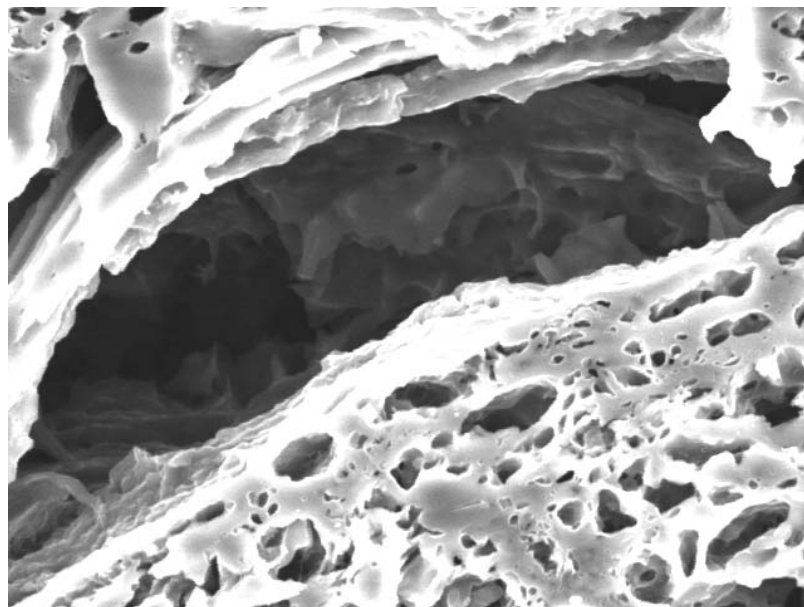


Рисунок 4 – Фрактография излома спецкокса, полученного классическим коксованием, 400<sup>x</sup>

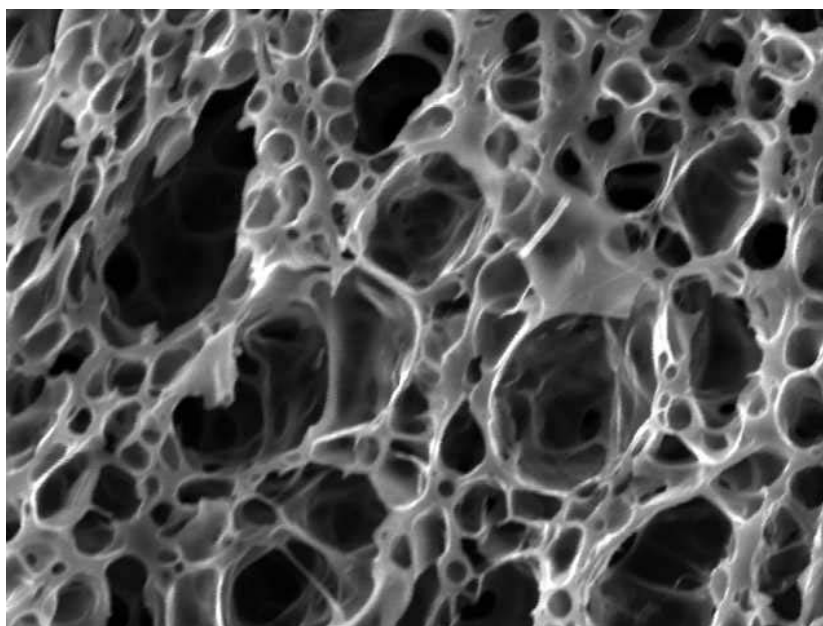


Рисунок 5 – Фрактография излома спецкокса, полученного термоокислительным коксованием, 400<sup>x</sup>

Как видно из рисунка 5, все тело кокса пронизано порами разных размеров – от крупных, которые можно увидеть невооруженным глазом, до субмикропор. Наблюдаемая структура коксов включает поры разных размеров и сложных форм, разделенных разнообразными по геометрии межпоровыми стенками. Видно, что при быстрой скорости нагрева образуются в основном сообщающиеся поры, которые представляют собой особо эффективное пространство, где протекают физико-химические процессы восстановления.

К тому же, как видно из таблицы 1, структурная прочность зависит и от температуры нагрева: с повышением температуры коксования структурная прочность тела кокса увеличивается. Это связано с тем, что при повышении температуры нагрева происходит упорядочение структуры и уплотнение вещества кокса.

### ***Выводы***

В данной статье была прослежена зависимость структурной прочности кокса от

пористости, скорости и температуры коксования.

Таким образом, при получении кокса специального назначения необходимо учитывать особенности влияния скорости коксования в различные температурные интервалы нагрева на процесс коксования. Изменение скорости нагревания отражается на структуре кокса, поскольку при этом меняется механизм деструкции угольного вещества.

Ведь известно, что кокс, имеющий большее число и меньшие размеры пор (что указывает на сильно развитую пористую систему), будет иметь большее число контактов и большее удельное сопротивление. Поэтому для улучшения восстановительных свойств коксов, используемых в электротермии, необходимо уменьшение размеров межпорового пространства, уменьшение морфологической неоднородности пористой системы.

Авторы данной статьи видят проблему в том, что конкретных ГОСТ-ов, регламентирующих методику и другую подобную нормативную документацию, для спецкоксов не существует: анализ параметров спецкоксов проводился по заимствованным методикам для доменного кокса.

### *Список литературы*

1. Макаров Г.Н., Филоненко Ю.Я. Специальные виды кокса – М.: Metallurgy, 1977. – 168 с.
  2. Ю.А. Золотухин, Г.И. Сулимов – Кокс и химия, 1991, №5, с. 4÷7.
  3. Макаров Г.Н., Харлампович Г.Д. Химическая технология твердых горючих ископаемых – М.: Химия, 1986. – 496 с.
  4. Фиалков А.С. Формирование структуры свойств углеграфитовых материалов – М.: Metallurgy, 1965. – 149 с.
  5. Ю.А. Нефедов, Ф.Л. Шапиро, И.Б. Соколовский, Г.Н. Макаров, О.Ф. Букарева – Кокс и химия, 1987, №7, с. 28÷30.
  6. Отчет о научно-исследовательской работе по договору 11/4/169 от 20.03.06 г. по теме «Отработка технологического регламента производства кокса в напольных печах и его внедрение в условиях Аксуского завода ферросплавов – филиала «ГНК КАЗХРОМ» (руководитель д.т.н. Ким В.А.), г. Караганда, 2007. – 115 с.
-

УДК 621.365

## СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЗАХСТАНЕ

**Абдрахманов Еркеш Абдрахманович** – канд. техн. наук, доцент, проректор Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*1) Отқатөзімді материалдарды балқытуға арналған РКЗ-4-0-И1 руднотермиялық пешінің, РКЗ-4-0-И1М и ОКБ-2126АМ қайта құрылған пештерінің параметрлері мен жұмыс режимдерін оптимизациялау; 2) руднотермиялық пештердің көрсеткіштерін және балқытыған отқатөзімді материалдардың сапасын көтеруге мүмкіндік берген отқатөзімді материалдарды электродогалық балқыту үрдісіне электромагниттік әсер ету нәтижелері келтірілген. Отқатөзімділер электр технологиясындағы мәселелер анықталып, оларды шешу жолдары белгіленген.*

*Представлены результаты: 1) оптимизации параметров и режимов работы руднотермической печи РКЗ-4-0-И1, реконструированных печей РКЗ-4-0-И1М и ОКБ-2126АМ для плавки огнеупорных материалов; 2) применения электромагнитного воздействия на процесс электродуговой плавки огнеупорных материалов, позволившие улучшить технологические показатели руднотермических печей и качество плавящихся огнеупорных материалов. Выявлены имеющиеся в электродуговой технологии проблемы огнеупорных материалов и намечены пути их решения.*

*Results are given: 1) optimization of parameters and regimes РКЗ-4-0-И1 electric arc furnace, РКЗ-4-0-И1М and ОКБ-2126АМ reconstruct electric arcs furnaces melting of refractory materials; 2) application of electromagnetic influence on process electric arc melting allowing to improve technological indexes of electric arc furnaces and quality of melting refractory materials. The problems taking place in electric arc technology of refractory materials and methods of their solution were defined.*

В Казахстане с 1980 г. действует единственный в республике завод по выпуску алюмосиликатных огнеупоров на основе плавящихся материалов ТОО «Казогнеупор» (до 1997 г. АО «Казогнеупор», 1980-1996 гг. завод «Казогнеупор»), на котором установлены три руднотермические печи РКЗ-4-0-И1 мощностью 4 МВА, одна – мощностью 8 МВА и одна печь типа ОКБ-2126 – мощностью 2,8 МВА.

На этом предприятии в 1980-1990 гг. освоена технология производства электроплавящихся корундовых, муллитовых, муллитокорундовых огнеупоров на печах РКЗ-4-0-И1. В течение ряда лет (1982-1997 гг.) в процессе освоения технологии и оборудования с участием Алматинского энергетическо-

го института проводились работы с целью снижения удельного расхода электроэнергии, повышения производительности печей и улучшения качества электроплавящихся материалов /1-6/.

В результате ряда изменений в конструкции печей, системе охлаждения, диаметра распада электродов, подбора рациональных электрических режимов, увеличения емкости изложниц до 5 т, за время эксплуатации печей РКЗ-4 была достигнута максимальная производительность до 70 т/сутки. Дальнейшее повышение производительности печи ограничивалось номинальной мощностью трансформатора, который не позволял ввести в печь мощность более 4,0 МВА.

При капитальном ремонте печи одной из печей РКЗ-4 с целью значительного улучшения технико-экономических показателей был установлен трансформатор повышенной мощности ЭТЦПК-12500/10 мощностью 8 000 кВА. При замене кожуха печи диаметр его был увеличен с 4,5 до

5,0 м. Смотровое окно было перемещено в противоположную стойкам электрододержателей сторону корпуса печи. В результате интенсификации процесса плавки достигнута производительность печи 90 т/сутки при удельном расходе электроэнергии 1230 кВт ч/т (см. таблицу 1,2).

Таблица 1 - Характеристики реконструированных руднотермических печей для плавки огнеупорных материалов

Параметры	Тип печи			
	ОКБ-2126А	ОКБ-2126А* (ДСП-1,5М)	РКЗ-4-0-И1	РКЗ-4-0-И1*
Установленная мощность, кВА	2000	4000	4000	8000
Тип трансформатора	ЭТМПК 3200/10	ЭТМПК 6300/10	ЭТМПК 6300/10	ЭТМПК 12500/10
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	116-243	118-281	118-281	120-318
Максимальный ток на электродах, А	4800	6300	8220	11000
Диаметр распада электродов, мм	850	900	1200	1250
Диаметр электродов, мм				
Масса расплава по выпуску, т	250	250	300	300
Диаметр кожуха печи, мм	0,5- 0,6	2,5- 3,0	3,5-5,0	5,0-5,5
Расход воды на охлаждение печи, м3/ч	2400 15	2800 15	4500 100	5000 110

\* реконструированные печи

Таблица 2 - Результаты балансовых плавков корундовых огнеупоров на печи РКЗ-4-0-И1 с трансформатором повышенной мощности ЭТЦПК-12500/10

Электрические показатели	Напряжение, В	234	270	318
	Ток, кА	10/13	10/13	10/13
1. Расход эл. энергии, W, кВт.ч		66000/52200	49920/64320	61560/66600
2. Время плавки, t, ч		15,55/11,55	11,32/12,30	12,40/11,07
3. Кол-во сливов, n		9/8	8/10	10/10
4. Средний расход эл. энергии на 1 плавку, кВт.ч		7333/6525	6240/6432	6156/6660
5. Среднее время одной плавки, t <sub>ср</sub> , ч (ч, мин)		1,72/1,44 1,44/1,25	1,42/1,21 1,25/1,13	1,22/1,16 1,13/1,10
6. Средняя мощность на 1 плавку, P <sub>ср</sub> , кВт		4244/4519	4394/5270	4965/5756
7. Выход продукции, M, т		4540	4050	5050
8. Расход электродов, m, кг		-/16,53	/19,28	13,64/14,0
9. Производительность, G, т/сут		7080	8090	9095
10. Уд. расход эл. энергии, W <sub>уд</sub> , кВт.ч/т		1465/1305	1248/1278	1231/1274
11. Уд. расход электродов, m <sub>уд</sub> , кг/т		4,0/3,3	-/3,9	2,7/2,3

\* Данные из журнала плавков



С использованием полученной в результате экспериментов информации об изменениях уровней высших гармоник токов и напряжений в процессе плавки была разработана микропроцессорная система автоматического контроля стадий плавления огнеупорных материалов на печи РКЗ-4-0-И1 (см. рисунок 1) /7/.

В процессе работы печи РКЗ-4-0-И1 аналоговый сигнал с датчиков тока и напряжения преобразуются в цифровой код и поступают в микропроцессорный блок для обработки с

помощью специальной программы. При достижении высшими гармониками токов и напряжений, характерных для каждой стадий плавления огнеупорных материалов, системой выдается звуковой и визуальный сигнал об этой стадии (начало плавки, режим плавки, окончание плавки). На основе выданных сигналов осуществляются необходимые технологические операции: загрузка шихты, подготовка ванны, корректировка режима и др., слив расплава.

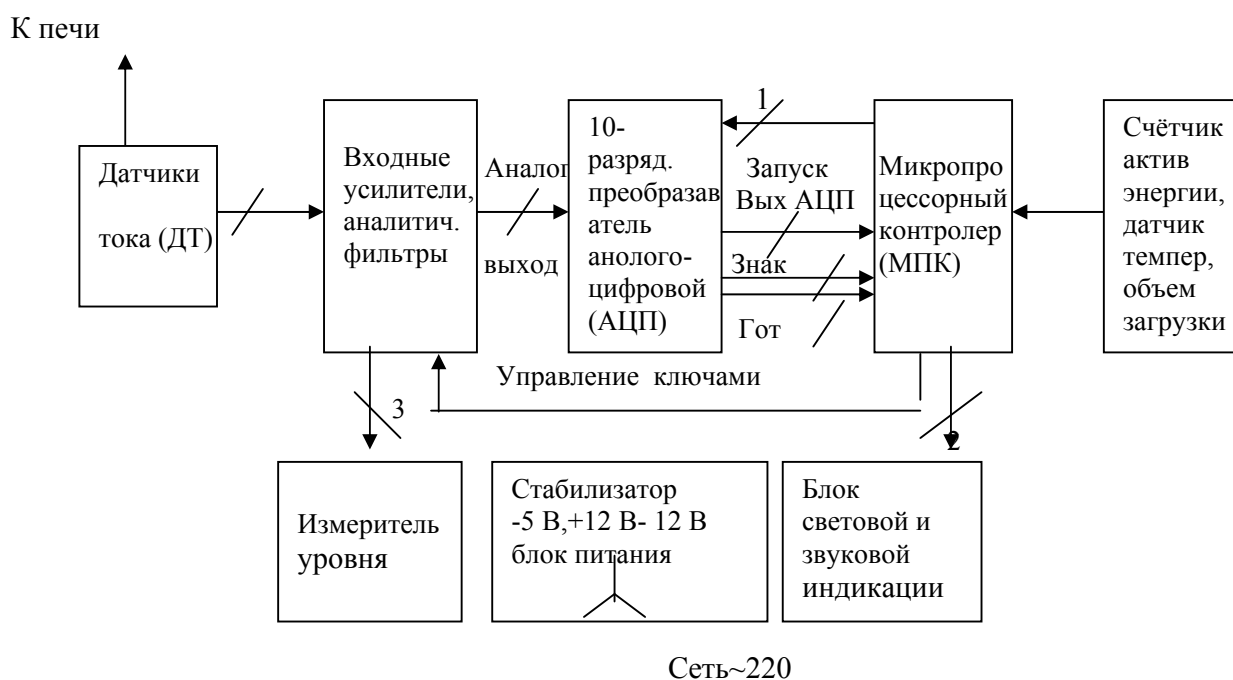


Рисунок 1 - Система автоматического контроля стадий плавления

Как показал опыт эксплуатации, свойственная руднотермическим печам для плавки огнеупорных материалов резко выраженный нестационарный режим работы с большими колебаниями токов и напряжений, неравномерность распределения мощности по фазам (перекос фаз, наличие «дикий» и «мертвой» фаз) обуславливают неравномерность плавления шихты по времени и в разных электродных зонах. Указанные недостатки руднотермических печей усугубляются высокой температурой плавления огнеупорных материалов, низкой теплопроводностью и высокой вязкостью их расплавов. Гомогенизация расплава идет практически только путем термогравитационной конвекции, мало интенсивно. В результате

возникают «холодные» зоны и непроплавы шихты по различным зонам ванны печи, что приводит к появлению химической и физической неоднородности расплава, затягиванию периода расплавления, повышенному расходу электроэнергии.

Проведенные в Алматинском институте энергетики и связи исследования показали, что наиболее перспективным способом интенсификации процесса плавки огнеупорных материалов и улучшения гомогенности расплава является электромагнитное перемешивание.

Основы применения электромагнитного воздействия на процессы плавки и кристаллизации огнеупорных материалов заложены Болотовым А.В. и Норкиным Б.Ф., которые



провели лабораторные плавки бакоровых огнеупорных материалов с электромагнитным перемешиванием /8/.

Электромагнитное перемешивание использовано и при получении электроплавных материалов высшей огнеупорности /9/. Технология опробована в опытно-промышленных условиях завода Актюбинский завод ферросплавов при выпуске периклазошпинелидных огнеупорных материалов. При этом достигнуто увеличение выхода продукции и снижение затрат электроэнергии. Полученные материалы характеризуются однородной мелкозернистой структурой, обеспечивающей высокие технологические свойства изделий.

В результате проведенных автором в течение ряда лет экспериментальных исследований влияния электромагнитного поля на процесс электродуговой плавки установлены условия привязки к печи, конструктивные и электрические параметры, режимы воздействия, достигнуты успехи в повышении производительности плавильных агрегатов до (27-29)%, снижении удельного расхода электроэнергии до (23-25)%, повышении физической, химической и фазовой однородности, а также физико-технических свойств форстеритовых /10-12/, форстеритохромитовых /13/ и корундовых огнеупорных материалов /14/.

Однако, несмотря на достигнутые успехи в интенсификации процесса плавки и улучшении структуры и свойств огнеупорных материалов и изделий путем электромагнитного воздействия (ЭМВ), автоматизации управления процессом в электродуговой технологии с ЭМВ как в научном, так и в практическом аспектах имеются ряд проблем:

1. Развитие теоретической, экспериментальной и методической базы исследования и применения ЭМВ в процессах электродуговой плавки и формирования структуры оксидных огнеупорных материалов.

2. Повышение эффективности процесса электромагнитного воздействия: повышение производительности, снижение энергозатрат и улучшение однородности расплава.

3. Устранение возникающих в процессе кристаллизации дефектов в плавнелитых изделиях: зональности макро- и микроструктуры; химической и фазовой неоднородности.

4. Усовершенствование системы контроля и управления процессом электродуговой плавки оксидных огнеупорных материалов.

5. Реализация в промышленных условиях процессов электродуговой плавки и кристаллизации отливок оксидных огнеупорных материалов с ЭМВ.

Вышеперечисленные проблемы решаются следующим образом:

1. Создание и реализация математических и физических моделей, методик исследования магнитогидродинамических явлений в расплавах, как в процессе плавки оксидных огнеупорных материалов, так и при кристаллизации в электромагнитных полях.

2. Повышение эффективности процессов выплавки и формирования структуры и свойств огнеупорных изделий за счет оптимизации параметров и режимов электромагнитного воздействия.

3. Разработка и реализация системы микропроцессорного автоматического управления процессом электродуговой плавки оксидных огнеупорных материалов с ЭМВ с учетом теплового состояния футеровки печи, объема загружаемой шихты, расхода электроэнергии, времени плавки и др.

4. Опытно-промышленная реализация процессов электродуговой плавки и кристаллизации расплавов огнеупорных материалов с ЭМВ в условиях специализированных предприятий: ТОО «Казогнеупор» и АО «Подольскогнеупор».

### *Список литературы*

1. Соколов А.Н., Ашимов У.Б., Болотов А.В. и др. Плавные огнеупорные оксиды.-М.: Metallurgia, 1988. -232 с.
2. Ашимов У.Б., Абдрахманов Е.А. Исследование электрических и технологических режимов работы печи РКЗ-4-0-И1 /Тезисы докладов международной научной конференции «Проблемы энерге-

- тики Казахстана» -Павлодар. 4-8 июля. - 1994. -с.69.
3. Абдрахманов Е.А. Руднотермическая печь для плавки оксидных огнеупоров типа РКЗ-4 повышенной мощности / Труды международной научной конференции «Научно-технический прогресс – основа развития рыночной экономики» -1997 г. –Караганда. – с.361-364.
  4. Абдрахманов Е.А., Калымбетов Г.П. Исследование причин коррозии и защита кожуха руднотермической печи РКЗ-4-0-И1 /Труды 3-й международной научно-технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» -Алматы: АИЭС. -2002 г. – с.150-154
  5. Абдрахманов Е.А. Особенности генерации высших гармоник токов и напряжений трехфазными электродуговыми печами для плавки огнеупорных материалов /Материалы научно-практич. конф. «Соврем. состоян. и перспективы развития энергетики Казахстана». 15-16 июня 2001г. –Екибастуз - с.52-55
  6. Абдрахманов Е.А., Калымбетов Г.П. Работа руднотермической печи типа ОКБ-2126А с трансформатором повышенной мощности / Труды международной научно-практической конференции «Ауезовские чтения – 4» и третьей научной конференции вузов южного региона. – Шымкент, 2004 г. - с.18-20
  7. Ашимов У.Б., Абдрахманов Е.А., Мананова Г.Д. Система управления руднотермической печью с электромагнитным перемешивающим устройством /Сб. научных трудов по материалам второй международной научно-технической конференц. «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». - ч.4. «Электротехнология и возобновляемые источники энергии».- Алматы, 2000 г. – с.167-169.
  8. Болотов А.В., Норкин Б.Ф. Технология электроплавляемых огнеупоров. –Алма-Ата, Наука КазССР, 1984.-с.55-58.
  9. Братчиков И.Н. Гомогенизация и формирование структуры шпинелиднопериклазовых огнеупоров в электромагнитных полях. Дисс. На соискание канд. техн. наук. –Алма-Ата. 1983. – 138 с.
  10. Ashimov U.B., Abdrakhmanov E.A. Investigation of the fluence of the electromagnetic field of the melts of refractory materials in electric arc furnaces Proc.of Int.Conf. on plasma science and technology. Science Press. –Beijing. China. June 4-7.–1986-pp.63-68
  11. Абдрахманов Е.А. Интенсификация процесса электродуговой плавки форстеритовых огнеупорных материалов в электромагнитном поле. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук – Москва. 1992, с.167.
  12. Ашимов У.Б., Абдрахманов Е.А. Электродуговая плавка оксидных огнеупоров в электромагнитном поле / Сб. научных трудов по материалам 1 международной научно-технической конференц. «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях».-ч.4. «Электротехнология и возобновляемые источники энергии». -Алматы. -1998 г. – С.147-149.
  13. Abdrakhmanov E.A. Formation of plasmamelted oxide refractory composition structure and properties under electromagnetic effect V International conference “Plasma physics and plasma technology”. Contributed papers. Volume II. -Minsk, Belarus, September 18-22, 2006.-p.903-906.
  14. Абдрахманов Е.А. Формирование структуры плавнелитых корундовых огнеупорных изделий в электромагнитном поле ж. «Огнеупоры и техническая керамика. 2004.-№3. -С.19-22
-

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АКТИВНОГО РОЛИКА ЛИНИИ НЕПРЕРЫВНОГО ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ

**Брейдо Иосиф Вульфович** – докт. техн.наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов Карагандинского государственного технического университета, г. Караганда

**Ющенко Олеся Александровна** – преподаватель кафедры электропривода и автоматизации технологических систем Карагандинского государственного индустриального университета, г. Темиртау

*Бапта үздіксіз ыстық мырыштауды сызықтың белсенді ролигінің электр қозғағышын автоматты реттеуді жүйенің имитациялық үлгісінің өңдеуін ерекшеліктерді қаралады. Имитациялық пішіндеудің нәтижелерін тура келеді.*

*В статье рассматриваются особенности разработки имитационной модели системы автоматического регулирования электропривода активного ролика линии непрерывного горячего цинкования. Приводятся результаты имитационного моделирования.*

*The features of development of simulation model of the system of automatic control of electromechanic of active roller of line of the continuous hot zinc-plating are examined in the article. Results over of imitation design are brought.*

Ведение технологического процесса на линии непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) связано с необходимостью поддержания постоянства натяжения на участках линии.

Во время сварки концов полосы при замене рулона металлической полосы, головная часть останавливается, средняя технологическая часть агрегата продолжает движение на рабочей скорости, за счет выбора полосы из вертикального петлевого устройства. При этом возникают динамические процессы, приводящие к возникновению продольных колебаний в обрабатываемой полосе. В результате, в обрабатываемой полосе возникают так называемые «складки» во время обработки в печи (ТХО) под действием высокой температуры, что ведет к браку.

На ЛНГЦ были проведены эксперименты по определению динамических свойств обрабатываемой полосы металла /1/.

Точность поддержания натяжения во всех режимах работы позволяет обеспечить

качество обработки полосы в печи термомеханической обработки ТХО.

Для стабилизации натяжения полосы в печи во время остановки головной части линии предлагается установка ролика перед печью ТХО, работающего в моментном режиме. В качестве такого ролика будет использоваться нижний ролик тянущей станции №2 (активный ролик). Во время движения каретки петлевого устройства ролик будет совершать поступательное движение против хода полосы, тем самым создавая в полосе дополнительное натяжение. В качестве момента статического сопротивления к валу двигателя этого ролика будет прикладываться величина рассогласования фактического и заданного натяжений.

В качестве приводного двигателя активного ролика применен асинхронный двигатель с частотным управлением.

Приближенный расчет переходных процессов в асинхронном двигателе возможен по упрощенной модели /2/, описываемой системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{U_s}{R_i} &= \frac{L'_s}{R_i} \frac{dI_s}{dt} + I_s + \frac{1}{R_s} E; \\ J \frac{d\omega}{dt} &= M - M_c; \\ M &= C_m \psi i_s; \\ E &= C_e p; \\ R_i &= R_s + k_r R_r; \\ \psi &= const \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $U_s$  - напряжение статора, В;

$I_s$  - ток статора, А;

$R_i$  - эквивалентное сопротивление статора, Ом;

$R_s$  - сопротивление обмотки статора, Ом;

$R_r$  - сопротивление обмотки ротора, Ом;

$k_r$  - коэффициент магнитной связи ротора;

$J$  - момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega$  - угловая скорость электродвигателя, рад/с;

$d/dt$  - оператор дифференцирования;

$C_e$  - электрическая конструктивная постоянная двигателя, В·с/(Вб·рад);

$\psi$  - основное потокосцепление, Вб;

$L'_s$  - переходная индуктивность статора, Гн;

$p$  - число пар полюсов двигателя.

САР активного ролика работает в режиме регулятора тока [3]. САР одноконтурная и может быть представлена структурной схемой, изображенной на рисунке 1. Здесь использованы следующие обозначения:

$I_3$  - ток задания;

$i$  - ток статора двигателя;

$W_{PT}$  - ПИ-регулятор тока статора;

$K_{ДТ}$  - коэффициент датчика тока статора;

$K_{ЧП}$  - коэффициент тиристорного преобразователя;

$u$  - напряжение обмотки статора двигателя;

$n$  - частота вращения двигателя активного ролика, об/мин;

$N$  - импульс силы активного ролика, кг·м/с;

$F_p$  - сила, действующая на полосу при движении активного ролика;

$K_{ПР}$  - коэффициент приведения;

$F_3$  - заданное натяжение;

$F$  - фактическое натяжение;

$M_{ДВ1}$ ,  $M_{ДВ2}$  - моменты, развиваемые верхним и нижним двигателем тянущей станции №2 соответственно;

$M_{с1}$ ,  $M_{с2}$  - моменты статического сопротивления, прикладываемые к валу верхнего и нижнего двигателей тянущей станции №2 соответственно;

$\varepsilon$  - относительное удлинение полосы между роликами тянущей станции №2;

$M_3$  - момент передаваемый полосой нижнему ролику участка обработки печи ТХО при движении активного ролика.

По полученной структурной схеме в пакете Simulink системы MATLAB 7 была построена имитационная модель САР активного ролика. Имитационная модель САР активного ролика приведена на рисунке 2.

Входными величинами в модели являются: задание на ток двигателя активного ролика, сформированное элементом Step1; частоты вращения двигателей верхнего и нижнего роликов тянущей станции №2; момент статического сопротивления, прикладываемый к валу двигателя активного ролика, сформированный разностью сигналов фактического  $F$  и заданного  $F_{r1}$  натяжений. Выходными величинами являются моменты сопротивления верхнего и нижнего роликов тянущей станции №2.

Выходными величинами являются моменты сопротивления верхнего и нижнего роликов тянущей станции №2.

Осциллограммы усилий натяжения в полосе печи ТХО до введения действия активного ролика и после него представлены на рисунках 3,4.

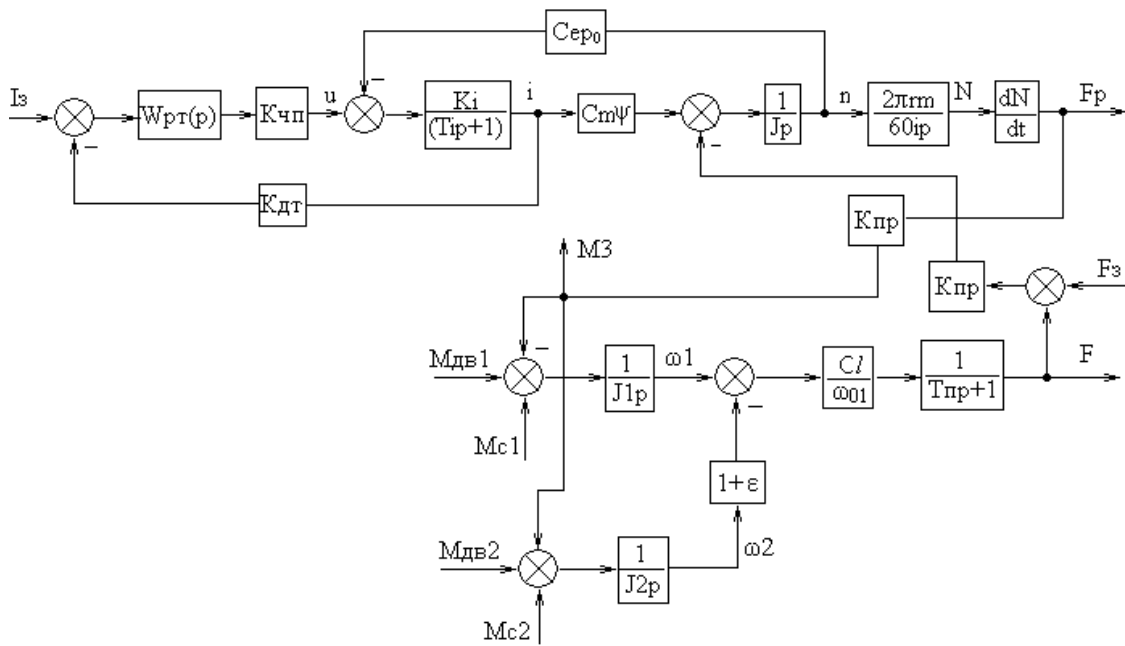


Рисунок 1 – Структурная схема САУ активного ролика

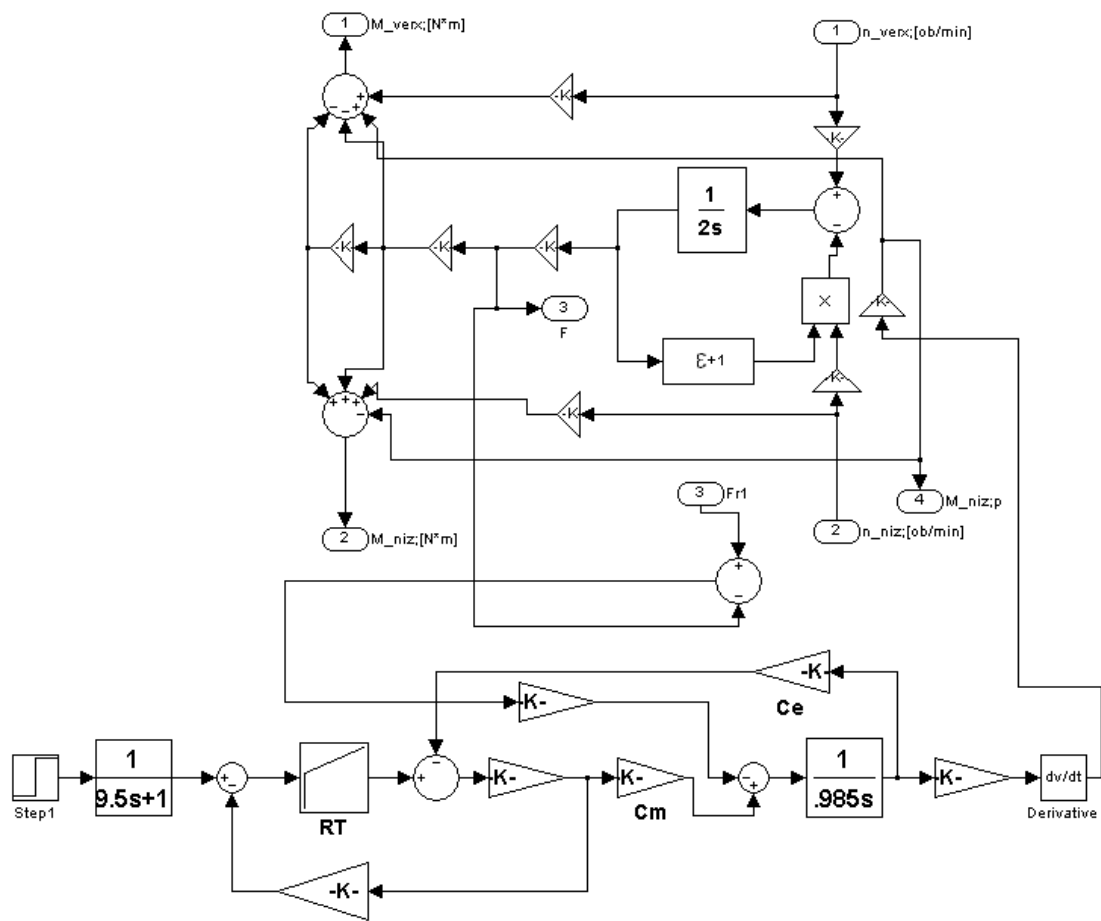


Рисунок 2 – Имитационная модель САУ активного ролика

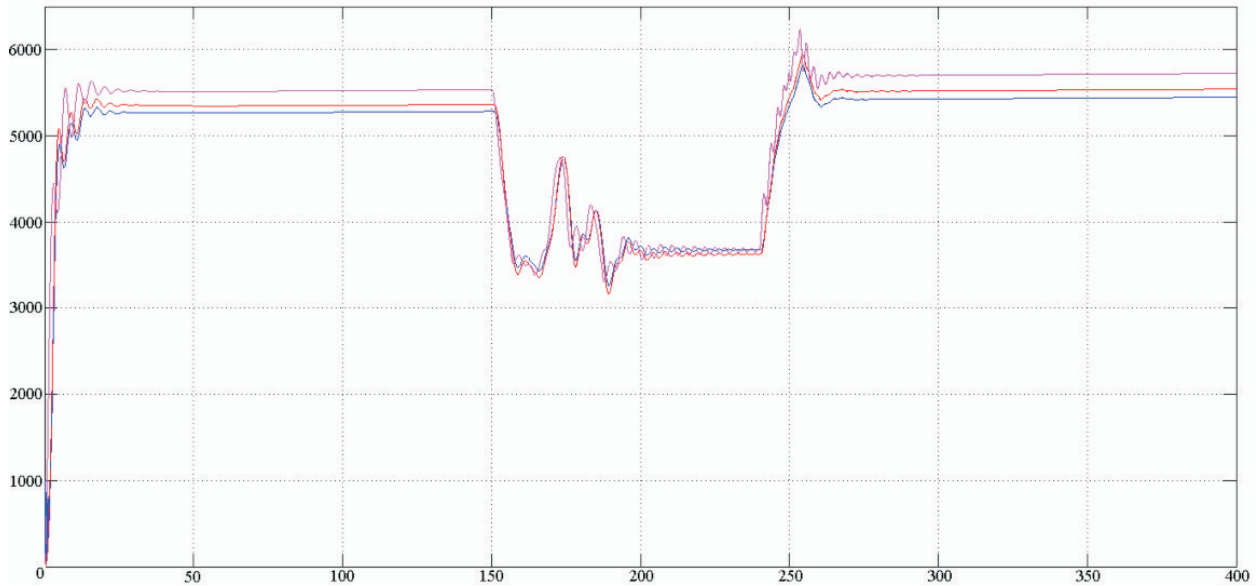


Рисунок 3 – Осциллограммы усилий натяжения в полосе до введения действия активного ролика

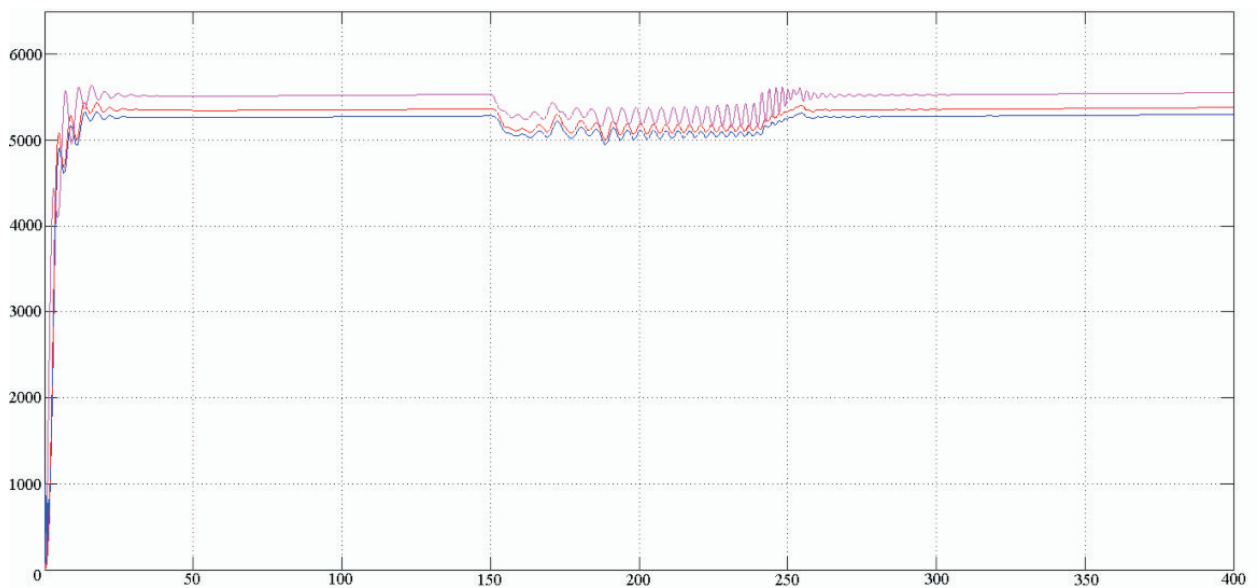


Рисунок 4 – Осциллограммы усилий натяжения в полосе после введения действия активного ролика

На осциллограммах рисунков сверху вниз соответственно расположены сигналы усилий натяжения в тянущей станции №2, на участке обработки полосы в печи ТХО и на участке печи с натяжными роликами.

Анализ осциллограмм показывает, что после введения действия активного ролика амплитуда колебаний усилий натяжения снизилась на 85%. Амплитуда низкочастотной составляющей колебаний усилий натяжения

в полосе составляет 0,3 кН, что является нормой. Наблюдается увеличение высокочастотной составляющей колебаний в конце процесса «выбора» полосы из петлевого устройства на 45%. Это связано с увеличением натяжения полосы в петлевом устройстве в связи с уменьшением ее длины. Так как высокочастотная составляющая не участвует в процессе складкообразования в полосе, то изменением ее амплитуды пренебрегаем.



Таким образом, САР, выполненная на основании представленного математического описания, обеспечивает демпфирование колебаний в металлической полосе.

### ***Список литературы***

1. Ющенко О.А. Экспериментальные исследования натяжения в электромеханической системе печи термохимической обработки //Труды университета, вып. №4. - Караганда: изд-во КарГТУ, 2008. - С.77-79.
  2. Алексеев В.В., Козярук А.Е., Загривный Э.А. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: Учеб. пособие. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2006. – 58 с.
  3. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992. – 288 с.
-

## ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАТИМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДАХ

**Гельман Морис Владимирович** – канд. техн. наук, профессор Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск

**Дудкин Максим Михайлович** – канд. техн. наук, доцент Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск

**Хусаинов Рустам Зайнагединович** – канд. техн. наук, доцент Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск

*Мақалада сынақ стенділері үшін жүктеме-қоректендіру құрылғыларында кернеуді қайтымды түрлендіргішті (ҚҚТ) қолдану қарастырылады. ҚҚТ жүйедегі энергетикалық көрсеткіштерді жоғарылатуға, сондай-ақ электр техникалық құрылғыларды сынақтан өткізгенде, электр энергиясының айнымалы ток есебінен оны үнемдеуге мүмкіндік береді.*

*В статье рассматривается применение обратимых преобразователей напряжения (ОПН) в нагрузочно-питающих устройствах (НПУ) для испытательных стендов. ОПН позволяют повысить энергетические показатели в системе, а также сэкономить электроэнергию за счет ее возврата в сеть переменного тока при испытании электротехнического оборудования.*

*In article the application of voltage reversible transducer (VRT) in load-feeding devices (LFD) for testing stand is considered. VRT allow to raise power factors in a system, and also to save the electric power at the expense of its return in alternating-current circuit at a test of the electrotechnical equipment.*

Обратимые преобразователи напряжения (активные выпрямители) за последнее время получили широкое применение в практике силовой электроники. Это регулируемый электропривод постоянного и переменного тока большой мощности /1/, активные фильтры и компенсаторы реактивной мощности /2/, комбинированные системы электроснабжения /3/. Обратимые преобразователи напряжения (ОПН) позволяют не только обеспечить энергосбережение электроустановок за счет рекуперации энергии в сеть в режимах торможения, но делают возможным улучшить гармонический состав тока, потребляемого преобразователем из сети или возвращаемого в сеть, и получить желаемое значение коэффициента мощности. В данной статье будет рассмотрено только одно из применений ОПН в качестве

нагрузочно-питающего устройства (НПУ) для испытательных стендов.

На сегодняшний день в научно-технических лабораториях для испытания электрических машин, трансформаторов, автономных инверторов, тиристорных выпрямителей, преобразователей постоянного напряжения, источников вторичного электропитания, аккумуляторных батарей и других электротехнических устройств чаще всего применяются дискретно регулируемые активные, активно-индуктивные или активно-емкостные нагрузки. Такие нагрузки обладают рядом существенных недостатков:

– вся преобразованная энергия используется неэффективно, превращается в тепло и рассеивается в окружающую среду. Поэтому при больших мощностях исследуемых объектов габариты таких устройств резко возрастают;

– невозможно изменение направления потока мощности в системе, что не позволяет, например, исследовать силовые вентиляционные преобразователи в инверторном режиме, когда требуется подводить энергию к преобразователю со стороны нагрузки;

– трудность одновременной плавной регулировки тока и угла сдвига в фазах трехфазной нагрузки вследствие естественного разброса параметров пассивных элементов нагрузки.

В ряде случаев в качестве нагрузочных устройств используют транзисторные преобразователи /5/, содержащие источник электропитания, фильтры радиопомех на входе и выходе нагрузки, два преобразователя тока и ведомый сетью инвертор; между преобразователями устанавливают емкостной накопитель энергии.

Фильтры защищают сеть и источник электропитания от помех, генерируемых в узлах электронной нерассеивающей нагрузки. Первый преобразователь тока служит для формирования заданного выходного тока источника питания – входного тока нагрузки. Задача второго преобразователя – сформировать синусоидальный ток. Инвертор передает синусоидальный ток в сеть, обеспечивая совпадение фаз тока и напряжения в сети. Емкостной накопитель энергии компенсирует мгновенную разницу между постоянной во времени входной мощностью электронной нагрузки и мгновенной мощностью, передаваемой в сеть и изменяющейся с удвоенной частотой сети.

Недостатком такого нагрузочного устройства является невозможность изменения направления потока мощности в системе, сложное трехступенчатое преобразование энергии, а также возможность работы только на постоянном токе.

Поэтому на кафедре «Электропривода и автоматизации промышленных установок» возникла идея создания универсальной нерассеивающей электронной нагрузки (в дальнейшем нагрузочно-питающее устройство) /4/, позволяющей исследовать не толь-

ко все виды силовых вентиляционных преобразователей (ВП) в режимах выпрямления и инвертирования, но и других электротехнических устройств.

Функциональная схема однофазного нагрузочно-питающего устройства представлена на рисунке 1. В основе устройства лежит обратимый преобразователь напряжения /6/, представляющий собой однофазный транзисторный мост, шунтированный обратными диодами, с дросселем на входе  $L_{др2}$  и емкостным накопителем  $C_d$  на выходе. Для гальванической развязки ОПН от сети в схеме используется трансформатор напряжения  $TV$ .

ОПН обеспечивает двунаправленный поток мощности в системе с высокими энергетическими показателями такие, как  $\cos\varphi \approx 1$  и коэффициент мощности  $\chi \approx 1$ , что достигается за счет формирования синусоидального тока на входе, совпадающего по фазе или противофазного напряжению сети.

В однофазном нагрузочно-питающем устройстве используются два обратимых преобразователя напряжения: ОПН1 и ОПН2, соединенных между собой на стороне постоянного тока при помощи емкостного накопителя  $C_d$  (см. рисунок 1). ОПН2 подключается к напряжению сети через трансформатор  $TV$  и емкостной фильтр  $\Phi 2$ , обеспечивающий подавление высших гармоник в напряжении сети вследствие работы преобразователя в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ), а ОПН1 – к исследуемому объекту через Г-образный фильтр  $\Phi 1$ , выполняющий аналогичную функцию.

Система управления однофазным ОПН2 (см. рисунок 1) должна сформировать синусоидальную форму тока с заданным  $\cos\varphi$ . С этой целью в системе управления используется датчик напряжения ДН2, который формирует опорное напряжение синусоидальной формой  $U_{оп} \sin\omega t$ . В ячейке сдвига ЯС осуществляется фазовый сдвиг синусоидального сигнала на заданный угол  $\varphi_{зад}$ , что обеспечивает обеспечение требуемого  $\cos\varphi$  на входе преобразователя.

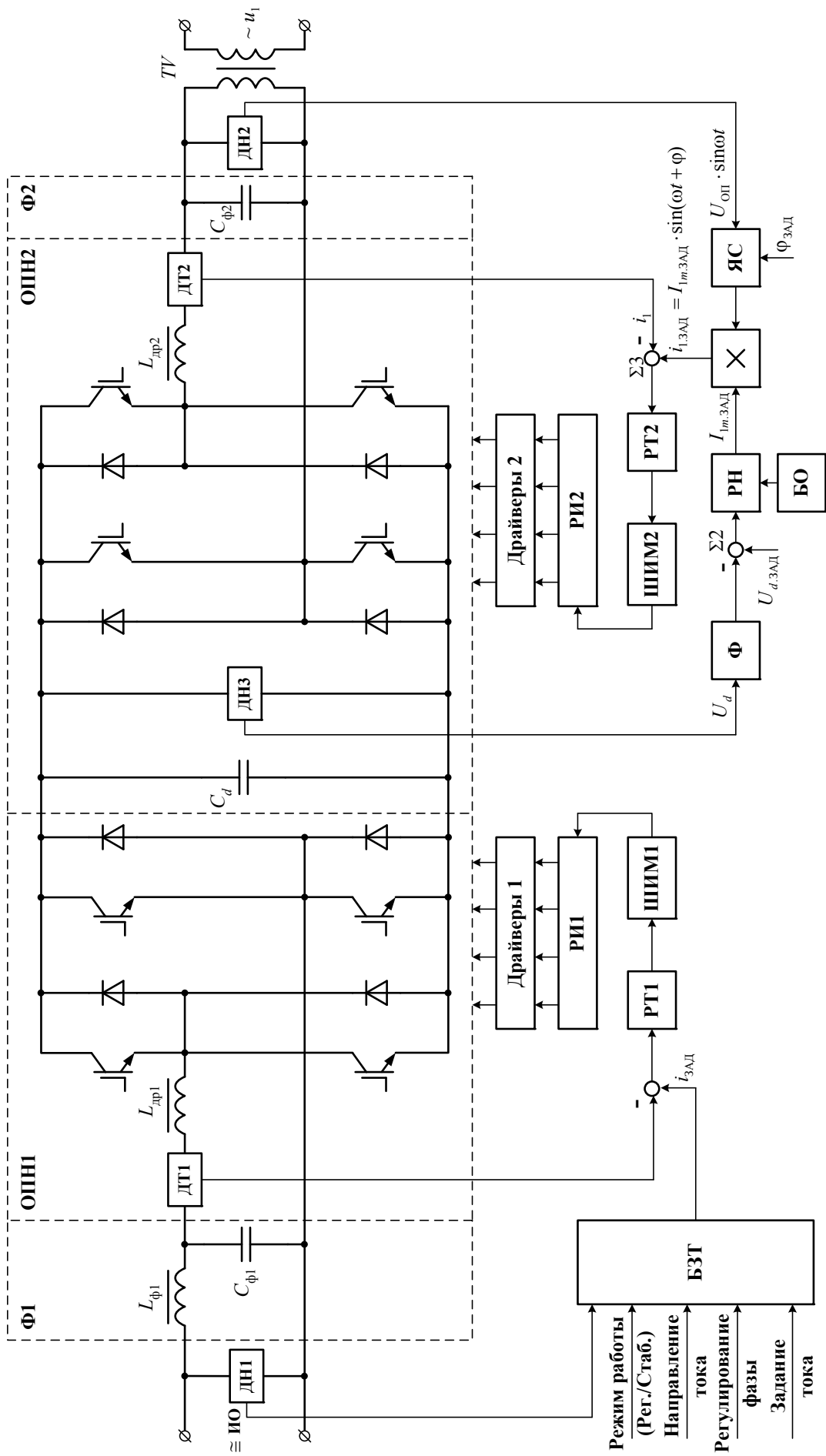


Рисунок 1 – Функциональная схема однофазного нагрузочно-питающего устройства

Для стабилизации выпрямленного напряжения  $U_d$  на конденсаторе  $C_d$  и расчета амплитуды заданного тока  $I_{1m.зад}$  в системе управления введен внешний контур напряжения, состоящий из датчика напряжения ДНЗ, сглаживающего фильтра  $\Phi$ , источника сигнала задания  $U_{d.зад}$  и ПИ-регулятора напряжения РН с блоком ограничения БО, ограничивающим амплитуду потребляемого тока  $I_{1m.зад}$ . В блоке перемножения формируется мгновенное значение заданного тока  $i_{1.зад} = I_{1m.зад} \sin(\omega t + \varphi)$ .

Формирование требуемого тока  $i_1$  обеспечивается внутренним контуром регулирования, состоящим из дросселя  $L_{др2}$ , датчика тока ДТ2 и ПИ-регулятора тока РТ2. Переключение силовых транзисторов осуществляется в режиме ШИМ по симметричному закону управления, когда поочередно в проводящее состояние переходят ключи, расположенные по диагоналям моста ОПН. Данную функцию в системе управления выполняют блок ШИМ2 и распределитель импульсов РИ2. Драйверы 2 в системе обеспечивают усиление и согласование управляющих импульсов РИ2 с силовыми ключами ОПН2.

Таким образом, второй ОПН обеспечивает потребление и возврат энергии в сеть с  $\cos\varphi \approx 1$ , а также стабилизацию постоянного напряжения на конденсаторе  $C_d$ .

Первый ОПН работает в режиме источника тока, имитируя требуемый ток в нагрузке исследуемого объекта (ИО). Так же, как и в ОПН2, внутренний контур тока состоит из дросселя  $L_{др1}$ , датчика тока ДТ1 и ПИ-регулятора тока РТ1. Для задания требуемых режимов работы в системе управления ОПН1 введен блок задания тока БЗТ (см. рисунок 1), выполняющий следующие основные функции:

- формирование постоянного или переменного тока нагрузки в функции напряжения исследуемого объекта – режим регулирования (Рег.);
- поддержание постоянного тока нагрузки – режим стабилизации (Стаб.);
- изменение направления потока мощности в системе – выбор направления тока;

- регулирование фазового сдвига между напряжением и током в нагрузке – имитация активно-индуктивной нагрузки на переменном токе.

Исследование однофазного НПУ было проведено в среде *MatLab+Simulink* на основе разработанной компьютерной модели. В качестве исследуемых объектов совместно с НПУ использовались силовые вентильные преобразователи. Результаты моделирования показали, что однофазное НПУ позволяет исследовать следующие основные виды ВП:

- трехфазный реверсивный тиристорный преобразователь /6/ в режимах выпрямления и инвертирования при активно-индуктивной и активно-индуктивной нагрузке с ПЭДС. Индуктивный характер нагрузки имитируется за счет индуктивности фильтра  $L_{\phi1}$ , ПЭДС – напряжением на конденсаторе фильтра  $C_{\phi1}$ , активный характер – системой управления ОПН1;

- реверсивный широтно-импульсный преобразователь /6/ в режимах выпрямления и инвертирования при активно-индуктивной и активно-индуктивной нагрузке с ПЭДС;

- однофазный автономный инвертор напряжения в режимах выпрямления и инвертирования при активно-индуктивной нагрузке. Индуктивный характер нагрузки имитируется за счет регулирования фазового сдвига между напряжением и желаемым током нагрузки.

На рисунке 2 приведены осциллограммы токов и напряжений в НПУ на стороне нагрузки и на стороне сети при исследовании трехфазного реверсивного тиристорного преобразователя (ТП), работающего в выпрямительном (а) и инверторном (б) режимах. В режиме выпрямления энергия, потребляемая ТП, за вычетом потерь в НПУ возвращается в сеть с высокими энергетическими показателями ( $\cos\varphi \approx 1$  и  $\chi \approx 1$ ). В режиме инвертирования НПУ, наоборот, питает ТП со стороны нагрузки. При этом НПУ переходит в выпрямительный режим, а трехфазный ТП – в инверторный.

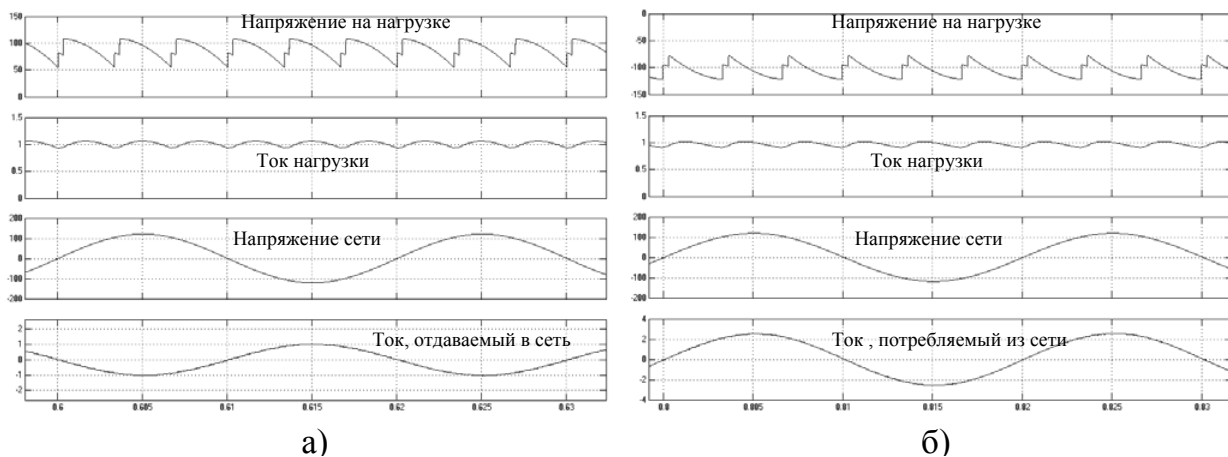


Рисунок 2 – Осциллограммы токов и напряжений в НПУ на стороне нагрузки и стороне сети при исследовании трехфазного реверсивного тиристорного преобразователя, работающего в выпрямительном (а) и инверторном (б) режимах

На рисунке 3 приведены осциллограммы токов и напряжений в НПУ на стороне нагрузки и на стороне сети при исследова-

нии реверсивного широтно-импульсного преобразователя (а) и однофазного автономного инвертора напряжения (б).

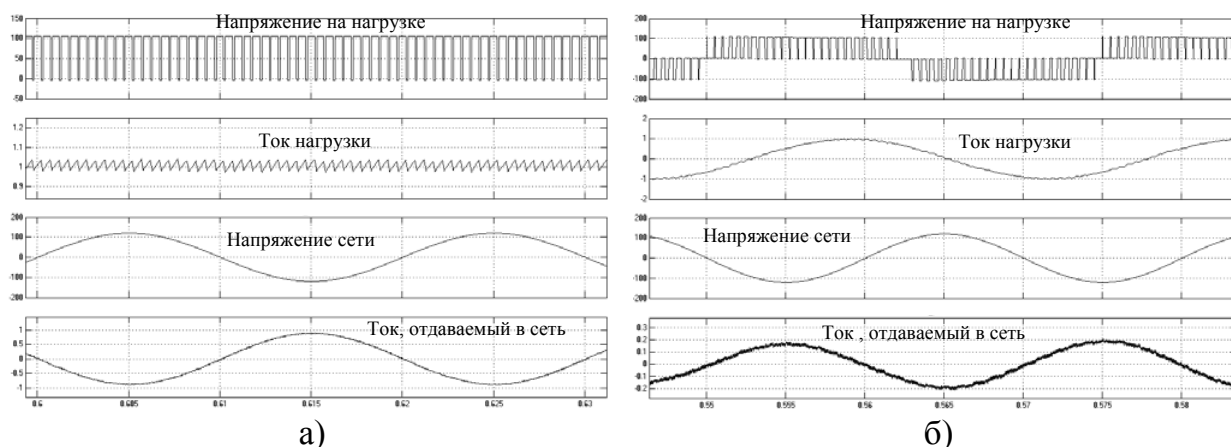


Рисунок 3 – Осциллограммы токов и напряжений в НПУ на стороне нагрузки и стороне сети при исследовании реверсивного широтно-импульсного преобразователя (а) и однофазного автономного инвертора напряжения (б)

По результатам исследований в ООО НПП «Учтех–Профи» был изготовлен опытный макет однофазного НПУ. Испытания подтвердили работоспособность разработанного устройства, который планируется использовать в автоматизированном лабораторном комплексе по физическим основам

и силовой электронике (см. рисунок 4). На стенде изучаются почти все элементы, применяемые в современных устройствах силовой электроники. Исследуются практически все классы современных преобразователей /6/. Особое внимание уделяется изучению и измерению энергетических показателей.



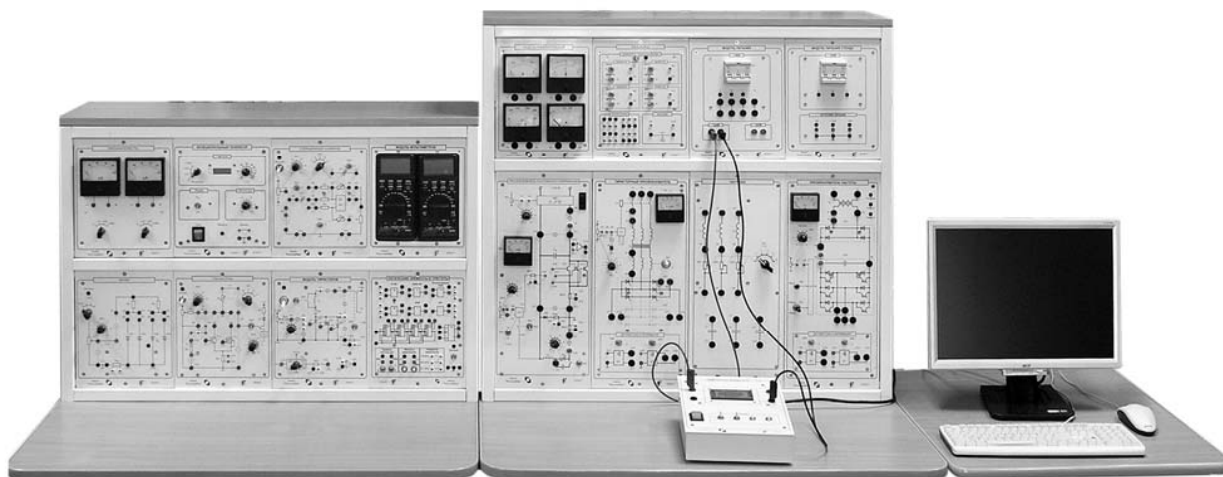


Рисунок 4 – Общий вид автоматизированного лабораторного комплекса по физическим основам и силовой электронике

Таким образом, на основании проведенных теоретических и практических исследований можно сделать следующие выводы.

1. НПУ является универсальной нагрузкой, позволяющей исследовать не только все виды силовых вентильных преобразователей в выпрямительном и инверторном режимах, но и в других электротехнических устройствах, например, в электрических машинах, трансформаторах, источниках питания и т.д. в режимах потребления и рекуперации энергии.

2. НПУ обеспечивает высокие энергетические показатели такие, как коэффициент мощности и  $\cos\phi \approx 1$ . При этом вся энергия за вычетом потерь в НПУ, в отличие от пассивных нагрузок, возвращается в сеть, что позволяет сэкономить большое количество электрической энергии при исследовании различных электротехнических устройств большой мощности.

### *Список литературы*

1. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока / А.А. Ефимов, Р.Т. Шрейнер; под ред. Р.Т. Шрейнера. – Новоуральск: НГТИ, 2001. – 250 с.
2. Akagi H. Active filters for power conditioning. The power electronics: Handbook / Ed. T.L. Scvorenina. USA: CRC Press, 2002.
3. Гельман М.В., Хохлов Ю.И., Преображенский К.А. Повышение энергетических показателей системы электроснабжения управляемых электроприводов переменного тока и прочих нагрузок постоянного и переменного тока // Труды международной тринадцатой научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока ЭППТ – 05». – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. – С. 223–226.
4. Пат. 2345376 Российская федерация, МПК7 G01R31/40. Нагрузочно-питающее устройство / М.В. Гельман, Р.З. Хусаинов, О.Г. Терещина, Р.М. Рахматуллин, М.М. Дудкин. – № 2007130645/28; заявл. 10.08.07; опубл. 27.01.09, Бюл. № 3. – 5 с.
5. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин // – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
6. Электротехника: учеб. пособие: в 3 кн. / под ред. П.А. Бутырина, Р.Х. Гафиятулина, А.Л. Шестакова. – М.; Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – Кн. 2. – 711 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И НАСЕЛЕНИЯ

**Жакупов Алмас Аусыдыкович** – канд. экон. наук, профессор, заведующий кафедрой "Экономика управления и организации предприятий" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Малаев Даурен Нариманович** – инженер лаборатории "Исследование проблем топливно-энергетического комплекса" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Мақалада төлайым және дара нарықтағы тұтынушыға электқауатының бағасын қалыптастыру жөнінде жасалған үлгінің мүмкіндіктері зерттелген.*

*В статье исследованы возможности разработанной модели по формированию тарифов на электроэнергию потребителей оптового и розничного рынка.*

*The article examines the possibility of working out a model for the formation of tariffs for electricity consumers of wholesale and retail market*

Важным фактором в успешном функционировании энергорынка являются задачи, решаемые проектом Автоматизированной системой коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), которые обеспечат доступ пользователей к информации о контрактах, объемах, балансе, ценах на электроэнергию в режиме реального времени, об участниках рынка, о узлах подачи и потребления энергии, о фактическом выполнении графиков поставки энергии и спроектировать использование пропускных способностях линий электропередачи. Система осуществляет регистрацию произведенных сделок для взаиморасчетов, формирования отчетности, разрешения взаимных претензий и аудита.

Торговая система представляет собой интегрированную среду для ведения торговли и получения информации об объемах электроэнергии с использованием Internet-технологий и включает в себя различные рыночные инструменты, источники информации и системные интерфейсы.

Основными функциональными компонентами Торговой системы являются:

- подсистема заключения торговых сделок (ПЗТС);
- информационная подсистема (ИП);

- средства повышения эффективности работы (СПЭР);
- аналитические средства (АС).

ПЗТС осуществляет заключение сделок купли-продажи электрической мощности и энергии, производит регистрацию сделок и накопление базы данных по заключаемым сделкам, формирует предварительный диспетчерский график НЭС в реальном режиме времени.

ИП производит накопление различных видов информации в базе данных и обеспечение доступа пользователей к ней, создание интегрированных архивов, осуществляет обмен информацией между участниками энергорынка.

СПЭР участников рынка создает автоматизированное ведение документооборота, бухгалтерского и других видов учета и отчетности.

АС – применение сложных аналитических моделей анализа рынка и оценки последствий, многоцелевых и многовариантных сценариев возможных торговых сделок, предоставляют возможность выбора наилучших вариантов и сроков заключения торговых сделок.

Использование интернет-технологий при проведении централизованных торгов электроэнергией в Казахстане позволит решить ряд оптимизации задач с развитием балансирующего рынка, рынка системных и вспомогательных услуг. Рынок централизованных торгов может быть применен как один из эффективных инструментов в принятии решений субъектами рынка в зависимости от оперативной и ценовой ситуации на рынке. Спот-торги в режиме «за день вперед», в «течение операционных суток» могут быть эффективно использованы при соответствующем взаимодействии балансирующего рынка и рынка централизованной торговли для формирования категории оперативного резерва, для покупки и продажи пиковой/полупиковой мощности. Перспективной представляется торговля финансовыми контрактами в целях хеджирования (финансовое страхование) и колебания цен. Например, на Скандинавской энергетической бирже Nord Pool рынок финансовых контрактов является одним из высоколиквидных. Высокая ликвидность данного рынка объясняется тем, что торговлю на нем осуществляют не только участники рынка, но и чисто финансовые игроки, желающие получить спекулятивную прибыль от изменчивости цен на электроэнергию. Объем таких сделок в несколько раз превышает стоимость всех физических поставок электроэнергии на рынке.

Централизованные торги будут востребованы при дальнейшем развитии розничного рынка. Учитывая, что товар на данном рынке один - электроэнергия, компания-поставщик (ЭСО) должна выгодно отличаться от прочих компаний, т.е. предпринимать такие шаги, при которых потребитель выберет именно ее и создает здоровую конкуренцию. Потребитель при выборе поставщика будет ориентироваться на те особенности ЭСО, которые отличают ее от «общей массы», и на дополнительные преимущества, которые он получит от заключения договоров на поставку электроэнергии именно с этой компанией. Таким образом, каждая ЭСО должны поставить свои преимущества «на поток», при этом акцент делать на

скорость, что обеспечивает использование интернет-технологии. ЭСО через централизованную торговую систему могут получать оперативную рыночную информацию.

ЭСО, на которые будут возложены функции гарантирующих поставщиков электроэнергии, через централизованные торги смогут оперативно закупить необходимый объем электроэнергии для любых потребителей, которые по тем или иным причинам оказались без поставщиков электроэнергии. Данная схема создает стабильность, надежность в энергоснабжении регионов, предотвращает резкие колебания цен, которые могут привести к нежелательным социальным последствиям.

Система централизованных торгов электроэнергией может быть использована для организации других видов услуг участникам торгов /1/, /2/.

В настоящее время препятствием для повышения ликвидности объемов электроэнергии на централизованных торгах является отсутствие системы почасового учета поставляемой и потребляемой электроэнергии субъектами энергорынка. Следует учитывать, что в большинстве развитых странах мира имеются системы почасового учета поставляемой и потребляемой электроэнергии и функционирует балансирующий рынок, основанный на почасовом измерении и урегулировании дисбалансов, высокие цены которого стимулируют участников рынка использовать централизованные спот-торги в режиме «за день вперед» для более точного планирования поставок электроэнергии.

В настоящее время на оптовом казахстанском рынке работают более 20 региональных энергопередающих компаний с различными формами собственности. Тарифы на услуги по передаче и распределению электроэнергии на рынке фиксированы Агентством по регулированию естественных монополий, которое защищает конкуренцию и поддерживает малые предприятия.

Концепцией дальнейшего развития рыночных отношений предусмотрено оснащение региональных электросетевых компаний, электростанций, оптовых и розничных потребителей с мощностью 2,0 МВт и выше

автоматизированными системами контроля и учета электроэнергии (или автоматизированными системами коммерческого учета электроэнергии) (АСКУЭ) и системами передачи информации, унифицированными с системой АСКУЭ и системами передачи информации системного оператора /3/.

Следует отметить, что одним из барьеров для развития рынка централизованных торгов является отсутствие развитого балансирующего рынка электроэнергии. Существующие механизмы балансирования через корректировки суточных графиков при существующей системе контроля и учета электроэнергии не всегда эффективны, не полностью используются рыночные механизмы с учетом почасовой стоимости электроэнергии.

Также не решены задачи дальнейшего усовершенствования нормативно-правовой базы, требуется разработка адекватных правил регламентирующих эффективное функционирование и взаимодействие отдельных сегментов рынка электроэнергии. Ведутся работы по совершенствованию расчетных моделей, и не исследовано влияние новых методик тарифообразования на передачу электроэнергии по национальным электрическим сетям, принятых с 1 августа 2010г., на среднеотпускную цену у потребителей в регионах.

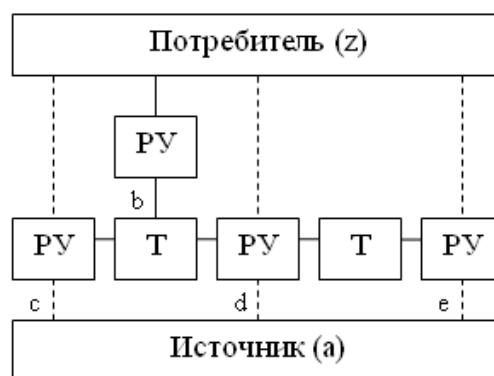
Для полного функционирования расширения рынка централизованных торгов электроэнергией существует необходимость довести до руководителей и менеджеров компаний, являющихся субъектами оптового и розничного рынков электроэнергии, все преимущества использования централизованных торгов для повышения эффективности работы.

Для поэтапного решения отмеченных задач в Казахстане существует и дополнительно расширяется необходимая база для широкомасштабного функционирования рынка централизованных торгов электроэнергией.

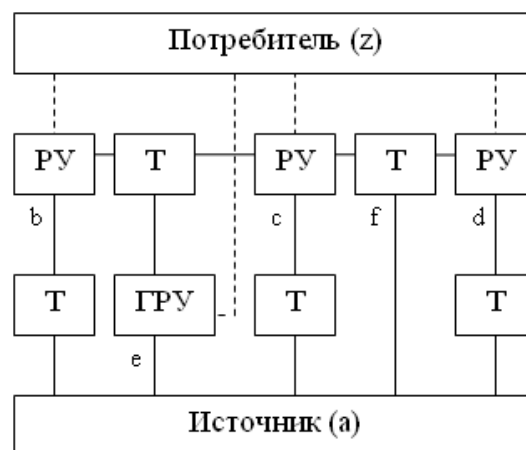
Ниже в работе предложена модель формирования тарифов на энергоресурс, позволяющая с учетом сложившихся уровней цен на электроэнергию у ЭПО и с учетом тарифа

на услуги по передаче электроэнергии национальными и региональными компаниями спрогнозировать конечную цену на электроэнергию у потребителя.

Структурные схемы подстанций и электростанций показаны на рисунках 1А, 1Б. Сплошными линиями показаны элементы, относящиеся непосредственно к соответствующим энергоустановкам и пунктирными линиями, – элементы электрической сети /4/.



А)



Б)

РУ - распределительное устройство

Т – силовой трансформатор

ГРУ – главная распределительная установка

Рисунок 1 – Структурные схемы подстанций и электрических станций

Сеть можно представить как систему, транспортирующую некий товар из одной точки в другую. В соответствии с Законом РК «Об электроэнергетике» электроэнергия относится к товару. Примером может служить энергетическая система, где электроэнергия передается из одного узла к другим узлам



системы. Принятая терминология будет соответствовать данной концепции.

Используя такое представление, рассмотрим сеть как ориентированный граф, ребра которого – линии передач между станциями, а они, в свою очередь, представлены вершинами графа.

Граф есть конечное множество  $V$ , называемое множеством вершин, и множество  $e$  двухэлементных подмножеств множества  $V$ . Множество  $e$  называется множеством ребер. Элемент множества  $e$  называется ребром. Граф обозначается  $G(v, e)$ . Элементы  $a$  и  $b$ , элементы множества  $V$ , называются соединенными или связанными ребром  $\{a, b\}$ , если  $\{a, b\} \in E$ .

Каждому ребру  $e = (v_i, v_j)$  соответствует положительное число  $c(e)$ , называемое пропускной способностью  $e$ . Если между двумя вершинами не существует ребра, то пропускную способность полагаем равной нулю.

Перед тем как построить сеть, ограничим определение ориентированного графа. Наличие петель у графа недопустимо, поскольку рассматриваемые задачи связаны только с транспортировкой товара между различными точками (узлами нагрузок).

Примем следующие допущения, что если существует ребро из  $v_i$  в  $v_j$ , то нет ребра из  $v_j$  в  $v_i$ . Таким образом, рассматривается поток товара только в одну сторону. Необходимое требование: ориентированный граф должен быть связан, т.к. если имеется путь из  $a$  в  $z$ , нас будет интересовать только компонента, содержащая  $a$  и  $z$ .

Если между  $a$  и  $z$  не существует пути, то и определять нечего. Ориентированный граф, удовлетворяющий этим условиям, называется простым связным ориентированным графом, удовлетворяющим упомянутым выше ограничениям. Рассмотрим также особую вершину  $a$ , называемую источником, и особую вершину  $z$ , называемую потребителем. Степень входа вершины  $a$  равна 0, так что в источник ничто не втекает. Степень выхода вершины  $z$  равна 0, так что из стока ничто не вытекает. Таким образом, товар производится в узле  $a$  и имеет место назначения – узел  $z$ . Более точно определим сеть следующим образом:

*сеть* – это ориентированный граф  $(G, V, E)$  вместе с весовой функцией.

$C : E \rightarrow N$  и выделенными вершинами  $a, z$ , такими, что

- (ii)  $\text{integ}(z) = 0,$
- $\text{integ}(a) = 0.$

Для этой сети введем понятие потока (количество электричества, проходящее через линии передач). Таким образом, для каждого ребра  $e$  имеется значение  $f(e)$ , которое является потоком через конкретное ребро или линию. Очевидно, величина потока не может превысить пропускную способность линии. Потребуем также, чтобы поток, входящий в вершину, был равен потоку, выходящему из вершины, за исключением вершин  $a$  и  $z$ .

Это называется *сохранением потока товара*. Пусть  $\text{in}(v)$  – множество ребер, для которых  $v$  – конечная вершина, и  $\text{out}(v)$  – множество ребер, для которых  $v$  – начальная вершина. Таким образом,  $\text{out}(v)$  – множество ребер, выходящих из вершины  $v$ , и  $\text{in}(v)$  – множество ребер, входящих в вершину  $v$ . Следовательно, имеем следующее определение /5/, /6/.

• *Поток* в сети – это функция  $f : E \rightarrow N \cup \{0\}$  такая, что

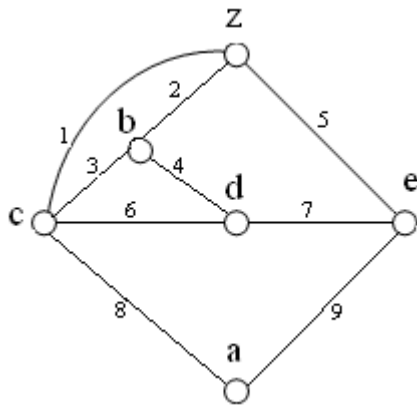
- (i) для всех  $e \in E, 0 \leq f(e) \leq c(e);$
- (ii) для всех  $v \in V$  таких, что  $v \neq a, z, \sum_{e \in \text{in}(v)} f(e) = \sum_{e \in \text{out}(v)} f(e)$

Графы, изображенные на рисунке 2, являются примером сети, где числа на каждом ребре обозначают пропускную способность.

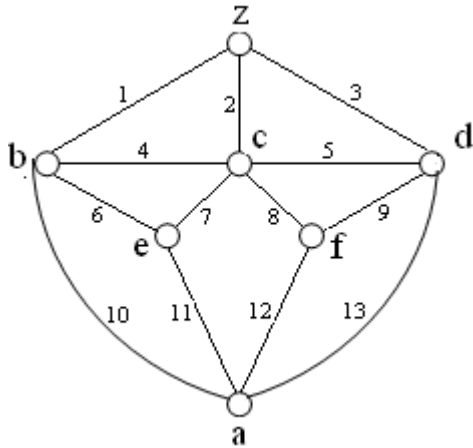
Таким образом, предложенная модель формирования тарифов на электроэнергию позволит потребителю получить информацию об объемах поставок электроэнергии и сложившемся уровне цен на неё у энергопроизводящих организаций, также учесть тарифы на услуги по передаче электроэнергии по национальным и региональным компаниям.

Все это дает возможность конечным потребителям прогнозировать среднеотпускные цены в регионах.

## Список литературы



А)



Б)

Рисунок 2 – Графы распределения мощности

1. Жамуханов Т.У. Региональный оптово-розничный рынок электроэнергии и развитие электроэнергетического сектора // Энергетические и топливные ресурсы Казахстана. - 2001. - №2. - С. 48-55.
2. Казахстан предлагает создать энергетическую биржу ШОС // РИА Новости.-16 июня 2007 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.rian.ru>.
3. О мерах по дальнейшему развитию рыночных отношений в электроэнергетике Республики Казахстан: Постановление Правительства Республики Казахстан от 18 февраля 2004 года №190 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.zakon.kz>.
4. Программа развития электроэнергетики до 2030 года: Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 09.04.1999 года № 384 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.memr.gov.kz>.
5. Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Теория графов: алгоритмы обработки деревьев. - Новосибирск: Наука, 1994. – 219с.
6. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании. - М.: Наука, 1985. – 257с.



## ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Ахметбаев Даурен Садыкович** – канд. техн. наук, доцент ВАК, профессор, директор РГКП «Межрегиональный профессиональный центр по подготовке и переподготовке кадров технического и обслуживающего труда для топливно - энергетической отрасли», г. Экибастуз

*Бұл жұмыста түйін кернеулерін электр ағындарының коэффициенттері арқылы тез есептеудің жаңа әдістемесі берілген. Структурасы күрделі электр желісінің сызбасына сәйкес граф қырларының топологиялық қасиеттеріне негізделген электрағындарының коэффициенттерін анықтаудың жаңа тәсілі ұсынылған.*

*В работе излагается новая методика оперативного расчета узловых напряжений на основе матрицы коэффициентов распределения узловых токов. Впервые предлагается оперативный метод определения коэффициентов токораспределения, основанный на топологических свойствах деревьев графа схемы замещения электрических сетей сложной структуры.*

*A new method for efficient computation of nodal voltage on basis of coefficient matrix of nodal current distribution is set out in this paper. A new method for the coefficients determining of current distribution based on topological properties of the graph trees equivalent circuit of electrical networks complex structure is proposed.*

Задачи, связанные с получением реальных решений при расчетах рабочих режимов сложных электрических сетей, достаточно сложны, и им посвящено много статей и книг [1,2,3]. Трудности получения реальных решений при расчете стационарных режимов могут быть в значительной степени преодолены, если исходить из обращенной формы узловых уравнений. Известно, классический подход получения матрицы  $\underline{Z}$  электрической сети, основанный на прямом обращении матрицы проводимости  $\underline{Y}_g$ , оказывается малоприменимым. Матрица узловых сопротивлений сложных сетей может быть построена различными методами, разработанными на основе совершенствования прямых, косвенных и итерационных методов обращения матрицы узловых проводимостей. Однако отсутствие быстрых алгоритмов расчета матрицы узловых сопротивлений существенно тормозило развитие данного направления.

Проблемы, связанные с определением матрицы  $\underline{Z}$  узловых сопротивлений, могут

быть решены, если исходить из следующего. Токи в ветвях схемы, при известной матрице коэффициентов распределения задающих токов, определяются матричным выражением [2]:

$$\underline{I} = \underline{C} \cdot \underline{J}, \quad (1)$$

где  $\underline{J}$  - столбцевая матрица задающих токов;

$\underline{C} = \underline{Y}_g \underline{M}^t \underline{Z}$  - прямоугольная матрица коэффициентов токораспределения;

$\underline{Z}$  - матрица узловых сопротивлений.

Значения токов в ветвях схемы останутся неизменными, если умножить и разделить слева правую часть уравнения (1) на матрицу сопротивлений ветвей, и записать в виде:

$$\underline{I} = \underline{Z}_g^{-1} \underline{Z}_g \underline{C} \underline{J}. \quad (2)$$

Тогда матричное уравнение [2]:

$$\underline{U}_\square = \underline{Z} \underline{J} \quad (3)$$

с учетом (2) может быть записано:

$$\underline{U}_\Delta = \underline{Z} \underline{M} \underline{I} = \underline{Z} \underline{M} \underline{Z}_g^{-1} \underline{Z}_g \underline{C} \underline{J} = \underline{C}^t \underline{Z}_g \underline{C} \underline{J} \quad (4)$$

Полученное уравнение (4) совпадает с решением уравнения узловых напряжений

(3), что позволяет записать тождество, в виде:

$$\underline{Z} = \underline{C}^t \underline{Z}_g \underline{C}. \quad (5)$$

При известной матрице  $\underline{C}$ , для заданного возмущения всегда можно найти однозначное соответствие реакции схемы исследуемой электрической сети.

Таким образом, задача расчета стационарных режимов сводится к определению матрицы  $\underline{C}$ , которая исследована достаточно хорошо и не представляет особых трудностей. Однако при исследовании системы большой размерности могут возникнуть трудности, связанные с чрезмерно большим объемом выполняемых расчетов. Ниже предлагается методика определения матрицы  $\underline{C}$  на основе свойств деревьев графа.

С целью обеспечения наглядности и простоты изложения элементы матрицы коэффициентов токораспределения выражаются в аналитической форме.

Матрицы  $\underline{C}$  разомкнутых схем не зависят от параметров сети и могут быть найдены непосредственно по схеме или в виде:

$$\underline{C} = \underline{M}^{-1} \quad (6)$$

где  $\underline{M}$  - первая матрица инциденции.

При наличии замкнутых контуров цепи, матрица  $\underline{C}$  не может быть найдена непосредственно по схеме или по формуле (6). В общем случае матрица  $\underline{C}$  может быть определена путем распределения единичного тока в схеме любыми известными методами теории электрических цепей.

С целью демонстрации определения матрицы  $\underline{C}$  рассмотрим расчетную схему замещения электрической сети, изображенную на рисунке 1.

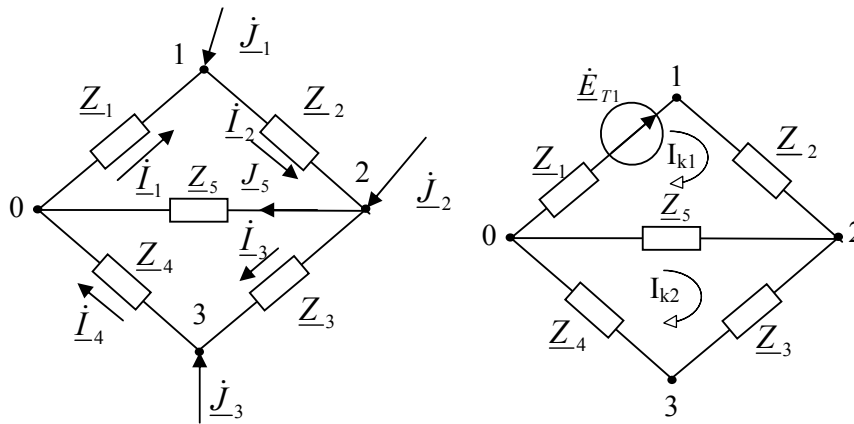


Рисунок 1 – Замкнутая электрическая цепь: а - исходная схема, б - расчетная схема

Для определения первого столбца матрицы коэффициентов токораспределения схемы рисунка 1а:

$$\underline{C} = \frac{1}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22} - \underline{Z}_5^2} = \begin{pmatrix} -(\underline{Z}_2\underline{Z}_{22} + \underline{Z}_5(\underline{Z}_3 + \underline{Z}_4)) & -\underline{Z}_5(\underline{Z}_3 + \underline{Z}_4) & -\underline{Z}_4\underline{Z}_5 \\ \underline{Z}_1\underline{Z}_{22} & -\underline{Z}_5(\underline{Z}_3 + \underline{Z}_4) & -\underline{Z}_4\underline{Z}_5 \\ \underline{Z}_1\underline{Z}_5 & \underline{Z}_5(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) & -\underline{Z}_4\underline{Z}_{11} \\ \underline{Z}_1\underline{Z}_5 & \underline{Z}_5(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) & \underline{Z}_3\underline{Z}_{11} + \underline{Z}_5(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) \\ \underline{Z}_1(\underline{Z}_3 + \underline{Z}_4) & (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)(\underline{Z}_3 + \underline{Z}_4) & \underline{Z}_4(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) \end{pmatrix}, \quad (7)$$

составляется система контурных уравнений

$$\left. \begin{aligned} \underline{Z}_{11}\dot{i}_{k1} - \underline{Z}_5\dot{i}_{k2} &= \underline{Z}_1 \\ -\underline{Z}_5\dot{i}_{k1} - \underline{Z}_{22}\dot{i}_{k2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

на основе расчетной схемы рисунка 1б.

Несложно найти решение этой системы, которое имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{i}_{k1} &= \frac{\underline{Z}_1\underline{Z}_{22}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22} - \underline{Z}_5^2}, \\ \dot{i}_{k2} &= \frac{\underline{Z}_1\underline{Z}_2}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22} - \underline{Z}_5^2} \end{aligned} \quad (9)$$

где  $Z_{11} = Z_1 + Z_2 + Z_5$ ;  $Z_{22} = Z_3 + Z_4 + Z_5$  - контурные сопротивления.

Действительные токи в ветвях исходной схемы являются элементами первого столбца матрицы (7). Остальные коэффициенты этой матрицы определяются аналогично по выше изложенному подходу, решением контурных уравнений двух других фиктивных схем, составленных на основе рисунка 1а.

Топологические формулы элементов матрицы могут быть определены путем преобразования выше полученных выражений (7) путем замены сопротивления на соответствующие проводимости ветвей.

Определим матрицу коэффициентов токораспределения схемы, изображенной на рисунке 1, направленный граф которой пред-

ставлен на рисунке 2, с заданными проводимостями ветвей.

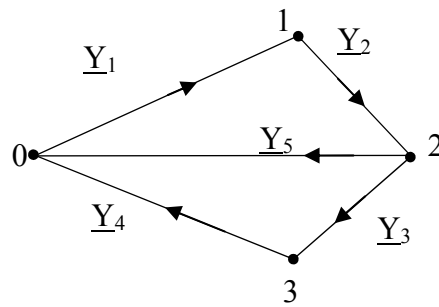


Рисунок 2 – Направленный граф схемы

Общий знаменатель всех коэффициентов токораспределения определяется в виде суммы величин всевозможных деревьев ненаправленного графа.

$$\begin{aligned} \sum F = & Y_1 Y_5 Y_4 + Y_1 Y_5 Y_3 + Y_1 Y_3 Y_4 + Y_1 Y_2 Y_3 + Y_1 Y_2 Y_4 + \\ & + Y_2 Y_5 Y_4 + Y_2 Y_3 Y_5 + Y_2 Y_3 Y_4 \end{aligned} \quad (10)$$

изображенных на рисунке 3.

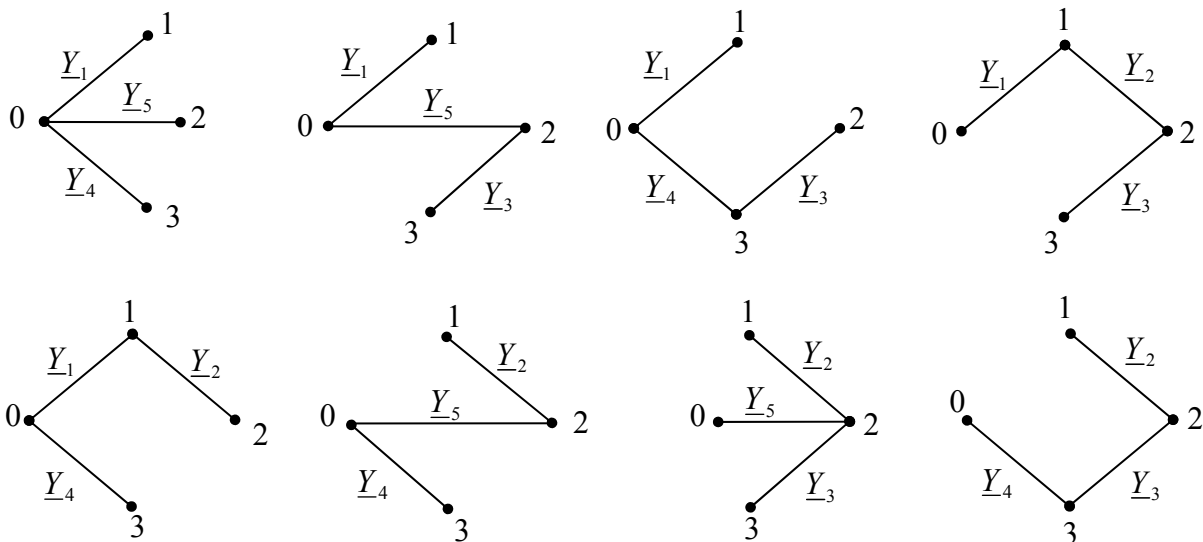


Рисунок 3 – Возможные деревья графа

Числители коэффициентов распределения узловых токов формируются на основе специально построенных деревьев графа, в зависимости от узла приложения единичного возмущения и ветви, где требуется найти долю единичного тока.

Ветвь, в которой определяется доля единичного тока, вводится в дерево графа,

направленным графом, что позволяет установить знаки слагаемых числителей коэффициента токораспределения.

Значение числителя  $C_{11}$  матрицы коэффициентов токораспределения формируется согласно вышеуказанным требованиям и определяется в виде суммы величин пяти возможных деревьев (см. рисунок 4)

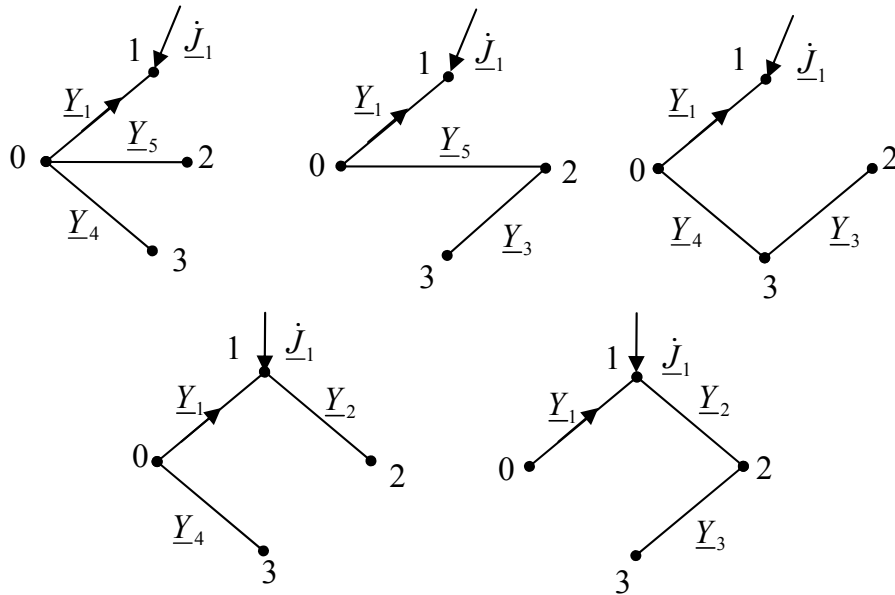


Рисунок 4 – Деревья графа числителя  $\underline{C}_{11}$

по формуле:

$$\sum F = -(\underline{Y}_1\underline{Y}_4\underline{Y}_5 + \underline{Y}_1\underline{Y}_3\underline{Y}_5 + \underline{Y}_1\underline{Y}_3\underline{Y}_4 + \underline{Y}_1\underline{Y}_2\underline{Y}_3 + \underline{Y}_1\underline{Y}_2\underline{Y}_4). \quad (11)$$

Следовательно, значение первого элемента матрицы  $\underline{C}$ , равно

$$\underline{C}_{11} = -\frac{\sum F_{11}}{\sum F}. \quad (12)$$

Числитель второго элемента  $F_{21}$  первого столбца матрицы коэффициентов токораспределения определяется на основе специально построенных деревьев графа, изображенных на рисунке 5,

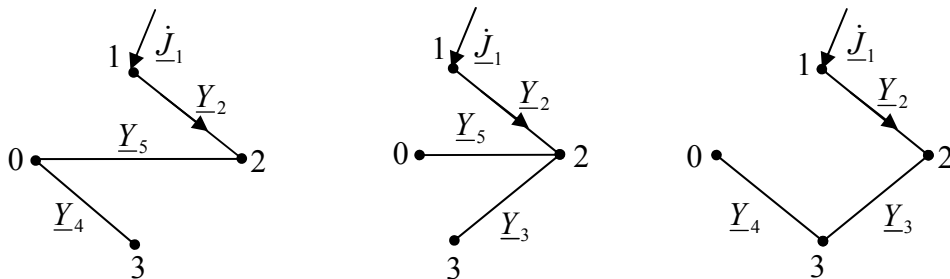


Рисунок 5 – Деревья графа числителя  $\underline{C}_{21}$

и определяется в виде:

$$\sum F_{21} = \underline{Y}_2\underline{Y}_4\underline{Y}_5 + \underline{Y}_2\underline{Y}_3\underline{Y}_5 + \underline{Y}_2\underline{Y}_3\underline{Y}_4. \quad (13)$$

Числители коэффициентов  $\underline{C}_{31}$  и  $\underline{C}_{41}$  формируются только одним деревом графа, изображенным на рисунке 6.

Соответственно, их значения будут равными

$$\sum F_{31} = \underline{Y}_3\underline{Y}_2\underline{Y}_4, \quad \sum F_{41} = \underline{Y}_4\underline{Y}_2\underline{Y}_3. \quad (14)$$

Деревья графа, выбранные для формирования числителя  $\underline{C}_{51}$  из множества всевозможных деревьев, изображены на рисунке 7,

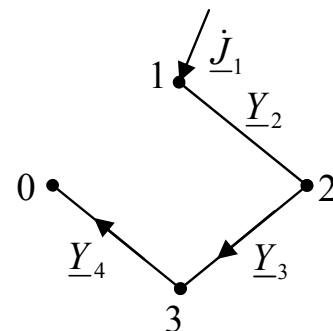


Рисунок 6 – Дерево графа числителей  $\underline{C}_{31}$  и  $\underline{C}_{41}$

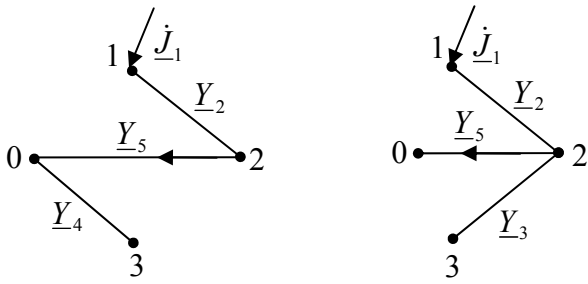


Рисунок 7 – Деревья графа числителя  $\underline{C}_{51}$

суммарное значение деревьев определяется в виде:

$$\sum F_{51} = \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3. \quad (15)$$

второго столбца

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{12} &= -(\underline{Y}_1 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_1 \underline{Y}_2 \underline{Y}_4); \\ \sum F_{22} &= -(\underline{Y}_2 \underline{Y}_1 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_2 \underline{Y}_1 \underline{Y}_4); \\ \sum F_{32} &= \underline{Y}_3 \underline{Y}_4 \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3 \underline{Y}_4 \underline{Y}_1; \\ \sum F_{42} &= \underline{Y}_4 \underline{Y}_3 \underline{Y}_1 + \underline{Y}_4 \underline{Y}_3 \underline{Y}_2; \\ \sum F_{52} &= \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_5 \underline{Y}_1 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_5 \underline{Y}_1 \underline{Y}_3. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

третьего столбца

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{13} &= -\underline{Y}_1 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3; \\ \sum F_{23} &= -\underline{Y}_2 \underline{Y}_1 \underline{Y}_3; \\ \sum F_{33} &= -(\underline{Y}_3 \underline{Y}_1 \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3 \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3 \underline{Y}_5 \underline{Y}_1); \\ \sum F_{43} &= \underline{Y}_4 \underline{Y}_1 \underline{Y}_5 + \underline{Y}_4 \underline{Y}_1 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_4 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_4 \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 + \underline{Y}_4 \underline{Y}_1 \underline{Y}_2; \\ \sum F_{53} &= \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_5 \underline{Y}_1 \underline{Y}_3. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

В общем случае матрица  $\underline{C}$  запишется в виде:

$$\underline{C} = \frac{1}{\sum F} \begin{pmatrix} \sum F_{11} & \sum F_{12} & \sum F_{13} \\ \sum F_{21} & \sum F_{22} & \sum F_{23} \\ \sum F_{31} & \sum F_{32} & \sum F_{33} \\ \sum F_{41} & \sum F_{42} & \sum F_{43} \\ \sum F_{51} & \sum F_{52} & \sum F_{53} \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Таким образом, без решения каких – либо уравнений состояния цепи могут быть найдены элементы матрицы коэффициентов токораспределения, схемы произвольной сложности на основе топологического метода.

Необходимо отметить, что все значения коэффициентов токораспределения первого столбца, кроме  $\underline{C}_{11}$ , имеют положительный знак, так как направление единичного тока совпадает с ранее выбранными положительными направлениями токов в ветвях исходной схемы.

Таким образом, легко могут быть найдены все остальные элементы матрицы коэффициентов токораспределения на основе предлагаемого топологического метода.

Значения числителей остальных элементов матрицы коэффициентов токораспределения определяются топологическими выражениями, соответственно:

Анализируя выше изложенный материал, можно описать методику построения матриц  $\underline{C}$  следующим образом:

1. Построить направленный граф схемы.
2. Обозначить и определить величины ребра графа с соответствующими проводимостями ветвей.
3. Каждый столбец матрицы  $\underline{C}$  формируется самостоятельно, поочередным приложением единичного возмущения к вершинам графа.
4. Общий знаменатель числителей коэффициентов распределения узловых токов определяется суммой произведений проводимостей всех деревьев графа.

5. Для определения доли единичного тока  $k - \text{го}$  узла в  $i - \text{ой}$  ветви выбираются среди возможных такие деревья, которые содержали бы в себе направленный граф  $i - \text{ой}$  ветви в пути от  $k - \text{ой}$  вершины к базисной. Если направленный граф ветви совпадает с направлением единичного тока в этой ветви, то произведение берется со знаком плюс, в противном случае – со знаком минус;
6. Числители коэффициентов токораспределения формируются алгебраической суммой произведений проводимостей деревьев, определенных в соответствии с пунктом 5.

### ***Выводы***

1. Применение матрицы коэффициентов токораспределения позволяет получить точное решение уравнений узловых напряжений, что дает возможность определить реальные значения узловых напряжений при решении оперативных задач на одной информационной базе матрицы  $\underline{C}$ .
2. Программная реализация построения матрицы  $\underline{C}$  показала ее высокую эффективность и надежность.

### ***Список литературы***

1. Жуков Л.А., Стратан И.П. Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем.- М.: Энергия, 1979, 416 с.
2. Мельников Н.А. Матричный метод анализа электрических цепей.- М.: Энергия, 1972,232 с.
3. Манусов Б.З., Лыкин А.В., Сидоркин Ю.М. Алгоритмы метода Ньютона-Рафсона для решения узловых уравнений в обращенной форме.- Известия вузов СССР. Энергетика, 1974, №9,с.3-7.
4. Ахметбаев Д.С. Топологический метод расчета матриц коэффициента токораспределения. Вестник НИА РК.- Алматы, 2009, №4. с.97-100.
5. Ахметбаев Д.С. Математическое моделирование анализа и синтеза электрических цепей. Материалы МНТК «Электромеханические преобразователи энергии», Россия, Томск, 2009, с.110-114.



УДК 621.397.31.6

## **ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ВИДЕО И ЗВУКОВОГО СИГНАЛОВ ДЛЯ DVB-T МОДУЛЯТОРА**

**Женатов Бекин Десимбаевич** – канд.техн.наук, доцент кафедры «Средства связи и информационная безопасность» Омского государственного технического университета, г. Омск, Россия

**Аверченко Артем Павлович** – магистр кафедры «Средства связи и информационная безопасность» Омского государственного технического университета, г. Омск, Россия

*В статье проведен обзор европейского стандарта ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01) выявлены его недостатки и представлена оптимальная структурная схема DVB-T модулятора.*

*The article provides an overview of the European standard (ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01)), identifies its shortcomings and presents an optimal block diagram of the DVB-T modulator.*

Россия, как и все страны Европы, к 2015 году полностью перейдет к цифровому телевизионному вещанию.

В настоящее время существуют три признанные международные системы цифрового телевидения: система DVB (Digital Video Broadcasting), разработанная в Европе; система ATSC (Advanced Television Systems Committee), созданная в США, и японская ISDB (Integrated System Digital Broadcast). В России предпочтение отдано Европейской системе цифрового телевидения DVB, описываемой стандартом ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01).

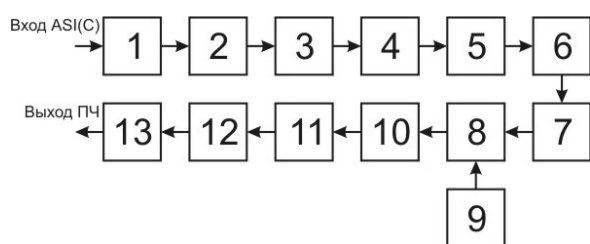
Транспортный поток содержит пакетированный набор нескольких программных потоков. Это могут быть видео, аудио и/или цифровые данные. Он может содержать несколько программ с независимыми часами и даже различными тактовыми частотами. Транспортные потоки состоят из пакетов фиксированной длины (188 байт) и предназначены для передачи по каналам с ошибками, в частности, для телевидения. Именно этот тип потока обычно называют просто “сигнал MPEG”.

При общей длине пакета 188 байт заголовок занимает всего 4 байта, а остальные 184 байт занимает полезная нагрузка. Пер-

вый байт заголовка у каждого пакета является синхронизирующим и представляет собой зарезервированную группу битов.

Структурная схема модулятора согласно европейскому стандарту ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01) представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка, все блоки соединены последовательно. Недостатком при этом способе формирования сигнала является то, что каждый из блоков модулятора самостоятельно находит во входной информации синхронизирующие посылки, что приводит к усложнению алгоритмов работы каждого блока модулятора в отдельности и, как следствие, к работе с повышенной нагрузкой на программируемую логическую интегральную схему, на базе которой собирается вся цифровая обработка. Более того, если один из блоков пропустит синхронизирующий пакет и выполнит свои действия неправильно, то и все последующие блоки не смогут правильно выполнять свои функции.

Согласно европейскому стандарту ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01) и структурной схеме представленной на рисунке 1, каждый блок модулятора работает следующим образом и оперирует со следующей синхронизирующей информацией.



1 - Интерфейс ASI(C); 2 – Рандомизатор; 3 - Кодер Рида-Соломона (RS(204.188)); 4 - Сверточный перемежитель ( $I=12$ ); 5 - Сверточный кодер ( $K=7$ , (171,133)); 6 - Битовый перемежитель; 7 - Символьный перемежитель; 8 - Формирователь QAM; 9 - Формирователь пилот-сигналов; 10 - Вычислитель ОБПФ; 11 - Формирователь защитного интервала; 12 – ЦАП; 13 - ВЧ блок.

Рисунок 1 – Структурная схема модулятора по стандарту ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01)

Интерфейс ASI(C) принимает входной транспортный поток в виде пакетов фиксированной длины 188 байтов, включая 1 синхронизирующий байт /1/. Для обеспечения дальнейшей обработки блок должен выполнять побитовое инвертирование синхронизирующего байта первого транспортного пакета в группе из восьми пакетов. Данный блок отслеживает во входном потоке синхронизирующие байты.

Рандомизатор находит во входном потоке синхронизирующие байты. При получении инвертированного синхронизирующего байта производится инициализация генератора псевдослучайной последовательности для операции рандомизации над пакетами данных, причем над самими синхронизирующими байтами операция рандомизации не производится [1], следовательно, блок должен отслеживать как инвертированные, так и не инвертированные синхронизирующие байты.

Кодер Рида-Соломона применяется к каждому рандомизированному транспортному пакету (188 байт), включая синхронизирующие байты для порождения пакета, защищенного от ошибок /1/. Выходной пакет занимает 204 байта. Кодер отслеживает синхронизирующие байты пакета, как неинвертированные, так и инвертированные.

Сверточный перемежитель производит побайтовую компоновку со степенью перемешивания 12. Скомпонованные пакеты ограничены инвертированными или неинвертированными синхронизирующими байтами (с сохранением периодичности 204 байта) [1]. Данный блок отслеживает синхронизирующие байты пакета, как неинвертированные, так и инвертированные.

Сверточный кодер формирует математический сверточный код со скоростью 1/2, а также в дополнение к материнскому коду со скоростью 1/2 может формировать скорости различных длин 2/3, 3/4, 5/6 и 7/8 /1/. Блок получает команды на формирование сверточного кода с одним из возможных вариантов длин.

Битовый перемежитель производит демultipлексирование входящего битового потока на 2 для QPSK, 4 для 16QAM и 6 для 64QAM подпотоков. Каждый подпоток обрабатывается отдельным битовым комбоновщиком с различными функциями перестановок [1]. Таким образом, максимально число комбоновщиков может достигать шести. Данный блок получает информацию о методе модуляции.

Символьный перемежитель производит отображение подпотоков на активные несущие в символе COFDM. В зависимости от режима работы 2K или 8K число активных несущих может быть 1512 или 6048 соответственно /1/. Данный блок получает информацию о режиме работы модулятора.

Формирователь QAM - блок формирует QPSK, либо 16-QAM, либо 64-QAM, либо неоднородную 16-QAM, либо неоднородную 64-QAM [1], следовательно, блок получает информацию о методе модуляции.

Формирователь пилот-сигналов формирует сигналы предназначенные для сканирования текущей частотной характеристики радиоканала с целью получения оценок о степени надежности приема на конкретной частоте. Они предназначены для фазовой и частотной автоподстройки гетеродинов в приемнике, для режима работы 2K 45 пилот-сигналов и 177 пилот-сигналов для режима 8K /1/. Данный блок получает информацию о режиме работы модулятора.

Вычислитель ОБПФ выполняет функцию преобразования комплексного массива размерности 2К или 8К в массив, элементы которого представляет собой комплексную амплитуду многочастотного COFDM-символа.

Формирователь защитного интервала – процесс применяется для каждого символа подстановкой перед информационной частью COFDM-символа копии из N последних отсчетов массива /2/. Блок получает информацию о защитном интервале 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, режиме работы 2к, 8к, а также о полосе канала 6МГц, 7МГц или 8МГц.

ЦАП формируют прямые и квадратурные составляющие полосового сигнала при помощи двух ЦАП, на вход которых поступают вещественная и мнимые части полного COFDM-символа, включающие защитный интервал /2/. Блок получает информацию о полосе канала 6МГц, 7МГц или 8МГц.

ВЧ блок производит окончательную фильтрацию и усиление аналогового сигнала /1/. Блок получает информацию о полосе канала 6МГц, 7МГц или 8МГц.

Каждому блоку в структурной схеме модулятора согласно европейскому стандарту ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01) необходимо оперировать не только с самим потоком и самостоятельно находить в нем синхронизирующие байты, но и получать информацию о режиме работы модулятора.

Получать информацию о синхронизирующей информации можно единожды, с блока интерфейса, а не в каждом блоке отдельно. Информацию о настройках работы модулятора необходимо получать от внешнего устройства в зависимости необходимого режима работы. Структурная схема для соответствующей организации режима работы представлена на рисунке 2.

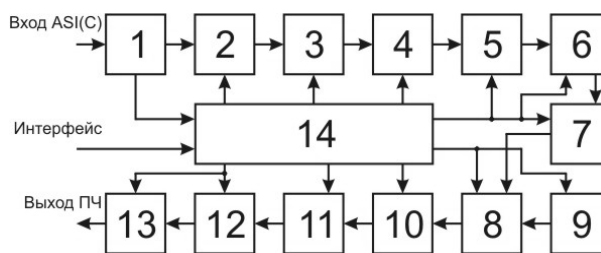


Рисунок 2 – Оптимальная структурная схема DVB-T модулятора

В данной структурной схеме установлен блок 14 «блок синхронизации и управления». Основная задача блока 14 состоит в получении с блока 1 информации о приходе очередного синхронизирующего байта и в соответствии с этой информацией синхронизации работы всех оставшихся блоков модулятора. Вследствие того, что каждый последующий блок не нуждается в функции самостоятельного поиска синхронизирующих байтов, его алгоритм работы упрощается. Также блок 14 с интерфейса получает информацию о режиме работы модулятора и настраивает соответствующие блоки на работу с заданными параметрами.

## Вывод

Установка блока синхронизации и управления позволяет добиться существенной экономии аппаратных ресурсов программируемой логической интегральной схемы, на базе которой строится вся цифровая обработка сигнала.

Алгоритмы работы блоков модулятора становятся более гибкими для настройки.

## Список литературы

- [1] ETSI. EN 300 744 v 1.6.1 (2009-01) Цифровые системы (DVB-T) для телевидения радиовещания и передачи данных.
- [2] Варгаузин, В. Принципы цифрового телевидения стандарта ATSC.// Теле-Спутник – 9(47) Сентябрь 1999г.: С. 53-58.

## МЕТОД ПОДГОТОВКИ МАССИВА ДАННЫХ ПО СЛУЧАЙНЫМ РЕАЛИЗАЦИЯМ ПЕРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

**Адамбаев Мурат Джамантаевич** – профессор, канд.техн.наук, кафедра ЭиАТК КазНТУ им. К.И.Сатпаева, г. Алматы

**Абитаева Рахимаш Шанракбаевна** – ст.препод.кафедры ЭиАТК КазНТУ им. К.И.Сатпаева, г. Алматы

*Дискретизация әдісі ұсынылып отыр. Іске асырудың қажетті ұзақтығы автокорреляция жасау функцияларының төмендеу уақыты бойынша таңдап алынады. Есеттеулер теоремасын ескере отырып олардың жиілік көрсеткіштері бойынша дискретизацияның интервалы таңдалды.*

*Для подготовки адекватного массива данных предлагается метод дискретизации. Необходимая продолжительность реализации выбирается по времени спада автокорреляционных функций рассматриваемых переменных. Интервал дискретизации выбран по их частотным показателям с учетом теоремы отсчетов.*

*Random variable implementation of complex management objects should be sampled to prepare an adequate data set. A method for such sampling. The required duration of the selected by the decay time of autocorrelation functions of the variable. Sampling frequency of their performance, taking into account the sampling theorem.*

Основным этапом синтеза системы автоматического управления является идентификация (определение структуры и параметров математической модели) объекта управления /1/. Известны методы аналитического и экспериментального определения характеристик объектов управления. В последние годы получили широкое распространение для идентификации сложных многосвязных объектов управления статистические методы исследований /2-4/.

Случайные возмущения, действующие на объект в реальных производственных условиях (изменение характеристик исходного сырья, старение и износ технологического оборудования, помехи в измерительных устройствах и т.п.), обуславливают стохастический характер связи между входными и выходными переменными объекта. Аналитически эти уравнения взаимосвязи представляются корреляционными и дисперсионными соотношениями, уравнениями регрессии и т.д. Полное описание свойств объекта зада-

ется условными плотностями вероятностей выходных сигналов при известных входных и вероятностными характеристиками входных возмущений /5/.

Таким образом, задача идентификации сводится для линейных объектов к определению оценок коэффициентов в уравнениях, описывающих объект по реализации входных и выходных переменных в условиях нормальной эксплуатации /6, 7/.

В условиях нормального функционирования сложного объекта, когда уровень шумов измерений входных и выходных переменных является значительным и сам объект представляется «шумящим», возникает задача выделения из множества взаимосвязанных входных переменных наиболее информативных относительно выходных переменных. С другой стороны реальные объекты в общем случае являются нестационарными, что значительно усложняет их исследование. В то же время такие объекты могут быть достаточно точно аппроксимированы линейной



моделью на отдельных участках его функционирования. Однако не всегда можно ограничиться линейной моделью для описания объекта. Это особенно относится к объектам, обладающими существенными нелинейностями по интересующим нас каналам связи входных и выходных переменных. В настоящее время имеется ряд методов идентификации нелинейных объектов (статистическая линеаризация, дисперсионные и др. /8,9/).

В настоящее время получили широкое развитие для исследования сложных технологических процессов методы статистического анализа, такие, как дисперсионный, корреляционный и регрессионный.

Дисперсионный анализ позволяет оценить влияние на дисперсию (разброс) выходного параметра какого-либо фактора или факторов.

Корреляционный анализ позволяет оценить тесноту связи различных параметров объекта по величине коэффициента корреляции. Метод нашел широкое распространение при исследовании промышленных процессов /10/.

В отличие от дисперсионного корреляционный анализ позволяет определить степень влияния переменных друг на друга, а также форму зависимости, что является большим достоинством этого метода. Регрессионный анализ основан на оценке степени влияния входных факторов на выходную величину по величине и знаку коэффициентов уравнения регрессии. Основой корреляционного анализа является метод наименьших квадратов /11/.

К системе автоматического регулирования исследуемого процесса предъявляется основное требование, заключающееся в стабилизации покамерной загрузки мельницы на заданном уровне. Выходные величины, подлежащие регулированию ( $M_I(t)$ ,  $M_{II}(t)$ ), (рис.1), контролируются по промежуточным регулируемым величинам - звукометрическим сигналам камер -  $Z_I(t)$  и  $Z_{II}(t)$ . Регулирующими воздействиями являются:

– для камеры крупного помола - величина исходного питания  $Q_n(t)$ ;

– для камеры мелкого помола – часть циркулирующей нагрузки  $K_2S(t)$ , перераспределяемой распределительным органом РО.

Входом последнего является некондиционный по крупности класс внутримельничной нагрузки, отклассифицированной сепаратором С.

Основным возмущением для камеры крупного помола является величина  $K_1S(t)$ . Неконтролируемые возмущения, вызывающие колебания выходных величин, подразделяются на два типа. Одни влияют как на  $M_I(t)$ ,  $M_{II}(t)$ , так и на  $Z_I(t)$  и  $Z_{II}(t)$  -  $f_1(t) - f_2(t)$ , другие  $\lambda_1(t)$  и  $\lambda_2(t)$  влияют только на выходные величины (см. рисунок 1).

Возмущения, имеющие место в шаровых мельницах, являются случайными функциями времени. Следовательно, они могут быть оценены статистическими методами /12/.

На рисунке 2 показана технологическая схема измельчения, на которой указаны переменные, подлежащие контролю, для получения статистических уравнений взаимосвязи параметров объекта.

$Z_I(t)$  - шум камеры крупного помола, отображающий уровень загрузки этой камеры, который зависит от величин двух материальных потоков, а именно: потока исходной руды  $Q_n(t)$  и части потока циркулирующей нагрузки  $K_S(t)$ .

Следовательно, имеем следующую зависимость:

$$Z_I(t) = f[Q_n(t), kS(t)], \quad (1)$$

$Z_{II}(t)$  - шум камеры мелкого помола является сигналом, определяемым уровнем загрузки этой камеры, зависит от другой части циркулирующей нагрузки  $[(1-k)S]$ , т.е.

$$Z_{II}(t) = f[(1 - k) S(t)]. \quad (2)$$

Во время эксперимента величина  $K$ , определяющая величину перераспределения циркулирующей нагрузки между стадиями, оставалась неизменной. С учетом этого выражения (1) и (2) примут вид:

$$Z_I(t) = f[Q_n(t), S(t)], \quad (3)$$

$$Z_{II}(t) = f[S(t)]. \quad (4)$$

$\mathcal{E}$  - нагрузка ковшевого элеватора, определяемая суммарной загрузкой двух камер, состоит из суммы двух величин:

$$\mathcal{E}(t) = S(t) + Q_s(t) \quad (5)$$

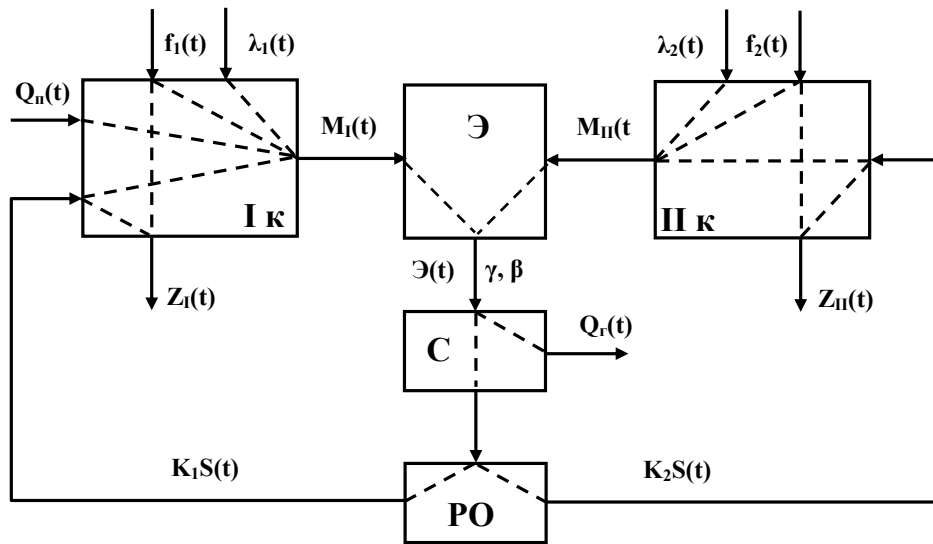


Рисунок 1 – Взаимодействие переменных объекта

где  $S(t)$  - циркулирующая нагрузка, зависящая от величины некондиционного класса - «крупки»;

$Q_2(t)$  - величина вновь образованного готового продукта /13/.

Тогда имеем следующее соотношение:

$$S(t) = \beta(t) \cdot \mathcal{E}(t) \quad (6)$$

где  $\gamma$  - процентное содержание вновь образованного готового класса в единице веса разгрузки мельницы, определяемое по ситовым характеристикам.

Следовательно, имеем соотношение:

$$Q(t) = \gamma(t) \cdot \mathcal{E}(t), \quad (7)$$

Сложив выражения (6) и (7), получим:  
 $S(t) + Q_2(t) = \beta(t) \cdot \mathcal{E}(t) + \gamma(t) \cdot \mathcal{E}(t) = \mathcal{E}(t) \quad (8)$

Выражение (8) равно выражению (5), т.к.  $\gamma(t) + \beta(t) = 1$ , следовательно, материальный баланс на элеваторе соблюдается.

Для выбора  $T$  получены автокорреляционные функции  $R_{xx}(\tau)$  переменных объекта (см. рисунок 3), по которым определено время затухания каждой из автокорреляционной функции, равное отрезку времени, вне которого справедливо неравенство:

$$R_{xx}(\tau) \leq 0,05 \cdot R_{xx}(0) \quad (9)$$

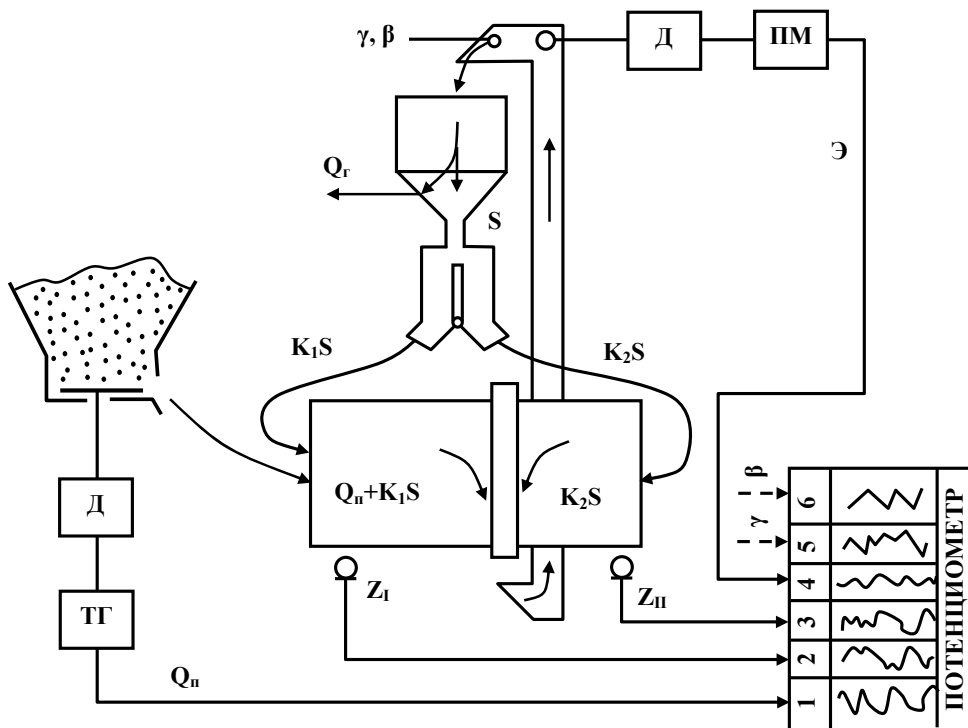


Рисунок 2 – Схема регистрации переменных объекта



Продолжительность случайных реализаций переменных объекта принята больше максимальной величины времени затухания  $\tau_{max}$ . Но с учетом формулы для определения  $T$ , предложенной в /14/,

$$T = 10 \cdot \tau_{max} \quad (10)$$

окончательно имеем:  $T = 10 \cdot 22 \text{ мин} = 220 \text{ мин} \approx 4 \text{ часа}$ , т.к.  $\tau_{max} = 22 \text{ мин}$ . (см. рисунок 3).

В данной работе значения случайных реализаций переменных объекта записаны в течение 10 часов, из которых выбран средний участок осциллограммы с установившимся режимом и продолжительностью 4 часа. Исключены начальный и конечный участки, в

которых предполагается нестационарность процесса.

Интервал дискретизации или квантования осциллограмм выбран на основе применения теоремы отсчетов (теорема Котельника /15/) для наиболее высокочастотного параметра. По теореме Котельника непрерывная функция  $x(t)$  с ограниченным частотным спектром  $\Delta f = f_{max} - f_{min}$  может быть дискретизирована последовательностью  $X_1, X_2, \dots, X_n$  с интервалом равным

$$\Delta t = 1/2\Delta f. \quad (11)$$

Количество интервалов  $n$  на осциллограмме определяется по формуле:

$$n = T/\Delta t = 2T\Delta f. \quad (12)$$

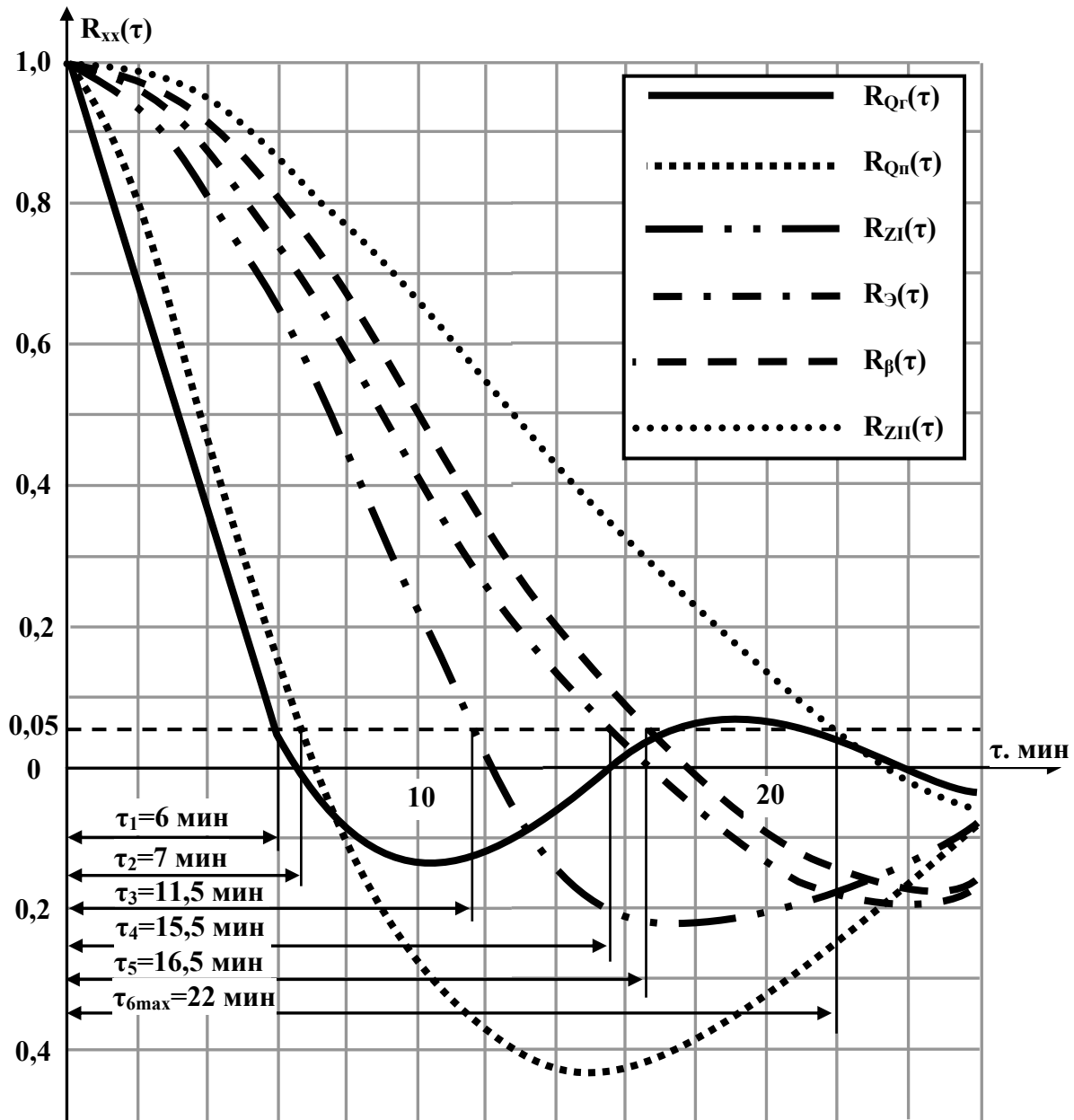


Рисунок 3 – Автокорреляционные функции переменных

На кривой измеряется наибольший и наименьший периоды колебания и по ним определяется разность частот  $\Delta\omega = \omega_{max} - \omega_{min}$  по формуле:

$$\Delta\omega = 2\pi \left( \frac{1}{T_{min}} - \frac{1}{T_{max}} \right) = 2\pi \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max} \cdot T_{min}}. \quad (13)$$

Принимая  $\Delta\omega \approx \Delta f$  и подставляя данные  $\Delta\omega$  в формулу (12), определяют величину  $n$  по формуле:

$$n = \frac{4\pi \cdot T \cdot (T_{max} - T_{min})}{T_{max} \cdot T_{min}}. \quad (14)$$

Для выбранной реализации  $Z_f(t)$  имеем:  $T = 240$  мин;  $T_{max} = 60$  мин;  $T_{min} = 20$  мин.

Тогда по формуле (14) вычисляем:

$$n = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 240 \cdot (60 - 20)}{60 \cdot 20} = 100,5.$$

Увеличивая на 15% полученное  $n$  для учета неравномерности частотной характеристики кривой, имеем:  $n = 100,5 \cdot 1,15 = 116,2$ .

Окончательно  $n$  принимаем равной 120. Тогда интервал дискретизации получается равным:  $\Delta t = 240/120 = 2$  мин.

### Список литературы

1. Исследование и оптимизация стохастических распределительных систем/ Под ред. В.П. Живоглядова. – Фрунзе: Илим, 1971, 124 с.
2. Щупов Л.П. Прикладные математические методы в обогащении полезных ископаемых. – М.: Недра, 1972, 168 с.
3. Ицкович Э.Л. Статистические методы при оптимизации производства. – М.: Госэнергоиздат, 1964, 192 с.
4. Лукомской Я.Н. Теория корреляции и её применение к анализу производства. – М.: Госстатиздат, 1961, 375 с.
5. Адамбаев М.Д. Автоматическое управление процессами сухой рудоподготовки. – Алматы: Комплекс, 2004, 163 с.
6. Балакирев В.С., Дудников Е.Г., Цирлин А.М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. – М.: Энергия, 1967, 230 с.
7. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Адаптивные модели в системах управления. – М.: Советское радио, 1966, 159 с.
8. Алиев Р.А. Промышленные инвариантные системы автоматического управления. – М.: Энергия, 1971, 112 с.
9. Живоглядов В.П. Адаптация в автоматизированных системах управления технологическими процессами. – Фрунзе: Илим, 1974, 226 с.
10. Яноши Л. Теория и практика обработки результатов измерений. – М.: Мир, 1968, 462 с.
11. Музмишвили А.И. Способ наименьших квадратов. – М.: Недра, 1968, 96 с.
12. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле. – М.: Высшая школа, 1971, 287 с.
13. Адамбаев М.Д. Метод идентификации стохастических объектов управления // Вестник КазНУ. Серия «Математика, механика, информатика» № 4 (59). – Алматы: КазНУ, 2008, с. 205-208.
14. Кошарский Б.Д., Ситковский А.Я., Красномовец А.В. Автоматизация управления обогащательными фабриками. – М.: Недра, 1977, 524 с.
15. Босый И.Д. Каналы связи. – Киев: Гос. изд. техн. лит. УССР, 1963, 392 с.

## ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОЕКТОВ «МОБИЛЬНОГО WiMAX» В КАЗАХСТАНЕ

**Ползик Елена Владимировна** – доцент кафедры "Телекоммуникационные системы" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Барсегянц Ксения Владимировна** – ассистент кафедры "Телекоммуникационные системы" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Бұл мақалада Қазақстандағы «ұялы WiMAX» негізінде ұялы сымсыз қатынау (ҰКСҚ) желілерінің даму мәселелері қарастырылған. ҰКСҚ енгізу жағдайының талдауы жүргізілді және даму перспективасы қарастырылған.*

*В данной статье рассмотрены вопросы развития сетей мобильного беспроводного доступа (МШБД) на основе «мобильного WiMAX» в Казахстане. Произведен анализ ситуации внедрения МШБД и рассмотрены перспективы развития.*

*There are development questions of networks of mobile wireless access (MBWA) on a basis «mobile WiMAX» in Kazakhstan are considered. Analysis implementation situation of MBWA is produced and development perspectives are considered too.*

В течение последних лет продолжают дискуссии о месте технологии “мобильного WiMAX” (стандарт IEEE 802.16e-2005) на телекоммуникационном рынке и ее неоднозначных перспективах; некоторые мировые производители отказываются от создания или выпуска уже разработанного оборудования WiMAX, а сторонники перспективной технологии сотовой подвижной связи 4-го поколения (4G) – LTE, напротив, проявляют большую маркетинговую активность. Не стоит забывать и о возросших инвестиционных рисках в условиях экономического кризиса. Несмотря на все перечисленные выше факторы, в Казахстане продолжается реализация начавшихся в 2007-2009 гг. проектов строительства сетей мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД) на основе “мобильного WiMAX”, планируются или декларируются новые масштабные проекты /1/.

Наряду с множеством других важных факторов, определяющих востребованность и успех в Казахстане этой современной и коммерчески доступной технологии ШБД, необходимо отметить первостепенную роль эффективного и прозрачного частотного

регулирования в интересах “мобильного WiMAX”, как технологии мобильного широкополосного беспроводного Интернет-доступа.

Проанализируем сложившуюся ситуацию применительно к этому фактору по состоянию на середину 2010 г. и оценим ближайшие перспективы ее изменения в свете принятых регулируемыми органами решений.

Международными организациями рекомендованы следующие полосы частот для развертывания сетей ШБД на основе технологии “мобильного WiMAX”: 700-900 МГц, 2,3-2,4 ГГц, 2,4-2,5 ГГц, 2,5-2,7 ГГц, 3,3-3,4 ГГц и 3,4-3,6 ГГц /1/.

Следует отметить, что WiMAX Forum в настоящее время проводит сертификацию оборудования стандарта IEEE 802.16e-2005, работающего в трех (из всех перечисленных выше) диапазонах: 2,3-2,4 ГГц, 2,5-2,7 ГГц, 3,4-3,6 ГГц. Следовательно, для участников казахстанского рынка, желающих развивать бизнес в сегменте мобильного широкополосного Интернет-доступа (МШБД) на базе WiMAX, сейчас наиболее актуальным является скорейшее решение проблем выделе-

ния и оптимальных условий использования частотных ресурсов в указанных диапазонах для РЭС МШБД.

Ниже приведены данные о категориях полос частот в Казахстане, рекомендован-

ных WiMAX Forum для развертывания сетей МШБД и определенных “Национальной таблицей распределения полос частот между радиослужбами РК” (см. таблицу).

Таблица - Категории полос частот в РК, рекомендованных WiMAX Forum для развертывания сетей МШБД на базе “мобильного WiMAX”

Полосы частот	Проведение сертификации оборудования “мобильного WiMAX” в рамках WiMAX Forum	Категории полосы частот*	Определена решениями ГКРЧ для ШБД (на 2-е полугодие 2009 г.)
700-900 МГц 890-900 МГц	Нет	ПР СИ	Нет
2,3-2,4 ГГц	Да	ПР	Фиксированный и мобильный ШБД
2,4-2,5 ГГц	Нет	ПР	Фиксированный ШБД
2,5-2,7 ГГц	Да	ПР	Фиксированный и мобильный ШБД
3,3-3,4 ГГц	Нет	ПР	Нет
3,4-3,6 ГГц	Да	СИ	Фиксированный ШБД

\* ПР - правительственное использование; СИ - совместное использование /1/

Как видно из таблицы, полосы частот, рекомендованные для развертывания сетей МШБД на базе «мобильного WiMAX», предназначены для РЭС правительственного назначения (ПР) или для совместного использования (СИ) РЭС гражданского назначения и силовых ведомств. Такая ситуация влечет за собой введение частотно-энергетических и тактических ограничений на использование РЭС ШБД /1/.

Принятыми в течение 2006-2009гг. решениями ГКРЧ были отведены следующие полосы частот для построения сетей ШБД:

– 2400-2483,5 МГц, 3400-3450 МГц, 3500-3550 МГц, 5150-5350 МГц и 5650-6425 МГц (для РЭС фиксированного беспроводного доступа);

– отдельные полосы радиочастот в диапазоне 2,5-2,7 ГГц (для РЭС ШБД, в том числе основанных на стандарте IEEE 802.16);

– часть полосы радиочастот 2,3-2,4 ГГц (для РЭС ШБД, в том числе основанных на стандарте IEEE 802.16) /2/.

Видно, что «по умолчанию», для РЭС ШБД стандарта IEEE 802.16-2005е в режиме «мобильного ШБД» были доступны диапазоны 2,5-2,7 ГГц и 2,3-2,4 ГГц, поскольку

для этих диапазонов не оговаривалось использование РЭС только фиксированного ШБД.

Далее решением ГКРЧ № 09-01-07 от 20.01.2009 г. /2/ было рекомендовано использование полосы радиочастот 2300-2400 МГц, выделенной решением ГКРЧ от 28 апреля 2008 г. № 08-24-02-001, для применения радиоэлектронными средствами технологии мобильного широкополосного беспроводного доступа на территории Казахстана. Этим же решением ГКРЧ установлен минимально необходимый радиочастотный ресурс для создания и развития сетей подвижной радиосвязи с использованием технологии МШБД на одного оператора - 30 МГц. Кроме того, ГКРЧ было установлено, что доступный для оказания услуг подвижной радиосвязи радиочастотный спектр в полосе радиочастот 2300-2400 МГц ограничивает возможное количество операторов сетей с использованием технологии МШБД на территории субъектов РК. Из-за запланированных работ по определению доступного спектра ГКРЧ приняла решение о приостановлении рассмотрения заявок на выделение частот в диапазоне 2500-2690 МГц.

Следует отметить, что приостановление ГКРЧ рассмотрения заявок на выделение частот в диапазоне 2500-2690 МГц повлекло за собой некоторую задержку реализации проектов строительства сетей «мобильного WiMAX» в 2009 г. В дальнейшем решением ГКРЧ № 09-02-07 от 19 марта 2009 г. /3/ эта проблема была разрешена. Было предписано продолжить осуществление присвоения (назначения) радиочастот для РЭС беспроводного доступа в диапазонах частот 2,5 ГГц и 3,5 ГГц только на территории тех населенных пунктов РК, в которых пользователь радиочастотного спектра выполнил все условия выделения полос радиочастот, указанные в соответствующих решениях ГКРЧ.

После определения доступного радиочастотного спектра в полосах 2300-2400 МГц, который признан решением ГКРЧ от 20.01.2009 г. ограниченным ресурсом, ожидается распределение свободного частотного ресурса, пригодного для развертывания новых сетей «мобильного WiMAX» в масштабе страны, на конкурсной основе.

С помощью реализации решения ГКРЧ № 09-02-07 от 19 марта 2009 г. /3/ ожидается решение еще одной проблемы, влияющей на экономическую эффективность проектов строительства сетей «мобильного WiMAX», - снятие существующего ограничения на мощность излучения базовых станций ШБД в диапазонах 2,5 ГГц и 3,5 ГГц (до 200 мВт).

Указанным выше решением ГКРЧ было признано возможным создание опытно-коммерческих сетей мобильного беспроводного доступа на базе действующих сетей беспроводного доступа в диапазоне частот 2,5 ГГц на территории г. Астаны и г. Алматы, а также на территории, ограниченной расстоянием 30 км от границ указанных городов, с целью оценки изменения электромагнитной обстановки в результате увеличения мощности излучения базовых станций до 40 Вт.

Было признано возможным также и создание опытных зон беспроводного доступа на базе действующих сетей беспроводного доступа в диапазоне частот 3,5 ГГц на тер-

ритории Акмолинской области (г. Степногорск), а также на территории, ограниченной расстоянием 5 км от границ указанного города, с целью проведения экспериментально-исследовательских работ по определению допустимо возможной мощности излучения базовых станций и оценки изменения электромагнитной обстановки в результате изменения мощности излучения базовых станций.

Таким образом, участники рынка ожидают положительных решений ГКРЧ о возможности увеличения мощности излучения базовых станций ШБД (в том числе «мобильного WiMAX») до 40 Вт, минимально необходимом частотном ресурсе для создания сетей беспроводного доступа в диапазонах частот 2,5 ГГц и 3,5 ГГц, возможности применения РЭС мобильного ШБД в указанных полосах радиочастот. Предположительно решения по этим вопросам должны быть приняты на ближайшем заседании ГКРЧ в III квартале 2010 г.

Возможность увеличения мощности излучения базовых станций позволит операторам более активно и эффективно реализовывать региональные проекты «мобильного WiMAX» (вне мегаполисов) за счет охвата территории регионов или населенных пунктов меньшим количеством базовых станций. А закрепление решениями ГКРЧ возможности применения РЭС МБШД в диапазонах 2,3 ГГц, 2,5 ГГц и 3,5 ГГц существенно повысит текущий рыночный статус технологии «мобильного WiMAX» в РК /3/

Следовательно, при успешной реализации задач, определенных в решениях ГКРЧ от 20 января 2009 г. и от 19 марта 2009 г. относительно мобильного ШБД в диапазонах 2,3 ГГц, 2,5 ГГц и 3,5 ГГц, проведении регулятором в 2010 г. конкурсов на получение радиочастотных ресурсов для «мобильного WiMAX» в диапазоне 2,3 ГГц можно ожидать как активизации действующих операторов в направлении регионального развертывания сетей «мобильного WiMAX», так и появления новых значимых игроков-инвесторов в этом сегменте телекоммуникационного рынка.

### *Список литературы*

1. Аналитический обзор «Анализ казахстанского рынка оборудования WiMAX». АО «Современные Телекоммуникации» ([www.modetel.kz](http://www.modetel.kz)), январь 2010 г.
  2. О порядке использования полосы радиочастот 2300-2400 МГц для развития технологии мобильного широкополосного беспроводного доступа на территории СНГ и порядке использования полос радиочастот 2500-2690 МГц, 3400-3450 МГц и 3500-3550 МГц. Решение ГКРЧ № 09-01-07, протокол заседания ГКРЧ № 09-01 от 20.01.2009, [www.minkomsvjaz.ru](http://www.minkomsvjaz.ru).
  3. Об использовании полос радиочастот в диапазонах частот 2,5 ГГц и 3,5 ГГц радиоэлектронными средствами беспроводного доступа. Решение ГКРЧ № 09-02-07, протокол заседания ГКРЧ № 09-02 от 19.03.2009, [www.minkomsvjaz.ru](http://www.minkomsvjaz.ru).
-



## ОЦЕНКА МНОЖИТЕЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ УКВ-РАДИОСИГНАЛОВ НА ПРИЗЕМНОЙ ТРАССЕ

**Самоделкина Светлана Викторовна** – старший преподаватель кафедры "Телекоммуникационные системы" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Бұл мақалада толқынның ұшсантиметрлі диапазонының сәулелену көздерін сканерлейтін антенналардың бағыттылығының қабылданушы диаграммаларды өңдеуде алынатым радиотолқындардың жер бетінде таралу дабылдарын әлсірету көбейткіштерін эксперименттік зерттеу нәтижелері ұсынылған.*

*В данной статье представлены результаты экспериментального исследования множителя ослабления сигнала на наземной трассе распространения радиоволн, полученные при обработке принимаемых диаграмм направленности антенны сканирующего источника излучения трехсантиметрового диапазона волн.*

*There are results of experimental research of the signal multiplier of strength loss on terrestrial route the radio propagations received at handling of accepted direction characteristics of the antenna of the scanning source of radiation of three-centimetric wave range in this article.*

Знание множителя ослабления радиосигналов при распространении радиоволн на трассах в тропосфере требуется при решении многих прикладных задач, например, при определении местоположения источника излучения, расчете зоны уверенного приема сигналов радиостанций, идентификации источника излучения /1, 2/.

Экспериментальная оценка множителя ослабления выполняется по результатам измерения уровня сигнала источника излучения на исследуемой трассе. Если источник излучения имеет сканирующую диаграмму направленности (ДН) антенны, то отсчеты уровня сигнала берутся в максимумах принимаемой ДН. Теоретическую оценку множителя ослабления получают по формулам, соответствующим двумерному представлению распространения радиоволн (в координатах дальность/высота) /3/. Однако значительный вклад в принимаемый сигнал вносят и препятствия, расположенные в стороне от трассы. Эти препятствия вызывают смещение максимума наблюдаемой ДН в сторону от направления трассы, расширение и изменение уровня её лепестков и являются

основными источниками ошибок при оценивании множителя ослабления.

Целью данных исследований является оценка погрешности измерения множителя ослабления по искаженной принимаемой ДН сканирующей узконаправленной антенны источника излучения на наземной закрытой трассе.

Известно /4/, что мощность принимаемого сигнала  $P_r$  определяется соотношением:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \eta_t \eta_r \lambda^2}{(4\pi R)^2} \cdot V \quad (1)$$

где  $P_t$  – мощность сигнала источника излучения;

$G_r, G_t$  – коэффициенты усиления приемной и передающей антенн соответственно;

$\eta_r, \eta_t$  – КПД линии передачи энергии от антенны до приемника и от передатчика до антенны соответственно;

$\lambda$  – длина волны;

$R$  – расстояние между передатчиком и приемником;

$V$  – множитель ослабления.

Если выразить все величины в логарифмическом масштабе (дБ), то формула (1) приобретает вид

$$P_{r, \text{дБ}} = P_t + G_t + G_r + \eta_t + \eta_r + 20 \lg \frac{\lambda}{4\pi R} + V. \quad (2)$$

Тогда, множитель ослабления может быть рассчитан по данным о величине принимаемого сигнала, протяженности трассы и техническим данным о характеристиках приемной и передающей аппаратуры:

$$V_{\text{дБ}} = P_r - P_t - G_t - G_r - \eta_t - \eta_r - 20 \lg \frac{\lambda}{4\pi R}. \quad (3)$$

Уравнение (3) используется для расчета множителя ослабления по экспериментальным данным.

Множитель ослабления может быть рассчитан по известным двумерному профилю трассы и состоянию тропосферы, например, численным методом с помощью программы AREPS /4/ или графоаналитическим методом /5/. Разница между результатами экспериментальной оценки по формуле (3) и расчетными величинами по указанным выше методикам характеризует величину ошибки предсказания множителя ослабления. Расчетные методы определения множителя ослабления совершенствуются по пути уменьшения ошибки предсказания.

Для определения возможной величины ошибки расчета множителя ослабления были использованы измерения уровня сигнала сканирующего источника, проведенные в марте 2010 г. на трассе протяженностью 38 км в окрестностях г. Астаны. Приемная станция располагалась на правом берегу реки Ишим. Позиция источника излучения имела препятствия в виде леса на расстоянии примерно 1 км в направлении на пункт приема /6/.

В качестве источника излучения использовалась импульсная радиолокационная станция (РЛС) трехсантиметрового диапазона со следующими техническими характеристиками. Ширина главного лепестка ДН антенны РЛС по уровню 0,5 составляла 1,9°, мощность радиопередатчика – 150 кВт в импульсе, коэффициент усиления антенны – 35,5 дБ. Излучение сигнала горизонтальной или вертикальной поляризации обеспечивалось изменением положения облучателя антенны. Угловое положение антенны при ее сканировании по азимуту фиксировалось с точностью 4 угл. мин. Значения углового по-

ложения антенны источника в дальнейшем использовались при обработке.

Приемный пункт включал в себя антенную систему, состоящую из двух антенн, рассчитанных на прием сигналов вертикальной и горизонтальной поляризации, и приемную аппаратуру, позволяющую регистрировать квадратурные составляющие принимаемых сигналов относительно опорного гетеродина /7/. Коэффициент усиления антенн в виде рупора вертикальной поляризации составлял 20 дБ, горизонтальной – 19 дБ при их ширине главного лепестка ДН в горизонтальной плоскости 10° по уровню 0,5 от максимума.

Перед измерениями выполнялась амплитудная калибровка приемных устройств.

Измерения выполнялись сеансами, последовательно, сначала при излучении сигнала вертикальной поляризации, затем при излучении сигнала горизонтальной поляризации. Каждый сеанс измерений содержал записанные в цифровом виде квадратуры принимаемого сигнала с выхода двух антенн в течение трех периодов кругового сканирования антенны РЛС. Период сканирования антенны РЛС составлял 52 с. Всего в обработке было использовано по 20 сеансов при излучении сигналов каждой поляризации.

В результате обработки каждого из сеансов измерений вычислялись амплитуды принимаемых импульсных сигналов и моменты его прихода при согласованном по поляризации приеме с выхода рупора вертикальной поляризации и рупора горизонтальной поляризации (см. рисунок 1) /8/.

Из рисунка 1 видно, что диаграмма направленности (ДН) имеет сильную изрезанность. Видно, что моменты прихода принимаемых сигналов фактически определяются в области главного и первых боковых лепестков ДН источника, где они имеют зависимость от углового положения антенны, приближенно описываемую параболой. Положение минимума параболы, полученное путем усреднения моментов прихода всех сеансов измерения при заданной поляризации сигнала излучения, в соответствии с принципом Ферма можно принять как направление на приемник.

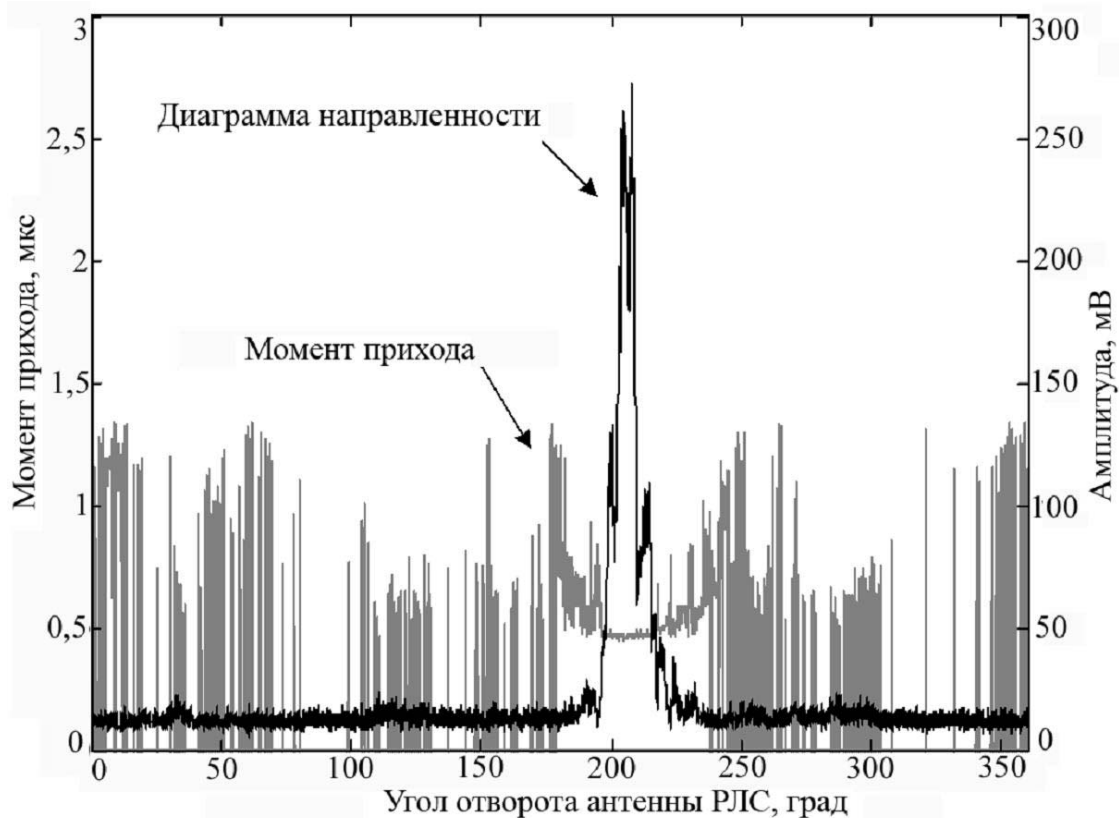


Рисунок 1 – Образец диаграммы направленности антенны РЛС и измеренных моментов прихода принимаемого сигнала при излучении сигнала горизонтальной поляризации

Расчеты средних и СКО амплитуды принимаемого сигнала проводились в линейном масштабе представления амплитуд, гистограммы множителя ослабления представлены в логарифмическом масштабе. Эти данные использовались для определения флуктуаций углового положения ДН антенны источника излучения относительно направления на приемник.

Аппроксимирующая функция огибающих боковых лепестков может быть представлена следующим образом /4, 9/:

$$\left(\frac{G(\theta)}{G_0}\right)_{[dB]} \approx \begin{cases} -12 - 10 \cdot \mu \cdot \lg\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right) & \text{при } \theta_0 < \theta \leq \pi \\ -12 \cdot \left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^2 & \text{при } 0 < \theta \leq \theta_0 \end{cases} \quad (4)$$

где  $G_0$  – коэффициент усиления антенны в направлении главного лепестка;

$\theta$  – угол между указанным направлением и главным направлением антенны (угол расогласования);

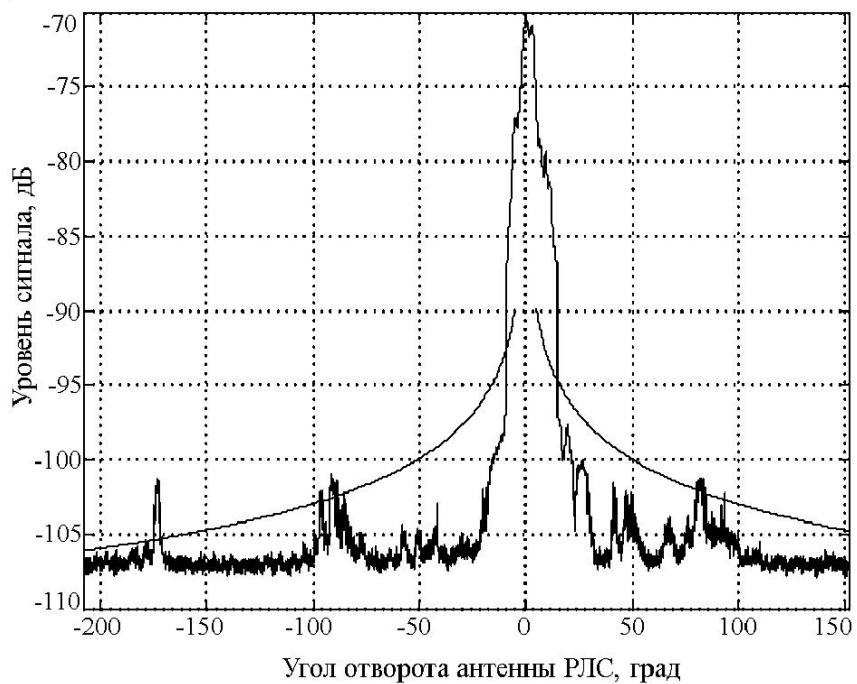
$\theta_0$  – ширина диаграммы направленности антенны;

$\mu$  – коэффициент, учитывающий качество позиции.

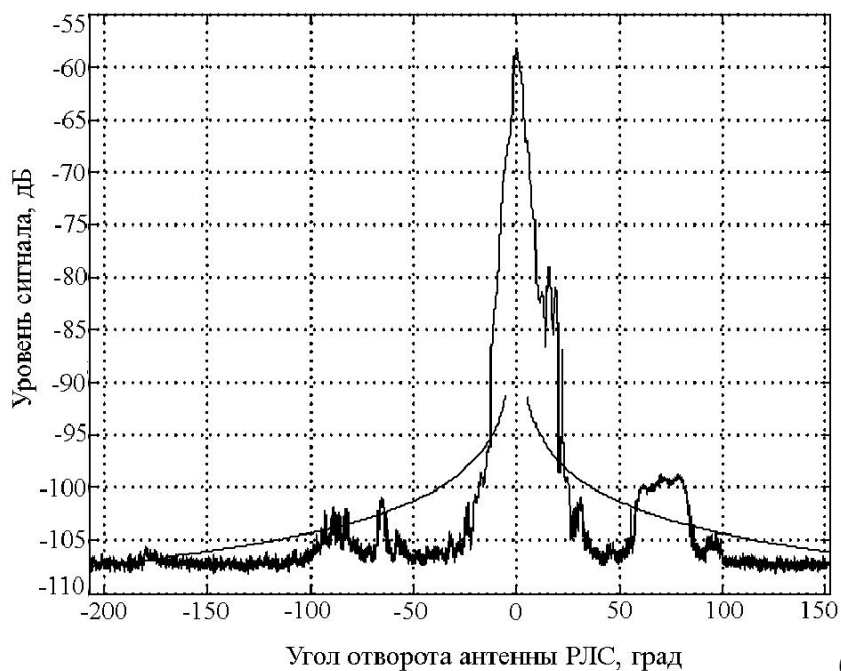
Функция 4 используется для определения класса позиции.

По данным рисунка 2 при значении  $\mu = 1$  расположение РЛС согласно /9/ относится к плохо подготовленной позиции (плохой позиции) с равномерным расположением средних отражателей.

В процессе обработки находились отклонения углового положения  $\Delta\alpha$  максимума амплитуды принимаемой ДН от направления на приемник, амплитуды принимаемого сигнала в максимуме ДН и амплитуды принимаемого сигнала при угловом положении антенны передатчика в направлении приемника. Под направлением на приемник понимается направление трассы «передатчик – приемник». По полученным данным был рассчитан множитель ослабления сигнала на трассе и построены его распределения. Распределения в виде осциллограмм приведены на рисунках 3 – 5. Для расчета множителя ослабления использовались данные технических характеристик приемной и передающей аппаратуры, которые приведены в таблице 1 /9/.



а).



б).

Рисунок 2 – Средние по 60 реализациям ДН и их аппроксимирующие функции, полученные на согласованной поляризации при излучении сигнала:

*a* – горизонтальной поляризации;

*б* – вертикальной поляризации

Таблица 1 -Технические характеристики передающей и приемной аппаратуры

Наименование величин	Частота 9210 МГц	
	Горизонтальная поляризации	Вертикальная поляризация
$P_t$ , кВт	150	150
$G_t$ , дБ	35,5	35,5
$G_r$ , дБ	19	20
$\eta_t$ , дБ	-0,71	-0,71
$\eta_r$ , дБ	-0,71	-0,71

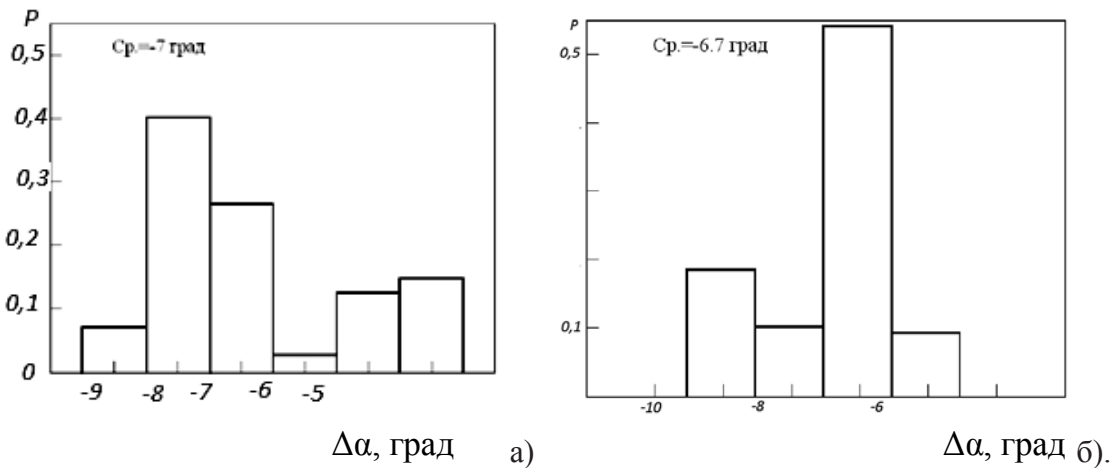


Рисунок 3 – Осциллограмма отклонения углового положения максимумов  $\Delta\alpha$  ДН при излучении сигнала:  
*a* – горизонтальной; *б* – вертикальной поляризации

Анализ рисунка 3, *a* и 3, *б* показывает, что на исследуемой трассе наиболее вероятно появление максимума ДН при отрицательных значениях углового положения антенны, когда антенна еще не установилась в направлении на приемник. Значения средних величин углового положения максимумов ДН сравнимы и имеют небольшие различия СКО для различных поляризаций. Смещение, по-видимому, определяется фор-

мой препятствия, высота которого уменьшается из-за особенностей рельефа местности в сторону отрицательных углов положения антенны передатчика. Из полученных результатов видно, что максимум ДН антенны может смещаться относительно дуги большого круга на ширину порядка нескольких градусов (порядка ширины ДН антенны источника излучения и более) и флуктуирует в пределах нескольких ширин ДН.

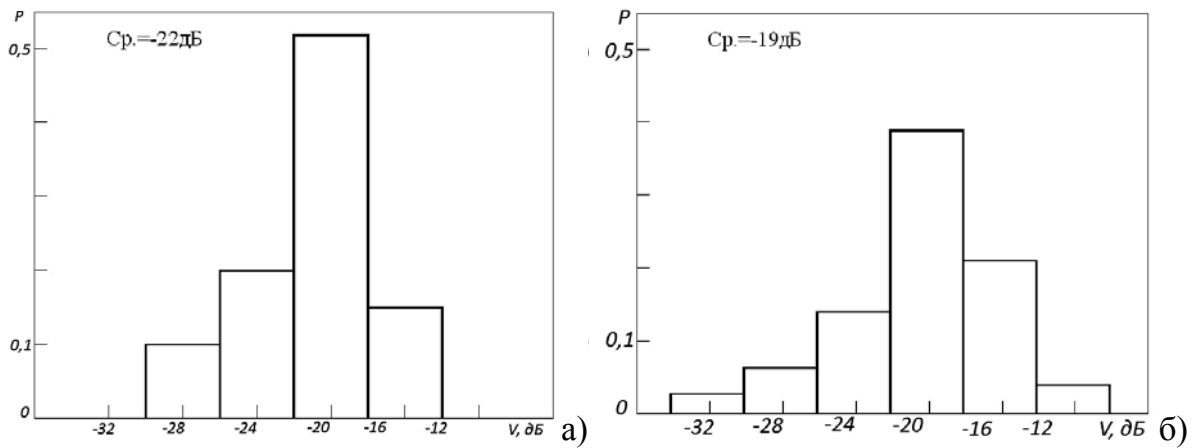


Рисунок 4 – Осциллограммы множителя ослабления сигнала в максимуме диаграммы направленности при излучении сигнала:  
*a* – горизонтальной; *б* – вертикальной поляризации

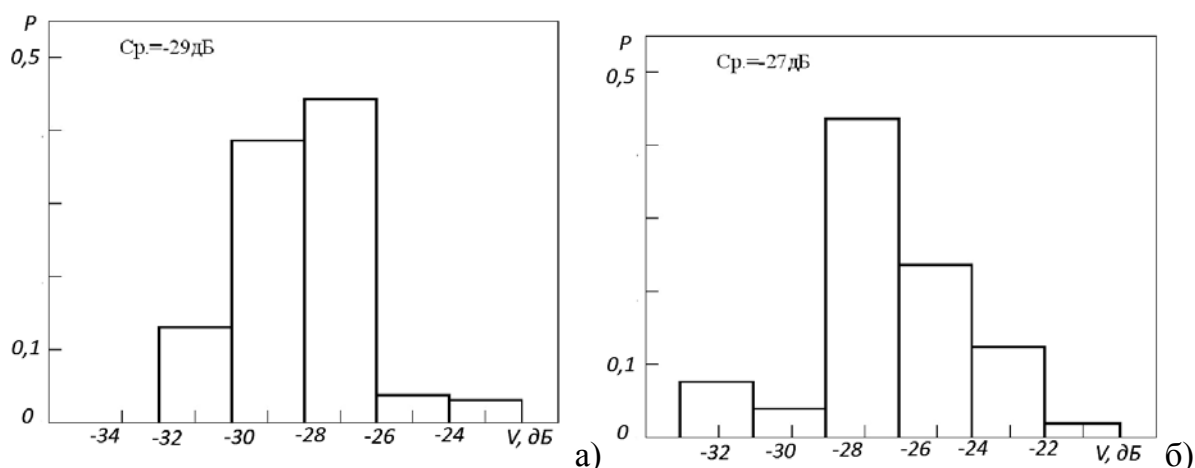


Рисунок 5 – Осциллограммы флуктуаций множителя ослабления сигнала при пересечении ДН РЛС в направлении на приемник при излучении сигнала:  
*а* – горизонтальной; *б* – вертикальной поляризации

Сводные результаты расчета множителя ослабления принимаемого сигнала на исследуемой трассе приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка множителя ослабления принимаемого сигнала по ДН сканирующего источника

Поляризация	Множитель ослабления, дБ		Ошибки оценки уровня сигнала, дБ
	В максимуме ДН	В направлении на приемник	
Горизонтальная	-22	-29	7
Вертикальная	-19	-27	8

Из таблицы 2 следует, что оценка уровня сигнала по формуле 2 для пересеченной наземной трассы приводит к завышенным результатам (на 7–8 дБ), так как эта формула не учитывает угловые флуктуации главного максимума ДН передающей антенны.

Таким образом, представленные в настоящей статье результаты указывают на следующие два обстоятельства:

1. При приеме сигнала от источника излучения с узконаправленной сканирующей в круговом режиме антенной положение антенны в максимуме принимаемого сигнала не совпадает с направлением на приемник и может быть как смещенной на постоянную величину для конкретной трассы, так и флуктуировать в пределах 1–2 ширины ДН.
2. Оценка множителя ослабления сигнала на наземных закрытых трассах по максимуму сигнала источника излучения со

сканирующей диаграммой дает ошибку в сторону завышения множителя ослабления (на 7–8 дБ) в зависимости от поляризации излучаемого сигнала. Эту ошибку в оценивании множителя ослабления следует учитывать в оценке энергетического потенциала неизвестного источника излучения со сканирующей узконаправленной антенной.

### Список литературы

1. Мельников Ю.П. Воздушная радиотехническая разведка (методы оценки эффективности). – М.: Радиотехника, 2005. – 304 с.
2. Справочник по радиолокации: В 4 т. / Под ред. М. Скольникова; пер. с англ. Под общей ред. К.Н. Трофимова. – М., 2003. – Т. 1. – 456 с.



3. Фок В.А. Проблемы дифракции и распространения электромагнитных волн. – М., 2004. – 517 с.
  4. AREPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://areps.sparaw.navy.mil/2858/publications/>.
  5. Калинин А.И. Распространение радиоволн и работа радиолинии / Л.И. Калинин, Е.Л. Черенкова. – М., 2006. – 440 с.
  6. Лебедев В.Ю. Связь элементов рельефа местности с задержкой импульсных сигналов сантиметрового диапазона на приземных трассах распространения // Радиоэлектроника. – 2006. – № 5. – С. 40–43.
  7. Грицаенко Е.Н. Экспериментальная оценка точности пеленгования по внутриимпульсным фазовым измерениям на наземных трассах прямой видимости в сантиметровом диапазоне / Е.Н. Грицаенко, Н.А. Колядин, М.В. Крутиков // Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем: Труды пятой Всерос. науч.-практ. конф. – Ульяновск: Изд-во Ульян. гос. техн. ун-та, – 2007. – С. 146–148.
  8. Измерительный комплекс для исследования пространственно-временного искажения радиосигналов трехсантиметрового диапазона на наземных трассах / М.Е. Ровкин, М.В. Крутиков, А.А. Мещеряков и др. // Радиоэлектроника. – 2008. – №7. – С. 7–11.
  9. Влияние позиции на формирование бокового излучения диаграммы направленности сканирующей антенны / Б.П. Дудко, А.А. Мещеряков // Радиоэлектроника. – 2007. – №6, – С.18–23.
-

## ПАССИВНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СЕТЬ С РАСШИРЕННОЙ ЗОНОЙ ДОСЯГАЕМОСТИ

**Тусупов Ахмет Джамалбекович** – системный инженер «Центра технической эксплуатации» Жамбылской ОДТ АО «Казахтелеком», г.Тараз

*Гигабитті пассивтік оптикалық желілер (GPON) 2,5 Гбит/с түзу және кері ағымдарда деректерді беру жылдамдығымен пассивті оптикалық желілердің алдыңғы қатарлы технология болып саналады. Бірақ бұл желінің физикалық ұзындығы 20 км шектеледі. Кваннты нүктелі жартылай өткізгіштік оптикалық күшейткішті қолданып, GPON желісі 60 км-ге дейін кеңейтілді.*

*Гигабитные пассивные оптические сети (GPON) являются наиболее передовой технологией пассивных оптических сетей со скоростью передачи данных в 2,5 Гбит/с для прямых и обратных потоков соответственно. Но данная архитектура сети имеет ограниченную физическую длину сети в 20 км. С использованием полупроводниковых оптических усилителей на квантовых точках (ППОУ-КТ) зона досягаемости GPON была расширена до 60 км.*

*Gigabit passive optical network (GPON) are the most advanced technology of passive optical networks with data transfer rates of 2.5 Gbit/s for the upstream and downstream, respectively. But this network architecture has limited physical length of 20 km. Using quantum dot semiconductor optical amplifiers (QD-SOA) the extension of GPON was reached 60 km.*

В наши дни для предоставления телекоммуникационных услуг абоненту широко используются медные кабели, но данная технология абонентского доступа неспособна обеспечить достаточную пропускную способность для развивающихся широкополосных приложений. «Волокно до дома» FTTH (Fiber-to-the-Home) – это понятие описывает общий подход к организации кабельной инфраструктуры сети доступа, в которой от узла связи до абонента используется оптическое волокно. Это позволяет заменить существующую медно-кабельную инфраструктуру сетей абонентского доступа на оптическое волокно, с высокой пропускной способностью, которая многократно превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабитами в секунду. Одной из перспективных технологий FTTH для систем оптоволоконного доступа являются пассивные оптические сети PON (Passive Optical Network). Пассивные оптических сетей (PON) могут решить проблему

последней мили, в результате чего информация дойдет до пользователя со скоростью передачи данных в гигабит в секунду.

### *1 Архитектура и стандарты пассивной оптической сети*

Архитектура PON, изображенная на рисунке 1, состоит из одного приемопередающего модуля в OLT (Optical Line Terminal), расположенного в центральном узле связи, пассивного оптического разветвителя и множества абонентских устройств ONU (Optical Network Unit). Технология PON достигает физической длины до 20 километров от узла связи до абонента, и к оптическому сплиттеру (разветвителю) можно подключить 32 абонентских узлов.

PON состоит из трех основных стандартов: Broadband PON (BPON), Ethernet PON (EPON) и Gigabit PON (GPON). Эти стандарты имеют различные характеристики и их свойства перечислены в таблице 1.

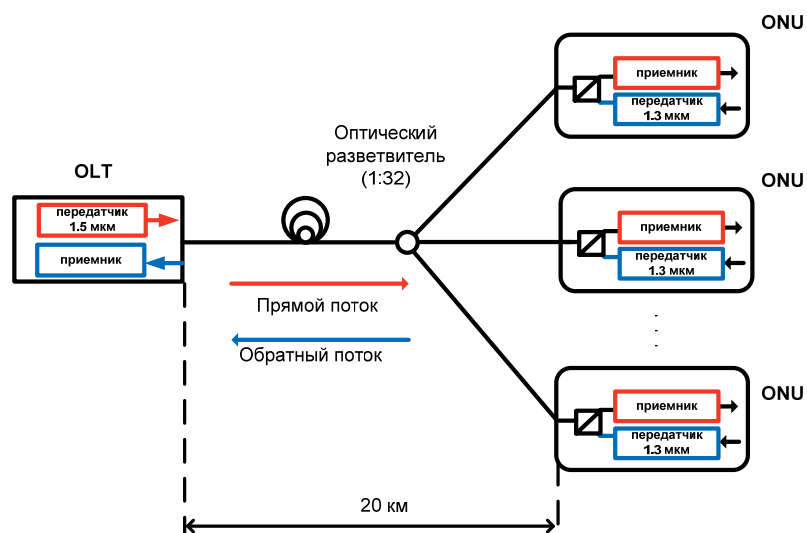


Рисунок 1 – Архитектура пассивной оптической сети PON

Таблица 1 – Основные характеристики и свойства PON /4/

Характеристика	EPON	BPON	GPON
Стандарт	IEEE 802.3ah	ITU-T G.983	ITU-T G.984
Протокол	Ethernet	ATM	Ethernet, TDM
Скорость передачи, (Мбит/сек)	1000, ПП и ОП	622 ПП,	
155 ОП	2488 ПП,		
1244 ОП			
Длина сети (км)	10	20	20
Соотношение разветвления	16 или 32	32	32 или 64

Сравнивая вышеперечисленные стандарты, приходим к выводу, что GPON является самой передовой технологией, поскольку данная технология предоставляет высокую скорость передачи данных 2,5 Гбит/сек и 1,2 Гбит/сек для прямого и обратного потоков соответственно. GPON поддерживает различные протоколы, возможности увеличения оптического соотношения разветвления и является последним стандартом для пассивных оптических сетей.

По рекомендациям ITU-T G.984, GPON поддерживает оптический бюджет мощности в 28 дБ, что практически ограничивается фактором соотношения разветвления 1:32 и длины сети не более 20 км. Если ограничения на физическом уровне могут быть преодолены, тогда можно поддерживать логическую длину сети до 60 км и логическое разветвление до 128 абонентских узлов.

## 2 Гибридная WDM/TDM GPON с расширенной зоной досягаемости

Гибридная пассивная оптическая сеть TDM/WDM является эффективным решением для оптических сетей доступа. Этот метод доступа сочетает преимущества технологий временного мультиплексирования (TDM) и спектрального уплотнения (WDM), что позволяет повышения спектральной эффективности сети. Это же сочетание позволяет передавать данные, уплотненные во времени, по каждому спектрально уплотненному каналом, что приводит к увеличению количество абонентов.

Как уже отмечалось выше, архитектура технологий GPON из-за бюджетных потерь в сети в 28 дБ имеет ограниченную физическую длину 20 км. Данное ограничение длины сети обуславливается трудностью обслуживания абонентов, расположенных да-

леко от центрального узла связи. Но бюджет мощности сети может быть увеличен путем добавления в сеть оптических усилителей. В таком случае, логическая длина сети GPON может достичь длины более 60 км. Рисунок 2 иллюстрирует расширенную зону досягаемости гибридной сети WDM/TDM GPON с использованием встроенного оптического усилителя до логической длины, превышающей 60 км.

Расширение зоны досягаемости гибридной WDM/TDM GPON сети имеет свои преимущества:

- 1) увеличенная длина сети:
  - а) объединяет тысячи центральных узлов связи в несколько городских узлов связи;
  - б) достигает абонентов, которые расположены далеко от центрального узла связи и неравномерно распределены по географическим зонам;
  - в) инфраструктура, сокращенных местных и региональных центральных узлов связи, может быть предназначена для установки оптических усилителей;

г) значительная экономия капитальных и эксплуатационных расходов /5/.

2) В гибридной WDM/TDM GPON архитектуре количество пользователей может превышать более 1000 пользователей на OLT порт /6/.

3) Высокая скорость прямого и обратного потоков трафика и имеется возможность легкого усовершенствования до 40 Гбит/сек.

4) Высокая пропускная способность для каждого пользователя.

5) Единый интерфейс для оптоволоконна.

6) Простая масштабируемость и возможность модернизации.

7) Мульти-эксплуатация (оптоволоконная инфраструктура, эксплуатируемая несколькими операторами).

8) Централизованное управление и мониторинг.

9) Отказоустойчивость и балансировки трафика.

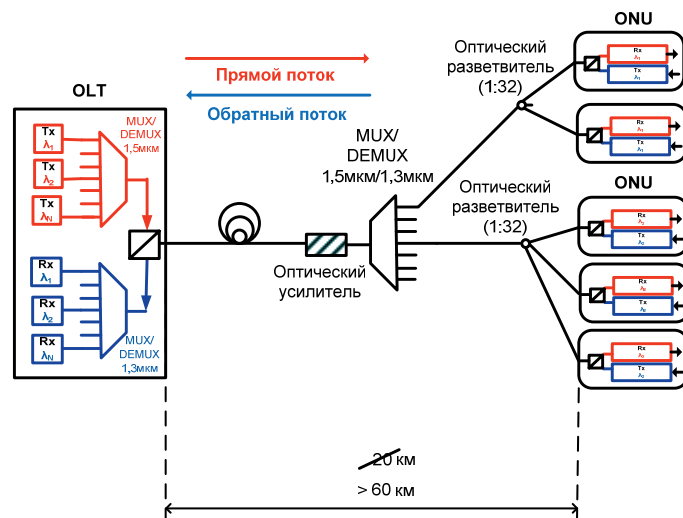


Рисунок 2 – Гибридная WDM/TDM GPON с использованием встроенного оптического усилителя с расширенной зоной досягаемости, с логической длиной выше, чем 60 км

### 3 Требования к оптическим усилителям для GPON с расширенной зоной досягаемости

Для расширения зоны досягаемости сети WDM/TDM GPON требуются использование оптических усилителей. Существуют различные типы оптических усилителей:

- Оптоволоконные усилители легированные редкоземельными элементами такие, как: эрбий (Er); неодим (Nd); иттербий (Yb); тулий (Tm); празеодим (Pr).
- Полупроводниковые оптические усилители (ППОУ): объемные ППОУ и ППОУ с пониженной размерностью такие, как

ППОУ на квантовых ямах (КЯ), ППОУ на квантовых точках (КТ).

- Рамановский усилитель.

Чтобы выбрать лучшие оптические усилители для расширения зоны досягаемости сети GPON, в первую очередь, усилители должны выполнять требования PON и соответствовать стандартам GPON ITU-T. Усилители должны быть дешевые по цене, поскольку стоимость оптического усилителя делится между всеми абонентами сети PON. А также оптические усилители должны быть приспособлены к приложениям, используемые в будущем.

Требования к оптическим усилителям для прямого потока (см. таблицу 2):

- Функционирование в диапазоне длин волн 1,5 мкм.
- Передача данных со скоростью выше 2,5 Гбит / с.
- Усиление всех спектрально уплотненных каналов на одинаковом уровне и с низкими межканальными перекрестными помехами.

Для передачи сигнала по обратному потоку требования гораздо выше. Потери перед усилителем намного выше, чем по прямому потоку в основном из-за оптического разветвления. Также абоненты сети географически распределены так, что расстояние до усилителя сильно варьируется.

Требования к оптическим усилителям для обратного потока (см. таблицу 2):

- Функционирование в диапазоне длин волн 1,3 мкм.
- Высокий коэффициент усиления для компенсации больших потерь.
- Высокий динамический диапазон для входных мощностей (ДДВМ), необходимых для покрытия вариаций уровней мощностей от расстояния абонентов.
- Высокая устойчивость для режима пульсирующего трафика, которая является необходимым условием для связи с разным уровнем мощности сигнала.

Основные требования к усилителям для гибридной WDM/TDM GPON с расширенной зоной досягаемости приведены в таблице 2 в сравнительной форме.

Таблица 2 – Требования к расширителям досягаемости (усилителям) GPON, разделенные для прямого и обратного потока

Прямой поток	Обратный поток
Скорость передачи данных: сегодня - 2.5 Гбит/сек; в будущем – выше 40 Гбит/сек	Высокий динамический диапазон для входных мощностей (ДДВМ)
Технологии CWDM/DWDM	Высокая устойчивость для режима пульсирующего трафика
Плоский коэффициент усиления спектрально уплотненных каналов	Высокий коэффициент усиления
	Низкие межканальные перекрестные помехи

#### **4 Расширенной зоны досягаемости GPON с использованием полупроводниковых оптических усилителей с пониженной размерностью**

В настоящее время ведутся активные разработки для расширения зоны досягаемости пассивных оптических сетей. Данные проекты описаны в /7/ с использованием усилителя EDFA; в /8/ с использованием рамановского усилителя и в /9/ с использованием объемного ППОУ.

Мы /10/ экспериментально продемонстрировали расширение зоны досягаемости сети WDM/TDM GPON до 60 км с использованием полупроводникового оптического усилителя на квантовых точках. Все полученные сигналы не превышали ошибочный порог.

ППОУ с активной областью на квантовых точках имеют локализацию носителей в нульмерном пространстве. КТ реализуются как когерентно напряженные, бездефектные островки при самоорганизованном эпитаксиальном выращивании гетероструктур

несогласованных полупроводников /11/. В принципе, в ППОУ-КТ временная характеристика может быть в 1000 раз быстрее, чем у ППОУ - квантовых ямах. Это делает усилитель перспективным для использования в технологиях со скоростью 1 Тбит/сек /11/. Среда усиления в КТ показывает уникальные свойства: сверхбыстрое восстановление усиления в порядке ( $\sim 1$  пс) /12/, значительно широкую спектральную ширину усиления ( $\sim 120$  нм) /13/, высокий коэффициент усиления ( $> 25$  дБ) /14/, низкий коэффициент шума ( $> 5$  дБ) /15/, возможность для неохлажденной работы /16/, высокий динамический диапазон для входных мощностей (ДДВМ), высокую устойчивость для пульсирующего трафика /17/ и поляризационную нечувствительность /18/.

Установка (см. рисунок 5) состоит из центрального узла с приемопередающего модулем OLT, 50 км оптического волокна (SMF-28), расширительной коробки для усилителей с испытываемым устройством, устройства мультиплексора/ демultipлексора, пассивного оптического разветвителя 1:32 и абонентского узла ONT. OLT в цен-

тральном узле оборудован четырьмя WDM каналами-передатчиками (1535 нм, 1545 нм, 1550 нм, 1560 нм) для прямого потока со скоростью данных в 2,5 Гбит/с, и двумя WDM приемниками (1290 нм и 1310 нм). Четыре абонентских узлов ONT расположены на дистанции 10 км от расширительной коробки. Абонентские узлы ONT содержат четыре приемника, но из-за недостатка оборудования только два из четырех ONT оборудованы передатчиками, где генерируют поток для обратной связи со скоростью в 622 Мбит/с. Выпускаемая мощность передатчиков OLT и ONU составляет +5 дБм. Трафик в настоящем эксперименте является непрерывный. Бюджет потерь для 1,5 мкм прямого потока составляет 45 дБ и 48 дБ для 1,3 мкм обратного потока. Проблема поляризации ППОУ-КТ была учтена с помощью поляризационных контроллеров, настроенных на максимальную выходную мощность.

Отсутствие ошибочных порогов и перекрестных помех между каналами прямых и обратных потоков наблюдаются даже тогда, когда система работает со всеми каналами одновременно.

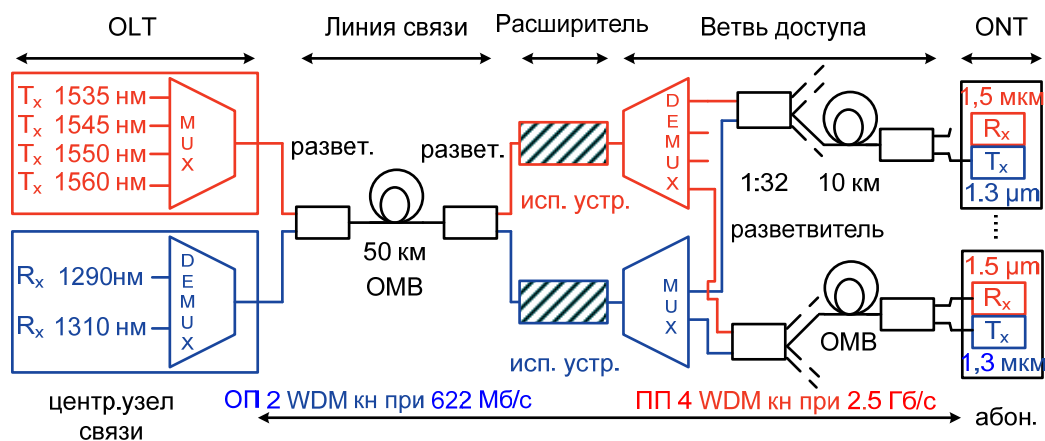


Рисунок 3 – Испытательный стенд расширенной WDM/TDM GPON с четырьмя каналами прямого потока и с двумя каналами обратного потока, где каждый канал обслуживает 32 абонента и с длиной сети в 60 км, используя оптические усилители для двунаправленного усиления

### Список литературы

1. Стандарт Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике IEEE Ethernet First Mile Standards 802.3ah-2004, included in 802.3-2005
2. Рекомендации международного союза электросвязи ITU-T Recommendations G.983
3. Рекомендации международного союза электросвязи ITU-T Recommendations G.984



4. Белая книга: Full service broadband with GPON, 2008
5. Davey R., Kani J., Bourgart F. and Mccammon K. Options for future optical access networks // IEEE Commun. Mag. 44 – 2006 — Vol. 6 – P. 50–56
6. Lázaro J.A., Prat J., Chanclou P., Tosi Belleffi G.M., Teixeira A., Tomkos I., Soila R. and Koratzinos V Scalable Extended Reach PON // OFC/NFOEC – Feb. 2008 – paper OThL2
7. Photonic Integrated Extended Metro and Access Network URL: <http://www.ist-piem-an.org/>
8. Iannone P.P., Lee H.H., Reichmann K.C., Zhou X., Du M., Pálsdóttir B., Feder K., Westbrook P, Brar K., Mann J. and Spiekman L. Hybrid CWDM Amplifier Shared by Multiple TDM PONs // National Fiber Optic Engineers Conference (NFOEC) – 2007 – paper PDP13
9. Nettet D., Kelly T., Appathurai S. and Davey R. Extended Reach GPON Using High Gain Semiconductor Optical Amplifiers // 33rd European Conference and Exhibition of Optical Communication OFC/NFOEC – 2008
10. Bonk R., Brenot R., Meuer C., Vallaitis T., **Tussupov A.**, Rode J. C., Sygletos S., Vorreau P., Lelarge F., Duan G. H., Krimmel H.-G., Pfeiffer Th., Bimberg D., Freude W., Leuthold J. 1.3/ 1.5  $\mu\text{m}$  QD-SOAs for WDM/TDM GPON with Extended Reach and Large Upstream/Downstream Dynamic Range // Proc. Opt. Fiber Communication Conf. (OFC'09), San Diego, USA; OWQ1, accepted for publication
11. Bhattacharya P., Bimberg D., Arakawa Y. Special Issue on Optoelectronic Devices Based on Quantum Dots // IEEE – Sep. 2007 – vol. 95 – No. 9, P.1718-1722.
12. Vallaitis T., Koos C., Bonk R., Freude W., Laemmlin M., Meuer C., Bimberg D., Leuthold J. Slow and fast dynamics of gain and phase in a quantum dot semiconductor optical amplifier // Opt. Express – Jan. 2008 – Vol. 16 – No. 1 – P. 170-178.
13. Brenot R., Lelarge F., Legouezigou O., Pommereau F., Poingt F., Legouezigou L., Derouin E., Drisse O., Rousseau B., Martin F., Duan G. H. Quantum Dots Semiconductor Optical Amplifier with a -3dB Bandwidth of up to 120 nm in Semi-Cooled Operation // The Proceedings of the Optical Fiber Communication Conference – 24-28 February 2008 – San Diego, CA, USA – paper OTuC1.
14. Akiyama T., Sugawara M., Arakawa Y. Quantum-Dot Semiconductor Optical Amplifiers // IEEE – Sep. 2007 – vol. 95 – No. 9 – P.1757-1766.
15. Bimberg, D. Quantum dot based nanophotonics and nanoelectronics // Electr. Letters – 2008 – vol.44 – Issue 3 – P.168.
16. Wang H., Aw E.T., Xia M., Thompson M.G., Penty R.V., White I.H. Temperature Independent Optical Amplification in Uncooled Quantum Dot Optical Amplifiers // OFC, OSA Technical Digest (CD) – 24-28 February 2008 – San Diego, CA, USA – paper OTuC2
17. Bonk R., Meuer C., Vallaitis T., Sygletos S., Vorreau P., Ben-Ezra S., Tsadka S., Kovsh A. R., Krestnikov I.L., Laemmlin M., Bimberg D., Freude W., Leuthold J. Single and Multiple Channel Operation Dynamics of Linear Quantum-Dot Semiconductor Optical Amplifier // ECOC'08 – Sept. 2008 – Brüssel – paper Th1.C2,
18. Yasuoka N., Kawaguchi K., Ebe H., Akiyama T., Ekawa M., Morito K., Sugawara M., Arakawa Y. Quantum-Dot Semiconductor Optical Amplifiers With Polarization-Independent Gains in 1.5 $\mu\text{m}$  Wavelength Bands // ECOC'08 – Sept. 2008 – Brüssel, Th1.C1

# **ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА ПО ОТРАСЛЯМ**

---

УДК 628.395:622.69

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

**Естай Серик Естаевич** – генеральный директор АО «Интергаз Центральная Азия» г. Астана

**Санатова Тоты Сабировна** – заведующая ТНИЛ «Промышленная экология» Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Санатов Ануар Аскарлович** – инженер ТНИЛ «Промышленная экология» Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Мақалада магистральдық газ құбырларын пайдалану барысында парниктік газ шығуын есептеу әдістемесі қарастырылған. Есептеуді жеңілдететін және метан шығуының сандық сипаттамасын анықтайтын әдістеме ұсынылған.*

*В статье рассматривается методика расчета выбросов парниковых газов, учитывающая стравливание газа при эксплуатации магистральных газопроводов. Предложена методика, позволяющая упростить расчеты и определить количественную характеристику выбросов метана.*

*In the article the method of calculating greenhouse gas emissions, taking into account the etching gas in the operation of trunk pipelines. A method to simplify calculations and to determine the quantitative characteristics of methane emissions.*

Известно, что парниковый эффект - предполагаемое потепление климата на Планете в результате накопления в атмосфере “парниковых газов”, пропускающих солнечные кратковременные лучи и препятствующие тепловому излучению с поверхности Земли. К парниковым газам относятся метан, углекислый газ, закись азота и другие.

Природный газ, используемый в энергетике, относится к невозобновляемым энергетическим ресурсам, в то же время это наиболее экологически чистый вид традиционного энергетического топлива. Природный газ на 70-98% состоит из метана, остальные 30% приходятся на этан, пропан, бутан и некоторые другие вещества. По сравнению с нефтью, природный газ значительно меньше загрязняет среду в процессе добычи и транспортировки к месту потребления.

Нефть и газообразное топливо - основа современной энергетики. В развитых стра-

нах его используют на 60 %, а в развивающихся - на 40 %.

Последствия парникового эффекта, которое вызывает наибольшие опасения - это подъем уровня Мирового океана. Международная конвенция климатологов в Австрии (1988) прогнозировала к 2030 - 2050 гг. повышение температуры на 1,5 - 4,5 °С, которое может вызвать подъем уровня океана на 50-100 см, а к концу XXI века - на 2 м /1/.

Сжигание человечеством огромного количества различных видов топлива, в том числе природного газа, за последние 40 лет привело к заметному увеличению содержания углекислого газа в атмосфере, который, как и метан, является парниковым газом. Большинство ученых именно это обстоятельство считают причиной наблюдающегося в настоящее время потепления климата.

В целях защиты климатической системы от опасного антропогенного воздействия

государства-члены ООН подписали в 1992 г. Рамочную Конвенцию ООН об изменении климата.

Газовая отрасль Республики Казахстан представляет собой взаимосвязанный комплекс, состоящий из трех основных секторов: производство (добыча и переработка) природного газа, осуществление транзита по магистральным газопроводам и системы газораспределения (потребление).

Деятельностью АО «Интергаз Центральная Азия» (АО «ИЦА») является обеспечение эффективной, надежной и безопасной эксплуатации системы магистральных газопроводов для транспорта газа внутренним и внешним потребителям, а также хранение газа на подземных хранилищах газа (ПХГ).

АО «ИЦА» имеет филиалы – управления магистральными газопроводами (УМГ) в городах Атырау, Актау, Актобе, Уральск, Кызылорда, Алматы /2/.

В эксплуатации предприятия находятся следующие магистральные газопроводы: «Средняя Азия-Центр», «Макад-Северный Кавказ», «Окарем-Бейнеу», «Союз», «Оренбург-Новопсков», «Бухара-Урал», «Бухарский газоносный район-Ташкент-Бишкек-Алматы», «Газли-Шымкент», «Акшабулак-Кызылорда», «Амангельды-КС-5», «Карталы-Рудный-Кустанай», «Жаназол-Актобе», «Жаназол-КС-13» /2/.

В состав магистральных газопроводов входят: линейная часть (ЛЧ), компрессорные станции (КС), газораспределительные станции (ГРС), подземные хранилища газа (ПХГ).

Необходимость государственного учета и регулирования выбросов парниковых газов определяется участием Республики Казахстан в Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Киотском протоколе. 17 сентября 2009 г. Киотский протокол официально вступил в силу для РК. Одним из обязательств Республики Казахстан как Стороны РКИК ООН является предоставление отчета о национальных выбросах парниковых газов. Реализация Киотского протокола в газовой отрасли Казахстана неразрывно связана с выполнением комплекса мероприятий по охране окружающей среды и применением

новых технологий на базе достижений научно-технического прогресса. В основу методики расчета выбросов парниковых газов для предприятий, принятой в нашей республике /3/, положены *Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК* (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) *1996 и 2006 гг.*, являющиеся обязательной для всех стран методологией, рекомендациям и принципам которой должны соответствовать отчеты о выбросах парниковых газов, предоставляемые странами Приложения 1 РКИК ООН в ее секретариат. Методика позволяет рассчитать выбросы парниковых газов, образующихся при сжигании топлива на энергетических объектах (тепловые станции, котельные, газоперекачивающие агрегаты (ГПА), а также на автотранспорте. Проведенный анализ деятельности АО «ИЦА» показывает, что парниковые газы выбрасываются при сжигании топлива в ГПА, котельных, резервных электростанций. Значительный вклад в общий объем выбросов приходится на сбросы метана из магистрального газопровода при различных технологических операциях. К сожалению, принятая в Казахстане методика не позволяет учесть эти выбросы.

Общая протяженность линейной части магистральных газопроводов составляет 11 055,46 км, в том числе 881,36 км газопроводы-отводы. В состав сооружений линейной части магистральных газопроводов входят: линейные задвижки, камеры запуска-приема поршней.

При эксплуатации магистральных газопроводов выполняются различные технологические операции (вывод в ремонт участков, очистка трубы и т.д.), сопровождающиеся стравливанием газа /4/. Годовые потери газа (лимит потерь) при эксп-ии МГ определяются:

$$q_{nom} = H_n * V_{зан}, \text{ (млн. м}^3 \text{ в год)}$$

где  $q_{пот}$  - годовой лимит (объем) потерь газа, млн.м<sup>3</sup>;

$H_n$  - индивидуальная норма технологических утечек газа на МГ, м<sup>3</sup>/млн.м<sup>3</sup> в год;

$V_{зан}$  - запас газа в трубах МГ, млн.м<sup>3</sup>.

Индивидуальная норма технологических потерь газа на МГ определяется по формуле:

$$H_n = H_0 * K_{yi} * K_{pi} * K_{Ti} * K_3,$$
 (м3/млн. м3 в год)

где  $H_0$  - исходная индивидуальная норма технологических потерь газа в МГ, которая определяется по формуле:

$$H_0 = 1,825 * d_0 / d_{cpi},$$

где  $d_0$  - внутренний диаметр приведенного диаметра газопровода, мм;

$d_{cpi}$  - диаметр I-го газопровода или средний диаметр системы газопроводов, мм;

$K_{yi}$  - коэффициент условий эксплуатации газопроводов, учитывающий срок эксплуатации, природный фактор и т.д. Например, Уралтрансгаз:  $K_{yi} = 1.2$ ;

Средазтрансгаз:  $K_{yi} = 0.778$ ;

Средний  $K_{yi} = (1.2+0.778)/2=0.989$ ;

$K_3$  - коэффициент, учитывающий ежегодное снижение потерь газа;

$$K_3 = 1 - M6 = 1, (M6=0);$$

$K_{pi}$  - коэффициент, учитывающий влияние давления  $P_{cp}$  и коэффициент сжимаемости  $Z_{cp}$ ;

$$K_{pi} = (250.9 * P * 10^2 / Z_{cp}) * 10^{-6},$$

$$P_{cp} = P_i * L / \sum L_i,$$

$L_i$  - длина I-го газопровода, км;

$K_{Ti}$  - температурный коэффициент,

$$K_{Ti} = 293.15 / T_{cp};$$

$T_{cp}$  - средняя температура по всему участку МГ, град К.

Результаты укрупненного расчета выбросов метана при технологических потерях ( $H_n$ ) газа по МГ  $q_{пот}$ , выполненный для магистрального газопровода «Газли-Шымкент», приведен в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты расчета выбросов метана магистрального газопровода «Газли-Шымкент»

Наименование газопровода/участков	$H_0$	$D_0$	$b$	$d_{cp}$	$K_{yi}$	$K_3$	$K_{pi}$	$K_{Ti}$	$P_{cp}$	$t_{cp}$	$T_{cp}$	$L$	$Z_{cp}$	$H_n$	$V_n$	$q_n$
МГ "Газли-Шымкент", 203-626.2 км :																
203-621 км	1,84	1220	13	1194	1,33	1	0,24	0,99	31	22	295	418	1	0,59	13,884	8,163
621-625 км	1,85	1220	15	1189	1,33	1	0,24	0,99	31	22	295	4	1	0,59	0,132	0,078
625-626.2 км (КС-4а) "Самсоновка"	2,22	1020	14	992	1,33	1	0,23	1,00	30	21	294	1,2	1	0,67	0,027	0,018

Технологические утечки природного газа при его транспортировке по магистральному газопроводу «Газли-Шымкент» составляют 8 258 000 м<sup>3</sup> в год. Согласно данным по химическому составу природного газа содержание метана в нем составляет 98 %, плотность – 0, 704 кг/м<sup>3</sup>. Следовательно, при ремонте, остановке и пуске газопровода в атмосферу поступит 5 697, 359 т метана в год. Расчеты, проведенные по вышеуказанным формулам,

достаточно сложны и громоздки и требуют уточнения по каждому участку газопровода.

При проведении инвентаризации выбросов парниковых газов с целью упрощения методики предлагается расчеты проводить на основе удельных выбросов с единицы длины газопровода, учитывающие технические параметры (давление газа в трубе, диаметр, условия эксплуатации).

Таблица 2 – Таблица удельных выбросов метана

Наименование	Единица измерения	Предлагаемый уровень средневзвешенной нормы расхода газа на СНИТП	Удельные выбросы метана	
			2008 г.	2009 г.
МГ «Средняя Азия-Центр», МГ «Макад-Северный Кавказ», МГ «Окарем-Бейнеу»	м <sup>3</sup> /тыс.м <sup>3</sup> × км	0,0383	0,0374	0,0342
МГ «Союз», МГ «Оренбург-Новопсков»	м <sup>3</sup> /тыс.м <sup>3</sup> × км	0,0241	0,0223	0,0173
МГ «Бухара-Урал», МГ «Карталы-Рудный-Костанай», МГ «Жаназол-Актобе», МГ «Жаназол-КС-13»	м <sup>3</sup> /тыс.м <sup>3</sup> × км	0,0630	0,0481	0,0457
МГ «Бухарский газоносный район - Ташкент-Бишкек-Алматы», МГ «Шымкент-Газли», МГ «Амангельды-КС-5»	м <sup>3</sup> /тыс.м <sup>3</sup> × км	0,0509	0,0343	0,0418
МГ «Акшабулак-Кызылорда»	м <sup>3</sup> /тыс.м <sup>3</sup> × км	0,0554	0,0679	0,0500
Сумма			0,21	0,189
Средние удельные показатели			0,042	0.0378

В таблице 2 приведены результаты расчетов выбросов метана для всех магистральных газопроводов АО «Интергаз Центральная Азия» по данным 2008 2009 годов. Анализ данных таблицы 2 показывает, что отклонение результатов средних удельных показателей не превышает 10 %. Предлагается в качестве удельных показателей выбросов  $q_{уд}$  принять среднее значение за 2008 - 2009 года – 0,0399 м<sup>3</sup> / тыс.м<sup>3</sup> × км. Тогда расчет годовых выбросов будет произведен по следующей формуле:

$$Q = q_{уд} * V * L * g * 10^{-3}, \text{ (т/год)}$$

где  $q_{уд}$  - удельный выброс метана на единицу длины газопровод, м<sup>3</sup> / тыс.м<sup>3</sup> × км;

V - объем газа, м<sup>3</sup> ;

L - длина газопровода, км;

g - плотность газа.

Таким образом, предложенная методика позволяет упростить расчеты и определить количественную характеристику выбросов метана.

### Список литературы

1. Бобылев А.П., Айруни А.А. Загрязнение атмосферы и способы борьбы с

нами за рубежом. – М.; ЦНИЭИ уголь, 1978, 28 С.

2. Хакимжанов Т.Е., Естай С.Е., Санатова Т.С. Влияние газотранспортной системы на атмосферу. Информационное пространство современной науки: материалы Международной заочной научно-практической конференции - Чебоксары: НИИ педагогики и психологии, 2010- С.252-253.
3. Методика расчета выбросов парниковых газов для предприятий республики Казахстан по производству энергии, добыче, обработке, хранению и транспортировке нефти, газа и угля, металлургии и цементному производству, 2009г.
4. А.А. Санатов, С.Е. Мананбаева, С.Е. Естай Оценка технологических потерь метана при транспортировке природного газа X Сатпаевские чтения «Стратегический план: казахстанский путь к лидерству». 22 том.- Павлодар: Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова, 2010.- С.212-213. Материалы международного научной конференции молодых ученых, студентов и школьников



## БИЛЛИНГТІК ЖҮЙЕ АРҚЫЛЫ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ЕСЕПТЕУДІҢ БІРТҰТАС ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

**Ордабаев Мақсұт Құтымұлы** – Энергия үнемдеу, энергия тиімділігі және жаңартылған энергия көздерін пайдалану департаментінің директоры, Астана қ.

**Жакупов Алмас Аусыдықұлы** – эком.ғыл.канд, профессор, Алматы энергетика және байланыс университетінің Экономика өндірісті ұйымдастыру және басқару кафедрасының меңгерушісі, Алматы қ.

**Ағымов Талғат Нурланұлы** – Алматы энергетика және байланыс университетінің отын-энергетика кешені мәселелерін зерттеу техникалық ғылыми зерттеу зертханасының инженері, Алматы қ.

*Мақалада халыққа коммуналдық қызмет көрсетуде, біртұтас есептеу орталығымен барлық тұтынушылар бойынша автоматтандырылған мәліметтер банкі (биллингтік жүйе) құру сұрақтары қарастырылады.*

*В статье рассматриваются вопросы создания автоматизированного банка данных (биллинговая система) по всем потребителям, с едином расчетным центром при оказании коммунальных услуг населению.*

*This article considers the creation of an automated data bank (billing system) for all consumers, with a single payment center for the provision of municipal services.*

Қазіргі таңда халыққа коммуналдық қызмет көрсететін мекемелер мен ұйымдар төлемақы қабылдауды, өзінің жеке қабылдау бөлімшелерінде және төлемақы түсетін өңдеу орталықтарында жүргізеді.

Негізгі күш адам ресурстарына түседі, ал ақпараттар базасын белсендендіру технологиясына қолдау көсетілмеген, абоненттерге қызмет көрсету бөлімшелерінде ақпараттық сервис толық дамымаған, бұл өз кезегінде қызмет көрсетуді есептеу кезіндегі қиындықтарға және төлемақы бойынша ақпараттың тежелісіне, құжат алмасу кешіктірілуіне және дебиторлардың адрестіканықталуына кері ықпалын тигізеді/1/.

Төлемақының уақытылы төленбеуі салдарынан өнеркәсіп шығыны көбеюіне, көрсетілетін қызмет түріне тарифтің артуына әкеліп соқтырады, сонымен қатар коммуналдық сферадағы әлеуметтік-экономикалық жағдайды күрделендіреді.

Бұл мәселені коммуналдық қызмет түрлерін реттеу үшін, өндірістік емес шығын-

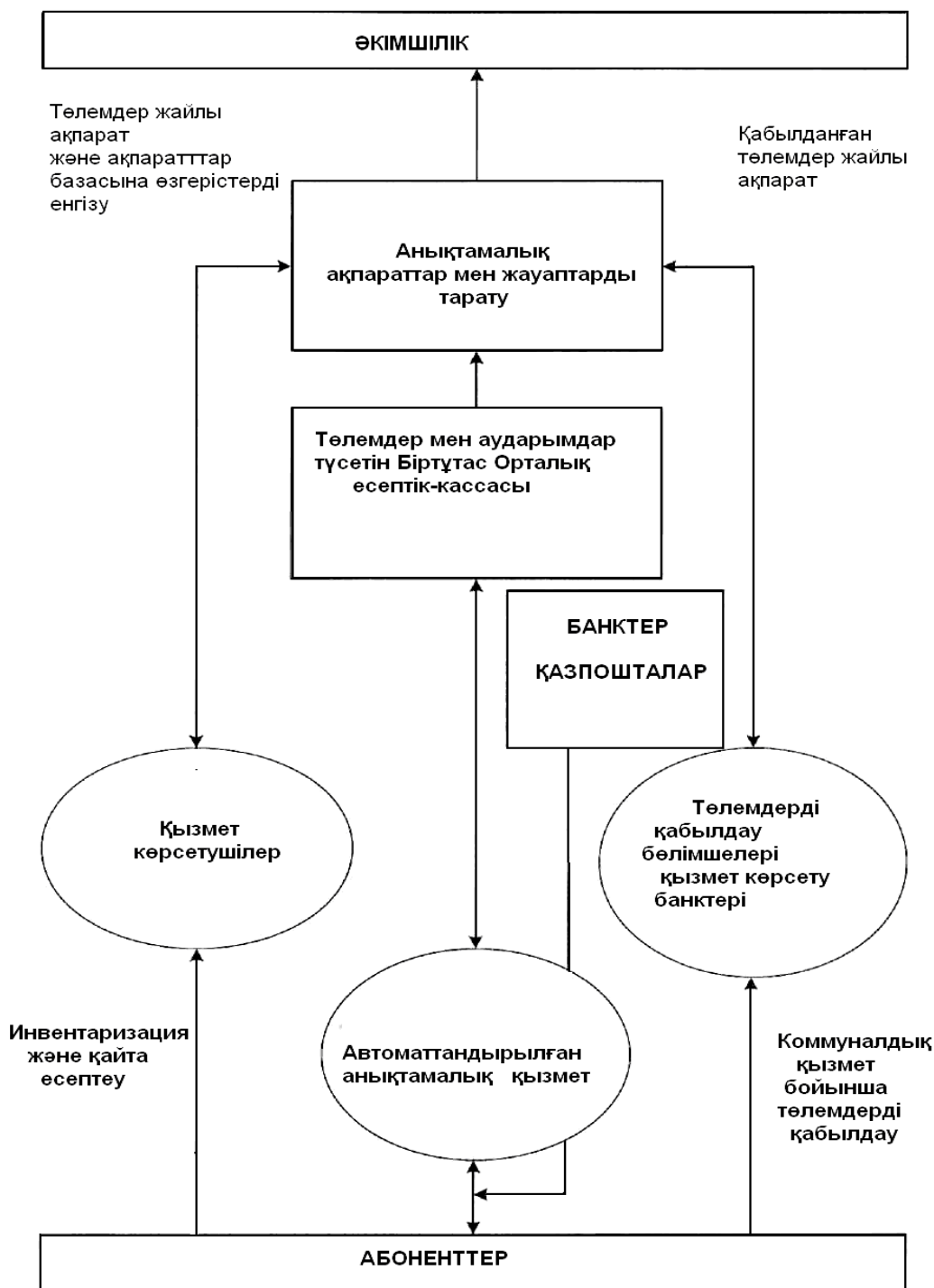
дарды азайту үшін, коммуналдық қызмет көрсетушілердің бағытын нақтылау үшін, осы қызмет түрін тұтынатын барлық тұтынушылар бойынша автоматтандырылған мәліметтер банкі құру, оның негізінде біртұтас есептік орталықты құру арқылы шешуге болады /2/. Біртұтас есептік орталықтың құрылымдық сұлбасы 1-ші суретте келтірілген.

Біртұтас есептік орталық арқылы есептеуді жүргізудің негізгі ұйымдастырушылары келесілер болып табылады:

- Біртұтас есептік орталық
- Банктер (Қазақстанның Халық банкі, Астана-Банкі, Туран-Алем Банкі, Қазпошта)
- Коммуналдық қызмет көрсетушілер.
- Облыс Акімшілігі түріндегі жерлігілікті билік.

Жобаға қатысушылардың әрекет ету және қатысу формасы және коммуналды есептеудің технологиялық сұлбасы келесідей іске асырылады.





Сурет 1 – Біртұтас есептік орталықтың құрылымдық сұлбасы

1. Энергетикалық ресурстарды есептеудің біртұтас есептеу орталығы қызмет көрсету орталықтарына және төлемақы қабылдау бөлімшелерінде программалық қамтамасыз ету жүйесін орнатады; орталықтанған мәліметтер базасын енгізуді оның үзіліссіз жұмыс істуін белсенділігін артырып; бекітілген тарифті ескере отырып аударылым технологиясын ұйымдастырады; «тұтынушы -

Банк – қызмет көрсетуші» тізбегі бойынша ақшалай қаражат қозғалысының мониторингтік жүйе тәжірбиесін құрып оны енгізеді; қажетті есеп берумен анықтамалық ақпаратты түзеді; жүйені функцияландыру тиімділік талдауын, программалық және теникалық қамтамасыз етуді қамтамасыз етеді; қашықтағы тұтынылатын коммуналдық қызмет көлемін есептеудің сонымен қа-

тар бөліну шекараларындағы, тарату тораптарындағы, төлем көрсетілмеген тұтынушыларды адрестік ажыратудың автоматтандырылған жүйесі құрылып енгізіледі.

2. Банктер – біртұтас есептеу орталықтарымен жасалған келісім шарт негізінде программа арқылы құрылымдық бөлімшелерден және филиалдар тораптары арқылы халықтан жиналған коммуналдық төлемдері іске асырылатын коммуналдық төлемдер мәліметтер базасына кіре алады; қолма-қолсыз төлем жасауды қолдану және жаңа формаларын салымшылар міндеттемесі бойынша шоттарынан қаражатты алу, зейнетақы төлемі кезінде т.с.с дамытуды қамтамасыз етеді.
3. Облыс әкімшілігі – ұйымдастыру сұрақтарын шешуге араласады; қызмет көрсетушілер мен тұтынушылар арасында есеп айырысудың жаңа формасының құндылықтарын түсіндіру жұмыстарын жүргізеді.
4. Қызмет көрсетушілер – ұйымдастыру сұрақтарын шешуге араласады; мәліметтер базасының алғашқы жобасын құру үшін тұтынушылар, тарифтер жайлы және басқа бар ақпараттарды ұсынады; абоненттермен инвентаризациялық жұмыстарды жүргізеді.

Коммуналдық қызмет көрсетушілер, орталықтанған мәліметтер базасына қол жеткізу арқылы, өзінің қызмет түрі бойынша қажетті анықтамалық және нормативтік ақпаратты енгізеді /3/,/4/.

Өзінің құқығымен берілген рұқсат билігі арқылы қайта есептеудің барлық түрлерін, абоненттерді қосу, тарифтерді өзгерту, есептеу әдістерін жүргізеді.

Біртұтас есептеу орталығы орталықтанған мәліметтер базасын енгізуді қамтамасыз ете отырып, қызмет көрсетушілерден алынған ақпараттар негізінде, төленетін сомманы есептеуді жүргізеді.

Біртұтас есептеу орталығы, қашықта орналасқан тұтынылатын коммуналдық қызмет және энергоресурстар көлемін есептеудің автоматтандырылған жүйесін, төлемақы көрсетілмеген абоненттердің

адрестік ажыратуларын енгізіп оған қызмет көрсетеді. Тұтынылатын коммуналдық қызмет және энергоресурстар көлемі бойынша мәліметтер базасын құрап, ажыратуды оны енгізу шамасына орай автоматтандырылған жүйеге қосуды қамтамасыз етеді.

Қажет болған жағдайда қызмет көрсетуші өнеркәсіп тапсырысы бойынша төлеушілер назарына қызмет көрсететін Банктің кез-келген бөлімінде ай сайын коммуналдық қызмет төлемдерін төлеу жайлы ақпараттық еске салу жүргізіліп отырады. Хабарлама тұтынушыларға пошталық бөлімшелер мүшелері арқылы іске асырылады. Қажет жағдайда қарыз абоненттерге телефоны бар жағдайда автоқоңырау программасын енгізу мүмкіндігі бар.

Абоненттерден төлем ақы қабылдау қашықтық қол жеткізу арқылы есептеу орталығына қызмет көрсетушілер ұсынған фактілік мәліметтерге сәйкес іске асырылады. Төлем соммасын және қызмет түрі абонентпен таңдалынады.

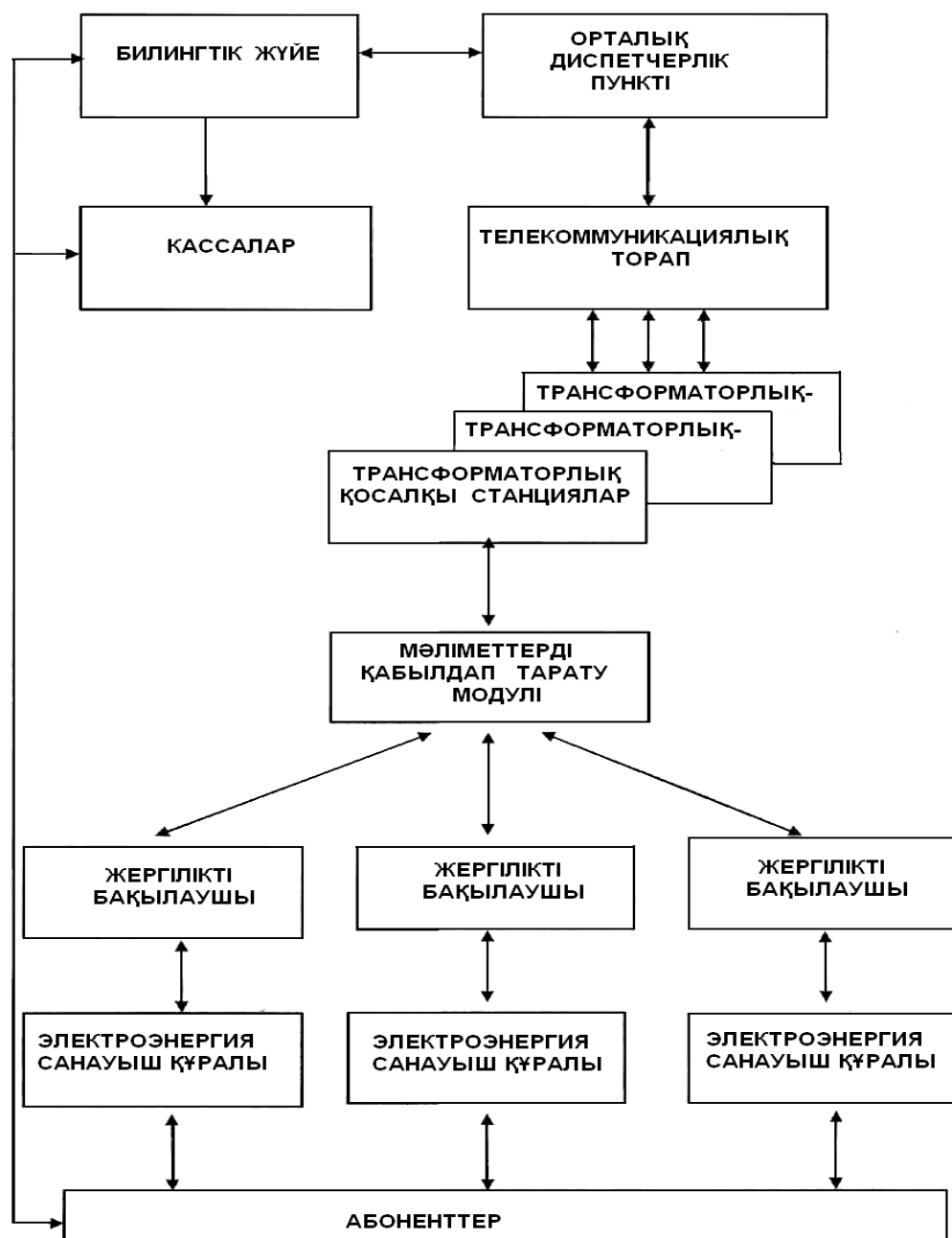
Төлеушінің жеке коды үшін оның жеке тұлғалық шоты қолданылады, және қосымша ақпарат ретінде - адресі, тегі, аты, әкесінің аты қолданылады.

Төлемақыны растайтын құжат ретінде, абонентке төленген жерден оның реквизиттері, датасы, төлеу бөлімшесінің номері, соммасы және тұлғаның Т.А.Ә осы операцияға жауапты тұлға көрсетілген кассалық чек беріледі./4/

Қызмет көрсетушілер бойынша қабылданған төлемақылардың таралуы және оның шоты бойынша қаражат аударылымы төлемақы қабылдау кезінен іске асырылады.

Қызмет көрсетушілер, қашықтағы орталықтанған мәліметтер базасына қол жеткізу арқылы, кез-келген сәтте төлемақы түсуі жайлы, қарыз жайлы, мәліметтер базасындағы инвентаризациялық өзгерістер жайлы, абоненттердің қайта есептелулері жайлы оперативті ақпаратты алып оны қадағалай алады.

Банк құрылымдық бөлімшелерінен бір күн бойы коммуналдық төлемақылар соммасы сол күні есептік жүйе бойынша ұсынушылар есептік шотына аударылады.



Сурет 2 – Біртұтас есептік орталықтың құрылымдық сұлбасы

Билингтік жүйенің маңызды факті сол, билингтік жүйемен ЭКЕААЖ біртұтас ақпараттық жүйенің біртұтас есептеу орталығына біріктіргендігі.

Билингтік жүйе келесі себептер бойынша «кеңселік шешімнің» қажетті атрибуты болып табылады:

- аймақтағы барлық объектілердің энергия тұтынуының қатаң бақылауының арқасында үнемдеу пайда болады және бизнес процесстерін басқарудың шығындары азаяды;

- әртүрлі тарифтер түрін, энергетика нарығындағы (өндірістік өнеркәсіп, тұрмыстық тұтынушылар, бюджеттік сфераны ұйымдастыру және т.б.) субъектілердің салықтарын және лимиттерін есептеу мүмкіндігі;
- әртүрлі энергия тасымалдаушылардың (электроэнергия, жылу энергиясы, газ, су және басқа) бірмезеттік және интервалды есептелу мүмкіндігі;
- барлық тізбек бойынша өндіруші - тасымалдаушылық (тораптық немесе таратушы) компаниясымен – ЭКЕААЖ

базасында автоматтандырылған басқару жүйесінде энергетикалық аймақтық нарықтың жеке тұтынушысының бірізділік балансы;

- аймақтың электроэнергиясын тұтынуын болжау және оңтайлы есептеу моделдерін жүргізу мүмкіндігі болып табылады.

Жалпы жағдайда билингтік жүйе энергосбыт ұйымдарының, өндірістік және тұрмыстық абоненттер шаруашылығын, қамтуы тиіс. Сол себепті жүйе үлкен автоматтандырылған кешенді құру қазіргі таңдағы әдістерге негізделуі тиіс. Тұрақтылық талаптары, мәліметтерді сақтау сенімділігі, заңнамаға сәйкестілігі билингтік жүйе құру негізіне енгізілуі қажет /5/,/6/.

Біртұтас есептік орталықтың құрылымдық сұлбасы 2-ші суретте көрсетілген.

Қорыта келгенде ұсынылып отырған Біртұтас есептеу орталығының билингтік жүйесін жаңа ақпараттық технологиялар мен электрониканың жетістіктерін қолдану арқылы энергетика сферасына толық енгізу, ААҚ «Қазақтелекомға» сәйкес қызмет көрсету есептеу мен төлем жасауда жоғары нәтижеге қол жеткізуге болады. Ұсынылған жұмыста билингтік жүйе тек жеке сектор (тұрмыстық тұтынушылар) үшін есептелген. Бұл берілген жүйені басқа да коммуналдық қызмет түрлеріне қолдануға мүмкіндік береді.

## Әдебиеттер тізімі

1. Ордабаев М.К. Особенности обеспечения электрической энергией Южно-Казахстанской области в период перехода к рынку // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана.- 2002. - №5. - с.44-46.
2. Программа создания автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии субъектов оптового рынка электроэнергии: Утверждена приказом МЭМР от 18 августа 2004 года № 183 [Электронный ресурс].- Режим доступа: [www.expert.kz](http://www.expert.kz).
3. Гавриш В., Исенов Е., Турганов Д. Опыт и проблемы при создании АС-КУЭ участниками оптового рынка электроэнергии РК // Энергетика.- 2007.- № 1.-С.20-21.
4. Акопьянц Г., Певзнер Л., Тарасюков А. Реальность и перспективы АСКУЭ // Энергетика.- 2007.- № 2.- С.12-13.
5. Гуртовцев А. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.cta.ru>
6. Электронный сайт ООО «Производственное объединение «КОНУС» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.konus.biz>.

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**Фурсов Виктор Григорьевич** – докт.экон.наук, профессор Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Қазақстанда жақын арада, сондай- ақ алдағы перспективада тұрақты дамыту үшін салыстармалы энергетикадан бәсекелестікке қабілетті энергияға ықпал ететін.*

*В статье анализируются проблемы энергоэффективности, энергосбережения первичных минеральных ресурсов в Республике Казахстан, показаны основные пути их экономии и бережливости в народном хозяйстве.*

*The research purpose and tasks is the development of theoretical and methodological bases in the decision of scientific –applied problems ensuring an economic substantiation.*

Успешное решение проблем высококонкурентного развития Казахстана напрямую зависит от рационального использования всех факторов производства на каждом предприятии, на уровне макро-мезо-и микроэкономических процессов, включая энергетику страны.

К сожалению, энергоёмкость казахстанской экономики сегодня чрезвычайно высока. Если сравнивать уровни потребления энергоресурсов развитых стран и Казахстана, то удельная энергоёмкость нашего ВВП превосходит мировые показатели в несколько раз. Сейчас на один доллар ВВП Казахстана расходуется 3,34 кВт/час электроэнергии, в России – 2,0, в США-0,44, Японии-0,17. В последние годы рост электропотребления в Казахстане имеет ярко выраженный, опережающий рост населения. Высокая доля энергоёмких производств и низкий уровень техники и технологии способствуют повышению энергоёмкости товаров и услуг. Большая энергетическая составляющая в себестоимости продукции ведет к ее удорожанию, низкой конкурентности, уменьшению экспортных возможностей. Электропотребление на душу населения лишь в определенной степени отражает благосостояние и уровень жизни людей. Высокоразвитые страны характеризуются высоким уровнем

производства ВВП на душу населения (25-30 тыс. долл.), который обеспечивается значительным энергопотреблением – более 12 тыс. кВт/час электроэнергии; для Казахстана этот показатель составляет 4,8 тыс. кВт/час. В соответствии с принятой стратегией индустриально-инновационного развития РК, энергоёмкость экономики страны к 2015 году должна быть снижена на 15%.

Сравнительный анализ показывает: для получения прироста ВВП и перехода на качественно новый уровень социально-экономического развития страны нужно обеспечить значительное сокращение его энергоёмкости, а также снизить потери топливно-энергетических ресурсов. Это позволит более эффективно организовать производство при минимальных затратах. Важным средством совершенствования энергопотребления должна стать эффективная политика энергосбережения, а ее основным содержанием – программа энергосбережения и эффективная система стимулирования и регулирования процесса энергосбережения с соответствующими законодательными, экономическими и организационными механизмами. Ниже приведена таблица, характеризующая уровень и динамику энергоёмкости, электропотребления в РК.

Таблица 1 - Энергоемкость и эластичность энергопотребления к ВВП в Казахстане

Годы	ВВП в пост. ценах 2000г., млрд. тенге	Произв. э/энерг., млрд кВт/ час	Потребление э/энерг., млрд. кВт/час	Электро-емкость млн. кВт/час на ед. ВВП	Темпы роста, ВВП в пост. ценах 2000г., %	Темпы роста, произ-водства э/энергии в %	Темпы роста электро емкости в %
2000	2559,9	51,6	54,4	20,92			
2001	2950,9	55,4	57,4	19,45	113,5	107,4	0,93
2002	3240,1	58,3	58,4	18,02	109,8	105,2	0,92
2003	3541,4	63,9	62,4	17,62	109,3	109,6	0,97
2004	3881,4	66,9	64,8	16,69	109,6	104,7	0,95
2005	4257,9	67,8	68,4	16,06	109,7	101,3	0,96
2006	4713,5	71,7	71,9	15,25	110,7	105,7	0,95
2007	5123,5	76,3	76,4	14,91	108,7	106,4	0,98
2009	5010,0	81,0	80,0	16,2	100,0	104,3	0,99

Энергетика Казахстана, как и вся экономика республики, завершила переходный период на механизмы рыночного регулирования. Последние два года характеризовались экономическим спадом и социальным напряжением в связи с кризисной ситуацией. Однако трудности, переживаемые энергетической отраслью, были обозначены еще раньше. В основе многих проблем в энергетическом секторе Казахстана лежит исторически сложившийся дисбаланс, когда страна потребляла энергоресурсы в большой диспропорции с их производством.

В последних проработках отмечалось катастрофическое состояние с резервами мощностей и энергоносителей на всей территории страны. Ситуация последних лет в этом вопросе усугубилась из-за интенсивной эксплуатации физически и морально устаревшего оборудования тепловых электростанций без надлежащего уровня капитальных ремонтов и при отсутствии заделов строительства новых станций. Кроме того, полная остановка программы атомной энергетики стран СНГ и ограничительная политика по выделению на нужды энергетики газа и нефтепродуктов, еще более усугубили энергобаланс РК. В республике сложилась ситуация

с устойчивым дефицитом электроэнергии в Алматинской и Южно-Казахстанской энергосистемах.

В настоящее время параллельно с оживлением экономики потребление электроэнергии приближается к уровню 1990 года. В этот год Казахстан потреблял 108,5 млрд. кВт/часов электроэнергии, однако республика в целом испытывала дефицит электроэнергии до 20 %. Тогда около 27 млрд. кВт/часов импортировалось из России и Центральноазиатских стран. В последующие годы потребление электричества снизилось на 45% и необходимость в строительстве новых электростанций отпала, хотя ближайшая перспектива диктовала необходимость наращивания генерирующих мощностей до 124 млрд. кВт/часов в год.

Основным потребителем энергии является промышленно-строительный комплекс РК, далее – сельское хозяйство, коммунально-бытовой сектор и транспорт. Поэтому вопросы энергетической эффективности, особенно в промышленности и коммунально-бытовом секторе, должны стать основными направлениями энергосберегающей политики страны.

Таблица 2- Прогноз производства и потребления электроэнергии в Казахстане

	2007	2008	2009	2010	2015	2025 в % 2007
Производство, млрд. кВт	76,3	82,0	84,0	84,7	127,2	163
Потребление, млрд. кВт	76,4	82,0	81,0	90,3	124,5	167



В северной энергоизбыточной зоне РК пока нет предпосылок для ввода новых энергоисточников, а в западной зоне предполагается построить новую АЭС на быстрых нейтронах общей мощностью 1300 МВт, а также ввести новые мощности по производству электроэнергии, использующие попутные газы нефтедобычи.

Прогноз баланса потребления и покрытия показывает, что южный регион Казахстана испытывает серьезный дефицит электроэнергии, который будет компенсирован. Намечено сооружение Балхашской угольной станции на 1300 мегаватт мощности с завершением строительства в течение пяти лет.

Потребление электроэнергии в условиях действующих тарифов стабильно растет, а ввод мощностей электрических станций отстает, особенно в южных регионах. Здесь ее дефицит составляет более 12 процентов, что способствует повышению тарифов. Это происходит также из-за снижения объемов свободных мощностей в северной зоне Казахстана, увеличения отпускных цен, растущих тарифов АО «KEGOC». К ним добавятся составляющие тарифа на выплату кредита ЕБРР, взятого для строительства второй цепи Север-Юг. Существуют и большие потери электроэнергии при ее транспортировке по межрегиональным и региональным электросетям. При производстве электроэнергии потери на собственные нужды составляют 9,6%, при транспортировке по сетям КЕГОСа-5, на РЭКи приходится 15-18%. Потери электроэнергии непосредственно при потреблении превышают 20%.

Если электропотребление и тарифы на энергию имеют тенденцию к повышению, то мощности станций из-за физического и морального старения оборудования – к снижению.

Так, в южной зоне средневзвешенный КПД станций не превышает 23 %. Аналогичная картина наблюдается и по оборудованию электросетей.

Мировой опыт организации и функционирования энергетического хозяйства свидетельствует о следующих трех основных факторах обеспечения энергоэффективности производства, распределения и потре-

бления энергоносителей, в том числе воды, газа, ветра, солнца, тепла и электричества: это внедрение передовой техники, технологии, инноваций во все взаимосвязанные этапы и структуры воспроизводственного процесса, включая использование возобновляемых энергоисточников (ВЭИ), а также сокращение потерь и совершенствование учета потребления электроэнергии и тепла, энергосбережения, в том числе при помощи АСУКЭ – автоматизированной системы учета коммерческой электроэнергии и энерго мощностей.

Речь, прежде всего, идет: о внедрении на действующих ТЭЦ и ТЭС в процессе их реконструкции и модернизации специальных высоковольтных, низковольтных и импульсивных конденсаторов, автоматически погашающих реактивную мощность энергоблоков в пользу активной мощности, включая поддержание высокого косинуса «фи» на предприятиях – потребителях; о применении технологических фильтров высших гармоник, новых изолирующих материалов, что гарантирует высокую надежность и точность заданных параметров мощности и качества электроэнергии при реактивных нагрузках широкого диапазона, полную адаптацию к реальным условиям, особенно для повышения мощности электроустановок предприятий и распределительных сетей напряжением 6,3 кВ с частотой 50 Гц. Подобное нанотехнологическое оборудование серийно производится на Усть-Каменогорском конденсаторном, Кентауском трансформаторном заводах и ряде электротехнических предприятиях РК.

В республиканской программе Казахстана по энергосбережению предусмотрено развитие нетрадиционной, возобновляемой энергетики, в том числе с использованием ветровой и солнечной энергии. Социально-экономический эффект от этих новаций очевиден, так как не требуется ископаемое топливо, на 15-20% снижаются потери электроэнергии в сетях при ее передаче потребителям, уменьшаются эксплуатационные расходы, удешевляются тарифы, не нарушается экология. Особую привлекательность в этой связи имеют ветроэлектростанции с

их адресной привязной, в первую очередь, к регионам Джунгарских ворот, Шеленского коридора, Курдая, Шакпака, Арыстан-Баба, Бурное и других. Однако опыт показал, что ввод «ветряков» в Алматинской, Южно-Казахстанской и Джамбульской областях, наталкивается на сопротивление местных собственников региональных электросетевых компаний (РЭКов), не желающих иметь дело с мелкими субъектами новой энергетики. То же самое следует сказать о строительстве средних и малых ГЭС на реках Шарын, каскады ГЭС на реках Коксу, Тенек, Шелек, Коргас с суммарной мощностью более 1000 МВт.

На начальном (пилотном) этапе стоимость строительства ветровой электростанции (ВЭС) составляет 750-900 долларов США на один КВт установленной мощности, что намного меньше строительства угольных ТЭС. Об этом свидетельствует и международный опыт, в частности, опыт КНР, где удельный вес производства электроэнергии с помощью ВЭС и солнца в электробалансе составляет 10%, в Дании – 20%, в Германии – 6%, в Норвегии – 15% и т.д.

Ветровые электростанции не выбрасывают в атмосферу парниковые газы  $CO_2$ , не нуждаются в топливе и обеспечивают высокий коэффициент полезного действия. Помимо продажи своего основного товара – электроэнергии, «ветряки» способны приносить дополнительные доходы, прибыль от торговли квотами на выбросы  $CO_2$  (товар особого рода) без каких-либо транспортных расходов.

XXI веку сопутствуют и новые разработки в области солнечной энергетики. Чтобы вообразить масштабность данного направления в энергоэффективности, энергосбережении, достаточно оценить впечатляющую цифру, характеризующую следующий факт: на один кв. метр поверхности Земли приходится 1370 Вт солнечной энергии. Общий же объем энергии Солнца составляет 174 ГВт, то есть в 60000 раз больше мощности всех эксплуатируемых электростанций мира. Конечно, покорение солнечной энергии - весьма дорогой проект, который сегодня прорабатывается на стадии научных экспериментов,

включая создание термоядерного реактора, в котором моделируется удержание температуры Солнца – 150 млн. градусов. Однако успех со временем придет и в этом многотрудном деле.

Третье направление в энергоэффективности, энергосбережении сегодня связано со снижением технологических, коммерческих потерь электроэнергии, тепла на всем их маршруте «производство – потребление». И здесь неопределимую пользу должна принести информационно-измерительная система учета энергоресурсов «EMOCS» в качестве программного обеспечения АСКУЭ для корпоративного уровня нашего народного хозяйства, экономики. Впервые эта система была внедрена в корпорации «КАЗцинк» с электронными счетчиками фирмы «Сайман» (Германия), затем ее смонтировали на семи дистанциях компании «Казахстан Темир Жолы» – около 30 тыс. таких счетчиков АСКУЭ. В 2009 году на Экибастузском ГРЭС – 2 и в АО «KEGOC» эта система успешно заработала в рамках оптового рынка электроэнергии РК.

Важным направлением энергосбережения является бытовая, коммунальный сектор РК, где в ближайшие годы будет внедрена замена ламп накаливания Эдисона на люминесцентные, диодные и другие светильники, что равноценно экономии 10-12 % установленной энергомощности РК.

Казахстанские энергетики плотно сотрудничают с российским производственным объединением, в том числе с ПО «Точмаш» (г. Владимир), который поставляет современные приборы учета холодной, горячей воды и газа в наших квартирах: ДУ-10,15,20 мм. При этом счетчики газа – СГК-1,6;2,5 и 4 обеспечивают высокую метрологическую стабильность в течение 10-15 лет - за счет использования внутри этих приборов специальных газонепроницаемых мембран из морозостойкого полотна с содержанием тефлона и виноклита с двойным покрытием антикоррозийной защиты, что исключает проникновение газа в помещение.

Серьезными направлениями энергосбережения, снижения потерь энергии в сетях являются также: поэтапный перевод воздуш-

ных ЛЭП в кабельные (подземные) линии; снижение транзитных потерь энерго мощностей через горсети 35-110 кВ; сооружение подстанций 110/10 кВ закрытого типа для энергоснабжения новых застроек в городах и крупных центрах; внедрение новых стимулов для оптовых и розничных потребителей электричества, газа, воды и тепла посред-

ством дифференцированных тарифов за их использование.

Реализация этих и других мер в области энергоэффективности, энергосбережения позволит Казахстану подняться выше еще на одну ступень по внедрению НТП во все сферы экономики и социальной жизни каждого казахстанца.



## ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ САЖИ

**Жолдыбаева Зухра Исламовна** – канд. техн. наук, заведующая кафедрой «Теоретические основы электротехники» Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы  
**Санатова Тоты Сабировна** – заведующая тематической научно-исследовательской лабораторией «Промышленная экология» Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Шаңды басу үшін жоғары кернеудегі электр статикалық өрісті қолдану бойынша зерттеулер жүргізілді. Дизелі отынында сажа концентрациясының төмендеуі көрсетілген.*

*Проведены исследования по использованию электростатических полей высокого напряжения для пылеподавления. Отмечено снижение концентрации сажи дизельного выхлопа самоходного оборудования при электризации водного распыла.*

*The study on the use of electrostatic fields of high voltage for dust suppression. Decreasing the concentration of soot diesel exhaust self-propelled equipment for the electrification of water spray.*

Благоприятная для жизни окружающая среда – самостоятельная и важная задача социальной политики, осуществляемой в Республике Казахстан. Для решения теоретических и практических задач должны быть разработаны и реализованы многочисленные правовые, технические, экономические и организационные мероприятия по охране окружающей среды.

В настоящее время свыше 80% всех вредных веществ, поступающих в атмосферу, приходится на транспорт, в первую очередь на автомобили. Современные технологии добычи руд открытым и подземным способом связаны с применением дизельного самоходного оборудования, в результате которого воздух в карьерах и шахтах загряз-

няется ядовитыми выхлопными газами и мелкодисперсной сажой. Известно, что действие ядовитых выхлопных газов, адсорбированных на сажевых частицах, а также находящихся в повышенных концентрациях во вдыхаемом воздухе, усиливает фиброгенное действие пыли [1]. Одним из самых сложных вопросов, связанных с использованием дизельных двигателей, является исключение вредного влияния отработавших газов на окружающую среду. При работе механизмов с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) в атмосферу выбрасывается оксид углерода, углеводороды, оксиды азота, сажа.

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) этих вредных веществ и их относительная агрессивность приведены в таблице 1

Таблица 1-Относительная агрессивность компонентов отработавших газов

Показатели	СО	СnHm	NOx	Сажа
ПДК, мг/м <sup>3</sup>	3,0	5	0,085	0,15
Относительная агрессивность	1,0	2,0	41	200

Данные таблицы показывают, что сажа является одним из самых агрессивных компонентов отработавших газов.

Успешное решение вопроса обеспыливания воздуха возможно путем применения комплекса мер таких, как улучшение состоя-

ния оборудования, совершенствование технологического процесса, а наряду с ними и непосредственно противопылевых мероприятий – это применение аспирации, увлажнения сырья, улучшение общего и местного проветривания. В комплексе с перечисленными мерами широкое приложение нашло мокрое пылеулавливание. Одним из простых устройств для очистки отработавших газов являются барботера, принцип действия которых заключается в пропускании очищаемого воздуха в виде пузырьков через слой воды.

Расчеты показывают, что барботеры хорошо улавливают крупные частицы и малоэффективны для сажи, имеющей размер менее 1 мкм. Анализ результатов счетного и поверхностного распределения частиц показывает относительно высокую дисперсность частиц сажи, например, частиц размером до 0,133 мкм -16,85%, 0,237 - 16,74%, 0,422 - 20,95%, свыше 1 мкм - 45,46%). Частицы размером более 0,422 мкм обладают также большей площадью поверхности (см. таблицу 2).

Таблица 2 - Поверхностное распределение частиц

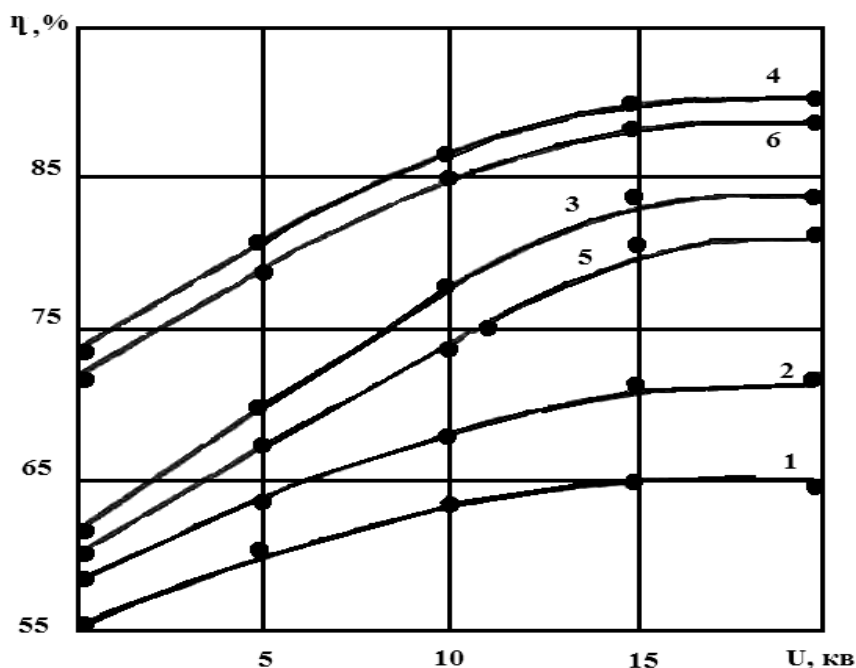
$D_p$ , мкм	$D_{pi}$ , мкм	$1/S_n$	$\Delta \lg D_{pi}$	Напряжение на осадительном электроде	$\Delta I$ pA	$\Delta S$ , мкм <sup>2</sup> /см <sup>3</sup>	$\frac{\Delta S / \Delta \lg D_{pi}}{\Delta S * 4}$ мкм <sup>2</sup> /см <sup>3</sup>	$\frac{\Delta S}{\sum S} * 100\%$
0,0032	0,0042	$1,8 * 10^4$	0,250	19	-	-	-	-
0,0056	0,0075	$1,325 * 10^3$	0,250	59	0,0001	0,133	0,532	0,000
0,0100	0,0133	$3,648 * 10^3$	0,250	186	$1,4 * 10^{-4}$	0,512	2,048	0,000
0,0178	0,0237	$4,532 * 10^3$	0,250	588	0,002	9,064	36,256	0,0022
0,0316	0,0422	$3,428 * 10^3$	0,250	1870	0,04	137,1	548,44	0,034
0,0562	0,075	$8,743 * 10^3$	0,250	2600	0,07	612,0	$24,5 * 10^3$	0,153
0,1	0,133	$17,38 * 10^3$	0,250	4400	0,12	$2,086 * 10^3$	$8,344 * 10^3$	0,52
0,178	0,237	$35,45 * 10^3$	0,250	6600	0,35	$12,41 * 10^3$	$49,63 * 10^3$	3,10
0,316	0,422	$10,22 * 10^4$	0,250	8380	0,48	$49,1 * 10^3$	$196,4 * 10^3$	12,28
0,562	0,75	$28,93 * 10^4$	0,250	9600	1,16	$33,56 * 10^4$	$134,24 * 10^4$	83,91
1,0	-	-	0,250	10600	-	-	$159,98 * 10^4$	100%

Для повышения эффективности обеспыливания воздуха при барботировании необходимо одновременно стремиться повысить возможность соприкосновения пылинки с

поверхности воды и пузырька и эффективность удержания последней. Применение электрозаряженной распыленной воды /2/ дает возможность значительно повысить

эффективность пылеулавливания. Электризация капель ведет к значительному повышению эффективности улавливания пыли, причем особенно мелкодисперсной ее фракции. Повышение коэффициента захвата особенно ярко проявляется при взаимодействии разноименно заряженных частиц. Кроме того, электроразряженные капли обладают значительно большей пылеподавляющей

способностью, чем капли незаряженные, даже при захвате незаряженных пылинок или пылинок, имеющих одноименный с каплей заряд. На рисунке 1 приведены результаты экспериментального исследования определения эффективности осаждения частиц сажи при орошении электроразряженной водой. Зарядка капель воды осуществлялась в поле индуцирующего электрода.



1,2 – расход - 1,5 г/с; 3,4 – расход – 5 г/с; 5,6 – расход – 7 г/с.

Рисунок 1 – Эффективность улавливания сажевых частиц электроразряженной водой при концентрации – 100 мг/м<sup>3</sup>

Результаты экспериментов, приведенные на рисунке 1, показали, что использование в целях пылеподавления орошением не заряженного водного распыла дает эффективность улавливания пыли не более 75 % (рис. 6,2 - 6,6). При электризации воды в поле изолированного индуцирующего электрода эффективность обеспыливания может быть значительно повышена (до 90-95 %).

### Список литературы

1. Аретинский Б.В. и др. Развитие силикоза при действии на организм кварце-

вой пыли и дизельных выхлопных газов. Труды ЦНИИПП. Вып.5.Сведловск, 1971, С,100-110 .

2. Санатова Т.С., Хакимжанов Т.Е. Исследование электризации капель воды при распылении струйным распылителем. Труды института горного производства: Труды института горного дела им. Д.А.Кунаева: Том 75. –Алматы, 2008 г.- С.184-187.



## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Джанбаулиева Шолпан Сагитовна** – старший преподаватель кафедры "Экономика и менеджмент" Казахского гуманитарно-юридического университета, г.Астана

**Валиева Лариса Шакимовна** – канд.экон.наук, доцент кафедры "Экономика, организация и управление производством" Алматинского университета энергетики и связи, г.Алматы

*Мақалада табыстарды, жұмсалымдары және іске қосылған активтерді жеке-жеке есепке алудың сұрақтары басқармалық есепке алудың құраушы бөлігі ретінде және табиғи монополия субъектілеріне міндетті талап ретінде қарастырылады. Өзіндік құнды есептеудің қазіргі заманғы жүйесін және жанама жұмсалымдарды үйлестіру әдістерінің сипаттамалары келтірілді.*

*В статье рассматриваются вопросы раздельного учета доходов, затрат и задействованных активов как составной части управленческого учета и как обязательного требования к субъектам естественных монополий. Приводится характеристика современных систем калькулирования себестоимости и методов распределения косвенных затрат.*

*The article examines the separate accounting of revenues, expenses and assets involved as part of management accounting and as a mandatory requirement to the subjects of natural monopolies. There are considered the characteristic of modern systems of calculation of the cost and methods of allocating indirect costs.*

Как известно, в ценообразовании существует затратный подход. Его использование позволяет определить минимально и максимально допустимые уровни тарифов. Минимальное значение соответствует уровню, при котором обеспечивается возмещение затрат, необходимых для нормального функционирования отрасли. Прибыль в таком варианте в тариф не включается. Максимальный уровень тарифа формируется как сумма затрат и нормативно заданной прибыли, которая должна обеспечивать эффективное функционирование предприятия. В соответствии с казахстанским законодательством тарифы утверждаются с учетом ставки прибыли на регулируруемую базу задействованных активов.

Рассмотрим некоторые аспекты организации учета, связанные с калькулированием себестоимости продукции и услуг, оказываемых предприятиями энергетики.

Система тарифного регулирования, ориентируя предприятия на устранение не-

эффективных затрат, потребовала четкого разграничения услуг, оказываемых предприятием на регулируемые и нерегулируемые, активов на задействованные и косвенно задействованные, и соответственного разделения затрат, т.е. предприятие должно разработать методику раздельного учета затрат или ввести в учетную политику дополнительный раздел, отражающий порядок и подробные процедуры раздельного учета. В сложившейся системе бухгалтерского учета предприятие формирует не только регистры финансового учета, но и управленческого учета.

Управленческий учет в широком смысле – это информационная основа принятия стратегических управленческих решений. Поэтому на средних и крупных предприятиях уже существует также практика выделения функции стратегического планирования, ориентированного на решение качественных задач перспективного развития, в отдельную

службу, подчиненную высшему руководству.

Управленческий учет в узком смысле – это система сбора, предоставления, обработки и анализа оперативной информации, необходимой менеджменту компании для планирования, анализа и контроля за деятельностью компании, принятия обоснованных управленческих решений, обеспечения эффективного использования ресурсов и контроля за полнотой их учета /1/.

Мы можем дополнить данное определение, что системы управленческого учета для естественных монополистов должны отвечать еще ряду требованиям:

- представлять подробную информацию о произведенных затратах с точки зрения регулируемых услуг и нерегулируемых услуг;
- форма отчетов должна в наибольшей степени отвечать не только внутренним потребностям компании, но и требованиям нормативных актов регулирующего органа.

Для большинства производственных предприятий управленческий учет это информационная система сбора данных по затратам и распределения их по видам продукции с целью оценки себестоимости реализованной продукции, остатков произведенной готовой продукции, оценки запасов незавершенного производства и запасов. Для электроэнергетических предприятий вопрос оценки незавершенного производства не стоит, так как в силу специфики отрасли отсутствует и незавершенное производство, и готовая нереализованная продукция. Но остаются не менее важные вопросы классификации затрат на прямые и накладные производственные расходы, распределения затрат между видами оказываемых услуг, выбора метода (базы) распределения производственных накладных расходах.

Для определения финансового результата и составления финансовой отчетности требуется определение величины себестоимости реализованной продукции и общей суммы начисленных непроизводственных расходов (расходов периода). Для определения цены отдельного продукта или услуги

необходимо знать полную себестоимость, включающую в себя и производственную себестоимость, и распределенные на данный продукт непроизводственные расходы.

Выбор методов распределения затрат, методов оценки себестоимости запасов, методов начисления амортизационных отчислений является прерогативой самого предприятия, но естественные монополисты должны осуществлять данные учетные процедуры в соответствии с особым порядком состава затрат, установленного регулирующим органом. Поэтому эти функции управленческого учета очень важны для объективного обоснования тарифообразования.

Как известно, при комбинированном производстве тепловой и электрической энергии на ТЭЦ используются в основном два метода разделения топливной составляющей затрат на тепловую и электрическую энергию: первый – физический, пропорционально расходу топлива, второй – эксергетический, учитывающий параметры отпускаемого тепла.

При использовании первого метода вся экономия топлива от комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на ТЭЦ относится на электрическую энергию, и стоимость отпущенных с коллекторов Гкал становится неконкурентоспособной по сравнению с котельными. Во втором методе преимущества комбинированного теплофикационного цикла приходятся на отпуск тепловой энергии, в качестве полезной продукции признается лишь та часть энергии, которую можно преобразовать в механическую работу (эксергию). Таким образом, встает проблема выбора наиболее объективного метода распределения затрат между видами продукции.

В управленческом учете производственные затраты делят на прямые издержки и косвенные или накладные. Прямые издержки точно отслеживаются и относятся на конкретный продукт, косвенные издержки обычно имеют отношение к нескольким продуктам и должны быть распределены на основе какой-либо базы распределения. Выбор базы распределения является важным фактором, влияющим на себестоимость и, в конечном итоге, на тариф. Используются два

типа распределения затрат: традиционная система распределения затрат и функциональная, которая часто называется системой ABC (activity-based costing).

Традиционные системы распределения были разработаны в начале XX века и до сих пор широко применяются на практике. Распределение затрат в них предусматривает использование не прямых измерений, а опосредствованных методов, и, как отмечает К. Друри, в данном случае база распределения затрат менее значима – такое распределение он называет условным. Другими словами, при условном разнесении затрат предпочтение одной базы распределения другой не имеет очевидных причин, обусловленных производственным процессом в широком смысле этого слова. Но сложные современные производства отличаются высокой долей накладных расходов, поэтому результаты распределения затрат могут быть искаженными. Поэтому задачи правильного калькулирования и анализа себестоимости являются и сложными, и актуальными.

И традиционная, и функциональная система распределения затрат могут использовать двухэтапный процесс, схемы которых отражены на рисунке 1.

Как известно, казахстанские Правила ведения раздельного учета доходов, затрат и задействованных активов по регулируемым видам услуг субъектов естественных монополий отмечают необходимость раскрытия причинно-следственной связи затрат с оказываемыми услугами /2/.

Сам термин ABC (activity-based costing) появился в серии статей Р. Купера и Р. Каплана (Cooper and Kaplan). Авторы не только выявили ряд ограничений и недостатков традиционных систем калькуляции затрат, но и разработали более строгие подходы к отнесению накладных расходов на продукт и расчету себестоимости, которые сейчас изучаются и активно используются на практике /3/. Там, где базы распределения являются важными с точки зрения формирования себестоимости, как это имеет место

в электроэнергетике, говорят о причинно-следственных связях.

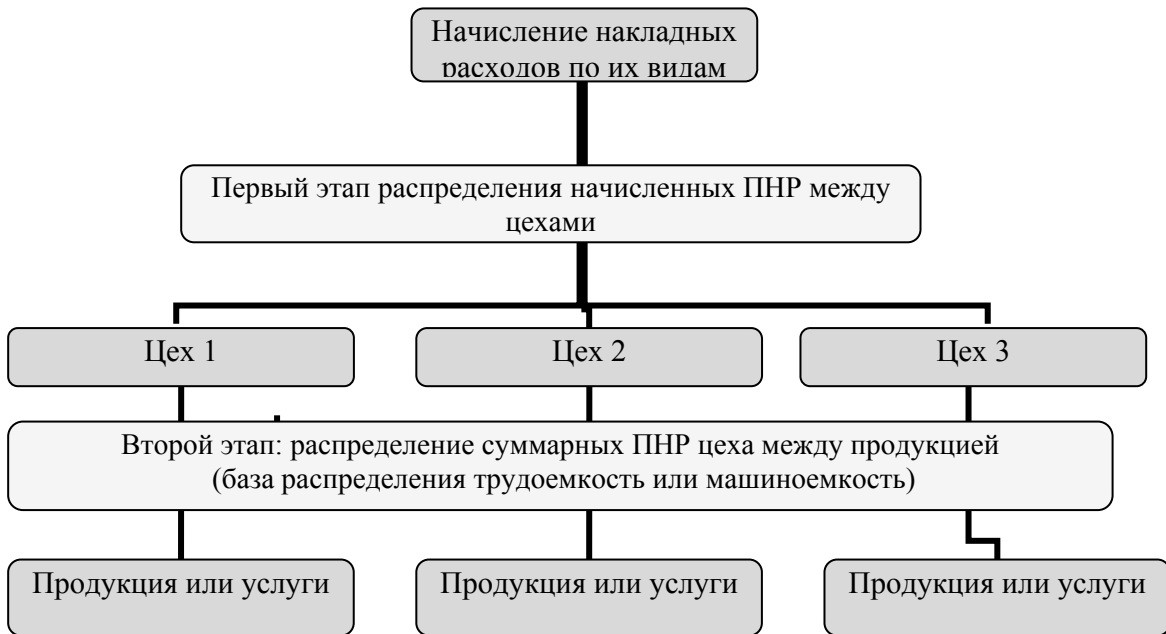
Рассмотрим отличия данных систем.

На первом этапе традиционные системы учета распределяют накладные расходы по производственным подразделениям, в то время как системы ABC относят накладные расходы на виды деятельности (функции), а не на подразделения. В системах ABC устанавливается множество центров (группировок) затрат, в то время как в традиционных системах накладные расходы обычно распределяются по существующим подразделениям. В результате, в случае традиционных систем необходимы (зачастую существенные) перераспределения затрат обслуживающих подразделений, чтобы обеспечить отнесение всех накладных расходов на основные производственные подразделения. В случае же систем ABC устанавливаются отдельные группировки затрат для видов деятельности (функций), которые распределяются непосредственно на продукты через ставки факторов издержек. Виды деятельности состоят из нескольких выполняемых задач, например, в деятельность «закупки или материально-техническое снабжение» входят «составление и согласование планов закупок», «проведение тендеров», «непосредственная организация поставки», «ведение учета» и др. Это позволяет избежать перераспределения затрат обслуживающих подразделений, т.е. избавляет от необходимости связываться с методами перераспределения.

При расчете себестоимости рекомендуется выполнять последовательно четыре операции:

- определение основных видов деятельности (функций), имеющих место на предприятии;
- распределение затрат по центрам затрат по каждому виду деятельности;
- определение носителей затрат для каждого вида деятельности (функции);
- отнесение затрат на продукт в зависимости от интенсивности «потребления» продуктом соответствующих функций.

## 1. Традиционная система калькуляции затрат



## 2. Функциональная система калькуляции затрат

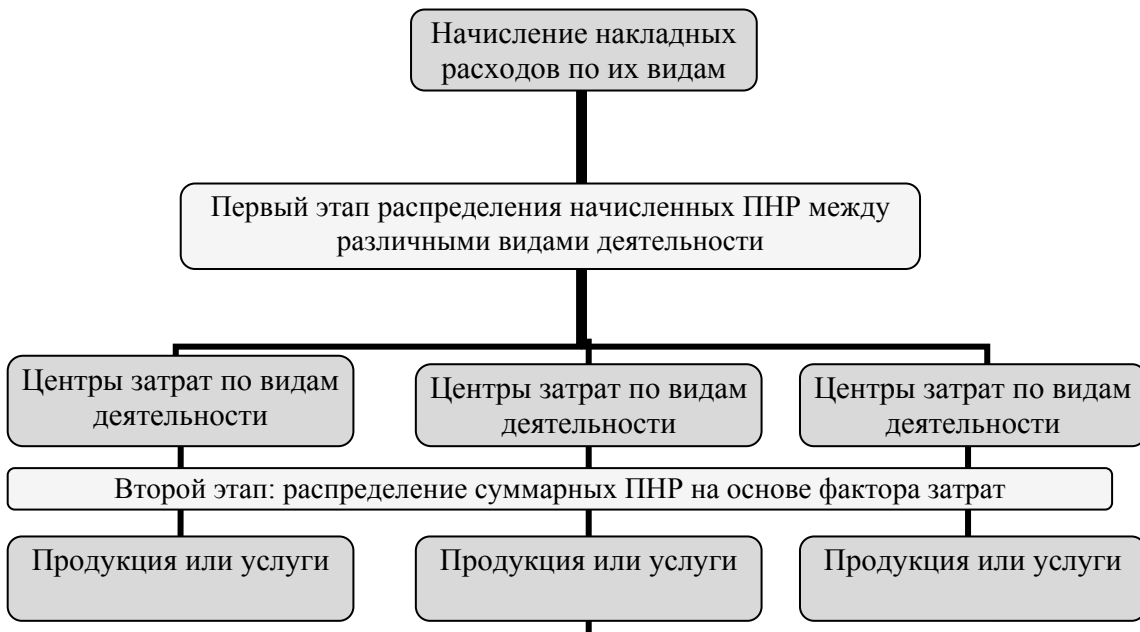


Рисунок 1 – Традиционная и функционально-стоимостная система

Естественно для распределения накладных расходов по системе ABC необходимо досконально знать технологический процесс и разработать автоматизированную систему, которая позволяла бы производить сбор данных для расчета носителей затрат. И здесь возникает вопрос о соотношении выгод от внедрения данной системы и возникающих

затрат на ее разработку с учетом специфики деятельности, например, электросетевых предприятий.

АО «КЕГОС» распределяет косвенные расходы между услугами с учетом коэффициента, рассчитанного на основе среднесуточного годового графика передачи мощности по линиям межрегионального уровня.

Конечно, «причинно-следственные связи» здесь отражены, но возникает вопрос о прозрачности расчета данного коэффициента для аудитора, который не имеет специального электротехнического образования. Также соблюдение принципа прозрачности предполагает, что данные финансовой отчетности (основанной на положениях национальных стандартов финансовой отчетности), налоговой отчетности (основанной на статьях налогового кодекса) и отчета по исполнению тарифной сметы должны соответственно коррелировать между собой.

Выделим основные моменты, которые возникают при составлении данных отчетов:

– в Правилах ведения отдельного учета затрат (N 402-ОД) указано: итоговая сумма доходов Отчета об итоговом распределении доходов и затрат по видам услуг должна соответствовать данным, отраженным в строке «Доход от реализации товаров, работ и услуг» отчета «Отчет о прибылях и убытках» (О результатах финансово-хозяйственной деятельности). В отчете об итоговом распределении доходов и затрат, назовем его управленческий отчет, выделяют регулируемые и нерегулируемые услуги. А в отчете «О результатах финансово-хозяйственной деятельности», назовем его финансовый отчет, выделяют доходы от основной (операционной) деятельности и прочие (неосновные) доходы. При этом доход от оказания регулируемых услуг часто приравнивается к операционному доходу, а доход от оказания нерегулируемых услуг как прочий (неосновной доход), что на наш взгляд является неверным. В МСБУ 7 приводится определение операционной деятельности как основной, приносящей доход, деятельности организации и прочей деятельности, отличной от инвестиционной и финансовой деятельности. Примерами потоков денежных средств, возникающих в результате операционной деятельности являются:

а) денежные поступления от продажи продукции, выполнения работ и оказания услуг,

б) денежные поступления от предоставления активов организации в операционную

аренду, роялти, сборы, комиссионные вознаграждения и другие подобные доходы.

Поэтому доходы от аренды, которые часто имеют место в деятельности предприятий, относятся к операционной деятельности, но при этом не являются регулируемыми. Соответственно расходы по аренде должны быть включены в финансовой отчетности в общей сумме расходов периода, а в управленческом отчете отражены в графе нерегулируемые услуги. Чтобы прослеживалось четкое соответствие данных финансового и управленческого отчетов, нерегулируемые услуги должны быть разделены на нерегулируемые основные услуги и нерегулируемые прочие услуги:

– начисленные производственные расходы по данным бухгалтерского учета должны быть распределены между регулируемыми услугами и основными нерегулируемыми услугами. Строка 020 «Себестоимость реализованных товаров (работ, услуг)» финансового отчета должна соответствовать сумме производственных затрат по регулируемым услугам и основным нерегулируемым услугам.

– расходы периода должны включать административно-управленческие расходы, расходы по процентам и коммерческие расходы, а в управленческом отчете также должны быть распределены на регулируемые услуги и основные нерегулируемые услуги.

Опыт работы одного из авторов в консалтинговой фирме «Профидж», выполнявшей финансовые экспертизы деятельности естественных монополий за период 2002-2009 г.г. показал наличие подобных несоответствий у многих субъектов. Это связано с тем, что отчеты об исполнении тарифов на предприятиях выполняют экономические службы, а финансовая отчетность составляется бухгалтерией, сами разработанные методики ведения отдельного учета не всегда отражают подробную классификацию доходов и соответствующий порядок распределения затрат и активов. Зачастую в методике предприятия повторяется текст правил отдельного учета без их конкретизации.

В производственных и непроизводственных (так называемых расходах перио-



да) расходах необходимо учитывать затраты, связанные с эксплуатацией и ремонтом основных средств и использованием нематериальных активов. Важно сделать обоснованное разделение указанных активов на задействованные активы, затраты по которым непосредственно относятся на регулируемые услуги, косвенно задействованные, общие и совместно задействованные активы. Необходимо дать обоснование распределения амортизационных отчислений, затрат на текущий ремонт по косвенным и общим активам. Если какой-либо задействованный актив участвует в оказании двух и более регулируемых услуг, то необходимо определить механизм их распределения между этими услугами.

Проблемы, которые возникают при раздельном учете затрат, можно было избежать, если начисление производственных затрат электроэнергетических предприятий рассматривать не с точки зрения распределения косвенных расходов, а с точки зрения учета издержек комплексного производства. Затраты на топливо на ТЭЦ, производственные издержки «KEGOC» являются комплексными, совместными для производства нескольких

продуктов или услуг. Тогда возможно использование метода постоянной доли валовой прибыли или метода чистой стоимости реализации, которые являются инструментами учета издержек так называемого комплексного производства.

Следует отметить, что современные методы учета издержек, в том числе метод ABC, изучаются на семинарах, курсах по управленческому учету, основными слушателями которых являются бухгалтерские и финансовые работники.

### *Список литературы*

1. К. Друри Управленческий и производственный учет Юнити, 2004 г.-1403 с.
2. Правила ведения раздельного учета доходов, затрат и задействованных активов по регулируемым услугам. Приказ Председателя Агентства Республики Казахстан по регулированию естественных монополий от 6 июня 2004 года N 79-ОД.
3. Мицкевич А. ABC-Costing для практического использования //»Экономические стратегии», №3-2005 - 118-122 с.



УДК 524.23

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ЗВУКОВЫХ ВОЛН  
С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

**Федюшко Юрий Михайлович** – канд.техн.наук, доцент Таврического государственного агротехнологического университета, г. Мелитополь, Украина

*Сұйықтықпен байланысатын және оның қатысына қарай қозғалатын жарғақ немесе қатты пластинкадан жиналған жүйедегі кері энергиялы қалыпты толқындар қарастылған. Бір текті емес стационар алаңындағы тығыздалған қатпарлы сұйықтықтың толқындық үдерісін сипаттайтын сызықтық тұрақсыздық жағдайы талданған.*

*Рассмотрены нормальные волны с отрицательной энергией в системе, что складывается из мембраны или упругой пластинки, которая контактирует с жидкостью и движется относительно нее. Проанализированы случаи линейной неустойчивости, которая описывает волновые процессы сжатой слоистой жидкости в неоднородном стационарном поле.*

*Normal waves are considered with the negative energy in the system, that consists of membrane or resilient plate, which contacts a liquid and moves in regard to her. The s of linear instability, that describes wave processes of compressed stratified liquid in the heterogeneous stationary field are analyzed.*

В разнородных средах возможно существование волн с отрицательной энергией. Энергия системы после возбуждения в ней такой волны меньше, по отношению к первоначальной, следовательно, источник, который возбудил эту волну с отрицательной энергией, отбирает энергию со среды.

Самый простой пример волны с отрицательной энергией /1, 3/ - это плоская волна с потенциалом

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega_0 t - kx), \quad (1)$$

рассматривается в системе отсчета, которая движется относительно среды со скоростью

$$|U| > c, \quad c = \omega_0 / k. \quad (2)$$

При этом частота волны, которая определяется из дисперсионного уравнения

$$Z(\omega, k) = (\omega - Uk)^2 - c^2 k^2 = 0, \quad (3)$$

отрицательная:

$$\omega = (c + U)^2 k, \quad U < 0. \quad (4)$$

Среднюю за период плотность энергии волны  $E$  в отмеченной системе отсчета проще всего определить из соотношения /4/

$$\frac{E_0}{\omega_0} = \frac{E}{\omega}, \quad E = E_0 \frac{\omega}{\omega_0}, \quad (5)$$

причем для плоской волны в неподвижной системе координат

$$E_0 = m v^2 = m \varphi^2 k^2, \quad (6)$$

учитывая /5/, величина

$$I = E / \omega, \quad (7)$$

является адиабатическим инвариантом

$$I = \partial L / \partial \omega,$$

где  $L$  – плотность усредненная по периоду волны, причем

$$L(\omega k) = \varphi_0^2 Z(\omega, k) \quad (8)$$

где  $Z(\omega, k) = 0$  – дисперсионное уравнение плоской волны в рассматриваемой среде.

Следовательно, для определения адиабатического инварианта  $I = \mathfrak{N} \partial Z / \partial \omega$  ( $\mathfrak{N}$  – некоторый численный коэффициент), достаточно знать зависимость  $Z(\omega, k) = 0$ , которая определяется из решения линейной одномерной задачи о распространении плоской волны в среде.

Руководствуясь выше отмеченной проблемой и анализируя уже существующие способы ее решения, была поставлена задача по исследованию нормальных волн ультразвуковой природы с отрицательной энергией, которая контактирует с жидкостью и движется относительно нее.

Знак энергии волны  $E = I\omega$  определяется по правилу ее адиабатического инварианта. Энергия  $E$ , очевидно, не изменяет знак при одновременном изменении знаков пары  $\omega$ ,  $k$ , которая характеризует волну. Таким образом, величина  $I = \partial L / \partial \omega$  должна менять знак при таком изменении. Необходимо выбирать такой знак пары  $\omega$ ,  $k$ , чтобы получить

$$I > 0. \quad (9)$$

Если при этом оказывается  $\omega < 0$ , то энергия  $E$  также негативна. Легко увидеть, что рассмотренная выше волна удовлетворяет условиям (9).

Понятно, что величину (5) можно получить и из выражения для плотности полной механической энергии среды с возбужденной в ней звуковой волной:

$$E_{\text{повн}} = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} dt \frac{1}{2} \left\{ \Pi + \rho \left[ (v_x + U)^2 + v_{\perp}^2 \right] \right\}, \quad (10)$$

где  $\Pi$  – плотность потенциальной энергии;

$v_x$  – колебательная скорость частиц в направлении распространения волны  $x$ ;

$v_{\perp}$  – колебательная скорость в поперечном направлении.

Поскольку энергия – это характеристика, которая приписывается материальным частицам, поэтому удобно использовать такой способ для определения единицы объема  $E_{\text{повн}}$  в лагранжевой системе координат (а), потом перейдем к  $x$  - системе.

В системе отсчета (а):

$$E_{\text{повн}}^a = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} dt \frac{1}{2} \left\{ \Pi(a,t) + \rho_0(a) \left[ (v_x + U)^2 + v_{\perp}^2 \right] \right\}, \quad (10)$$

$$v_i = \frac{ds_i}{dt}; \quad x = a + s(x,t), \quad (11)$$

где  $s$  – колебательный сдвиг частицы в волне;

$\rho_0$  – плотность невозмущенной среды.

Если ограничиться квадратичными по  $s$  величинами, то расхождением объемов в

$a$ - и  $x$ - возможно пренебречь, поскольку это дает величины третьего порядка:

$$E^x = E^a \left( 1 + \frac{ds}{dx} \right) \approx E^a. \quad (12)$$

Нормальные волны в бесконечной мембране, которая движется относительно касательной с ней несвязанной, несжатой жидкостью со скоростью  $U$ , подчиняются дисперсионному уравнению

$$Z(\omega, t) = m(\omega - Uk)^2 + \rho\omega^2/k - Tk^2 = 0 \\ T/m = 0 \quad (13)$$

В случае упругой пластинки последний член в уравнении (13) замещается на  $Dk^4$ . При этом скорость распространения гибкой волны в свободной пластинке зависит от волнового числа:

$$c(k) = k\sqrt{D/m} \quad (14)$$

где  $c$  – скорость звука в свободной мембране.

Из соотношения (13) находим собственные частоты нормальных волн:

$$\omega_{1,2} = \frac{Uk}{(1 + \rho/mk)} \left[ 1 \pm \sqrt{1 - \left( 1 - \frac{c^2}{U^2} \right) \left( 1 - \frac{\rho}{mk} \right)} \right]. \quad (15)$$

Знак «+» отвечает волне, которая распространяется в сторону движению мембраны, «-» – в противоположную сторону. Энергия последней волны при  $U > c$  становится негативной.

Это нетрудно показать, проверив выполнение условий (7-9) для дисперсного выражения (13), подставив в соотношения  $\partial Z / \partial \omega$  корни (15). Важно отметить, что изменение знака адиабатического инварианта или переход к негативному участку дисперсной кривой, происходит в точке, где групповая скорость превращается в бесконечность:

$$c_2 = -\frac{\partial Z}{\partial k} / \frac{\partial Z}{\partial \omega} \rightarrow \infty \quad \text{при} \quad \frac{\partial Z}{\partial \omega} \rightarrow 0 \quad (16)$$

Как видно из соотношения  $I = E/\omega$ , в точке, где  $I=0$  и  $c_2=\infty$ , энергия волны  $E$  превращается в нуль. Этот результат не зависит от природы волны и согласовывается с результатами, которые получены раньше для гравитационных внутренних и поверхностных волн.

При переходе из положительной в отрицательную области дисперсионной кривой через определенную точку, частота изменяет знак, в соответствии с изложенным

выше правилами об изменении знака для сохранения позитивности адиабатического инварианта, оставаясь конечной по модулю. Неопределенность знака в точке перехода несущественна вследствие превращения энергии нормальной волны в нуль.

Частота соответствует нулю в точке перехода только при условии  $U = c$ . При этом нижняя область дисперсионной кривой  $\omega(k)$  совпадает с осью абсцисс (см. рисунок 1). Координаты точки перехода найдем из условия превращения в ноль подкорневого выражения в формуле (15):

$$k_0 = \frac{\rho}{m} \frac{U^2 - c^2}{c^2}, \quad \omega_0 = \frac{\rho}{m} \frac{(U^2 - c^2)}{mUc^2} \quad (17)$$

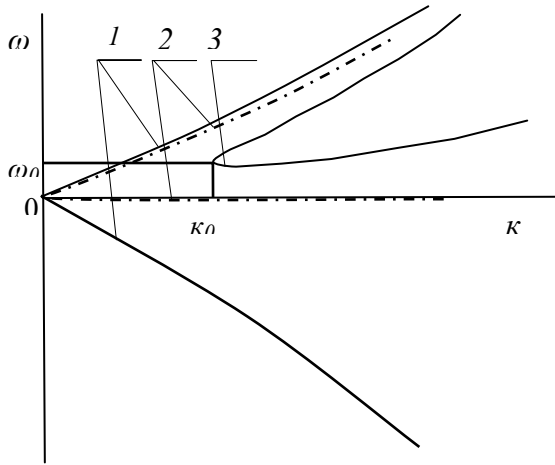


Рисунок 1 – Дисперсные кривые  $\omega(k)$  для мембраны, которая движется относительно ее касательной с жидкостью, со скоростью для мембраны

$U$  ( $c$  – скорость поперечных волн в мембране):

$$1 - U = 0, \quad 2 - U = c, \quad 3 - U = 1, \quad 1c.$$

При  $k < k_0$  мы имеем пару комплексно соединенных корней  $\omega$ , что отвечает линейной неустойчивости типа тангенциального разрыва.

Таким образом, дисперсионная область, которая отвечает волнам с отрицательной энергией, начинается от точки бифуркации, по одну сторону от которой находится область линейной неустойчивости волн.

Внутренние потери в среде могут привести к неустойчивости нормальной волны с отрицательной энергией.

Потери плотности можно учесть, прибавив в левую часть уравнения (13) член  $-i\beta(\omega - Uk)$ . Допустив, что этот член очень мал, получим добавку к частоте  $\omega = \omega(k)$  в форме

$$\delta\omega = i\beta(\omega - Uk) \left/ \frac{\partial Z}{\partial \omega} \right. \quad (18)$$

Величина  $\delta\omega$  изменяет знак одновременно с  $\partial Z / \partial \omega$ , то есть при переходе к нормальной волне из отрицательной энергией через точку бифуркации.

При этом декремент  $\delta\omega > 0$  изменяется инкрементом  $\delta\omega < 0$ , и колебания рассчитываются экспоненциально. Расширение области линейной неустойчивости благодаря внутренним потерям в упругом теле естественно вытекает из теории волн с отрицательной энергией.

Отметим, что в числитель выражения (18) входит множитель  $\omega - Uk$ , который имеет собственную частоту в системе отсчета, где мембрана находится в состоянии покоя, и следовательно, выражение (18) инвариантно относительно изменения системы координат.

Учет сжимающей жидкости, которая сталкивается с мембраной, приводит к изменению уравнения (13):

$$m(\omega - Uk)^2 - Tk^2 + \frac{i\rho\omega^2}{k_z} = 0, \quad k_z = \sqrt{\frac{\omega^2}{c_0^2} - k^2} \quad (19)$$

где  $c_0$  – скорость звука в жидкости.

Это изменение при малых значениях параметра  $\rho/mk$  дает следующее значение комплексной частоты:

$$\omega = ck \left( 1 + \frac{U}{c} \right) - i \frac{\rho ck (1 + U/c)^2}{2mk_z} \quad (20)$$

Прибавление  $\delta\omega$  к частоте  $\omega = ck (1 + U/c)$  есть действительным, если  $\omega/c_0 > k_z$  и ее знак определяется знаком  $z$ -компоненты волнового вектора  $k_z$ .

Отмеченный знак найдем из условия, когда поток энергии звука излучаемого мембраной, стремился к бесконечности:

$$q_z = \frac{p v_z^* + p_z^* v}{2} > 0. \quad (21)$$

Выразив величины давления  $p$  и  $z$ -компоненты колебательной скорости  $v_z$ , через сдвиг мембраны  $W = W_0 e^{-i(\omega t - kx)}$ , получим

$$p = \frac{i\rho\omega^2}{k_z} W, \quad v_z = -i\omega W, \quad q_z = \frac{\rho\omega^3}{k_z} |W|^2 > 0. \quad (22)$$

При  $\omega < 0$  следует выбрать  $k_z < 0$ , и тогда  $\partial\omega$  при переходе через точку  $\omega = 0$  изменяет знак, то есть излучение звука приводит в этом случае к раскачиванию мембраны.

Полученный результат можно подтвердить выводом: при аномальном доплеровском эффекте осциллятор, который излучает волну, не теряет, а набирает энергию, так как волна в его системе координат имеет отрицательную энергию и ее раскачка с отрицательной энергией через упругие потери и потери на излучение, как следствие того факта, что потери, уменьшая энергию системы, увеличивают отрицательную энергию волны по абсолютной величине, то есть амплитуда волны со временем растет.

### Список литературы

1. Захаров В.Е. Гамильтоновский формализм для волн в нелинейных средах с дисперсией. Изв. вузов. Радиофизика, 1974.с. 431-453.
2. Рабинович М. И., Фабрикант А. Л. Нелинейные волны в неравновесных средах. Изв. вузов. Радиофизика, 1976. с.721-766.
3. Островский Л. А., Степанов Я. С. Нерезонансные параметрические явления в распределенных системах (обзор). Изв. вузов. Радиофизика, 1971. с.489-529.
4. Болотин В. В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. - М.: Физматгиз, 1961.- 212 с.
5. Уизем Д. Б. Волны с дисперсией и вариационные принципы. В сб. Нелинейные волны, под ред. С. Лейбовича, А. Сиббаса. – М.: Мир, 1977. с.151-180.
6. Brooke Benjamin. The threefold classification of unstable disturbances in flexible surfaces bounding in viscid flows. J. Fluid Mech., 1963. с.436-450.
7. Цыганков Ф.П., Сенин В.Н. Циклические процессы в химической технологии. Основы безотходных производств. - М.: Химия, 1988. - 263 с.

## НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ МУСКУЛАТУРЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ГИДРОГЕЛЕЙ И НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛА

**Сулейменов Ибрагим Эсенович** – докт. хим. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор факультета "Радиотехника и связь" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Калдыбеков Даулет** – магистрант химического факультета Казахского Национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы

**Колдаева Светлана Николаевна** – канд. физ.-мат. наук, доцент Учреждения образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И.П.Шамякина», г. Мозырь, Беларусь

**Игликов Игорь Владимирович** – магистрант факультета "Радиотехника и связь" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Ким Павел Валерьевич** – магистрант факультета "Радиотехника и связь" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Ивлев Роман Сергеевич** – магистрант факультета "Радиотехника и связь" Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

**Копишев Эльдар Ертаевич** – канд. хим. наук, старший преподаватель Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, г. Павлодар

*Термосезгіштің гидросірне негізінде сорғылы – тұщыландырушы жүйелер әрекеттерінің принциптері сипатталған. Мұндай жүйелер жұмысының тиімділігі иммерсияланған нанобөлшектерден тұратын гидросірнелерді қолдану есебінен артатыны көрсетілді. Гидрофильді және гидрофобты полимер торын қосатын жылу механикалық қайта жаңғыртушы композиттер негізінде жаңа тип ұсынылды.*

*Описан принцип действия насосно-опреснительных систем на основе термочувствительных гидрогелей. Показано, что эффективность работы таких систем повышается за счет использования гидрогелей, содержащих иммерсированные наночастицы. Предложен новый тип тепломеханического преобразователя на основе композита, включающего гидрофильные и гидрофобные полимерные сетки.*

*Schemes of pump-desalination devices based on thermo sensitive hydrogels are described. It is shown, that effectiveness of such devices may be sufficiently increased with the help of hydrogels containing immersed nanoparticles. New thermomechanical converter based on a composite including both hydrophilic and hydrophobic networks is proposed.*

Разработка методов утилизации тепловой энергии актуальна в связи с общей проблематикой ресурсосбережения. В частности, можно предложить ряд конструкций насосно-опреснительных систем, работающих за счет солнечной энергии и предназначенных для эксплуатации в регионах со слабозасоленными почвенными водами. Работа таких систем основывается на использовании

искусственной мускулатуры, реализованной на базе сильно набухающих гидрогелей, обладающих свойством термочувствительности, причем источником энергии является прямой нагрев солнечными лучами.

С физико-химической точки зрения искусственная мускулатура такого рода представляет собой прямой преобразователь тепловой энергии в механическую, что



представляет также самостоятельный академический интерес /1/. Принцип работы насосно-опреснительных систем такого рода описывается в данной работе впервые.

Термочувствительные гидрогели /2/ обладают двумя фундаментальными свойствами: способностью аккумулировать значительные количества воды (до 500 грамм воды на 1 грамм сухого полимера) и способностью отдавать эту воду (коллапсировать) при нагреве или охлаждении. Это связано с тем, что молекулы соответствующего линейного полимера, сшитые в сетку, т.е. формирующие гидрогель, испытывают фазовый переход при сравнительно небольших вариациях температуры. Существуют гидрофильные полимеры, обладающие как нижней, так и верхней критической температурой растворимости (ВКТР, НКТР), ниже или выше которой макромолекулы перестают переходить в раствор /2/. Соответственно, сетка, сшитая из макромолекул, обладающих ВКТР, коллапсирует при превышении определенного температурного порога; такие сетки позволяют реализовать искусственный мускул, обеспечивающий работу насосно-опреснительных систем.

Свойства термочувствительных гидрогелей хорошо изучены и в настоящее время наработан значительный ассортимент тако-

го рода материалов; обзор соответствующих работ представлен в /2/. Доказано, что изменение степени набухания сетки имеет место за счет сдвига гидрофобно-гидрофильного баланса в сторону усиления гидрофобных взаимодействий при повышении температуры. При этом характер реакции системы на вариации температуры может варьироваться в широких пределах. Однако в практическом отношении указанные свойства термочувствительных гидрогелей до последнего времени оставались неостребованными; мускулатура на этой основе предложена нами впервые.

В данной работе предложен новый тип искусственного мускула, основанного на использовании термочувствительных гидрогелей, в том числе, насыщенных наночастицами металла. Показано, что работа искусственной мускулатуры такого типа обеспечивается перепадом температур в несколько градусов Цельсия.

Упрощенная схема работы насосно-опреснительного устройства, использующего термочувствительные гидрогели, показана на рисунке 1.

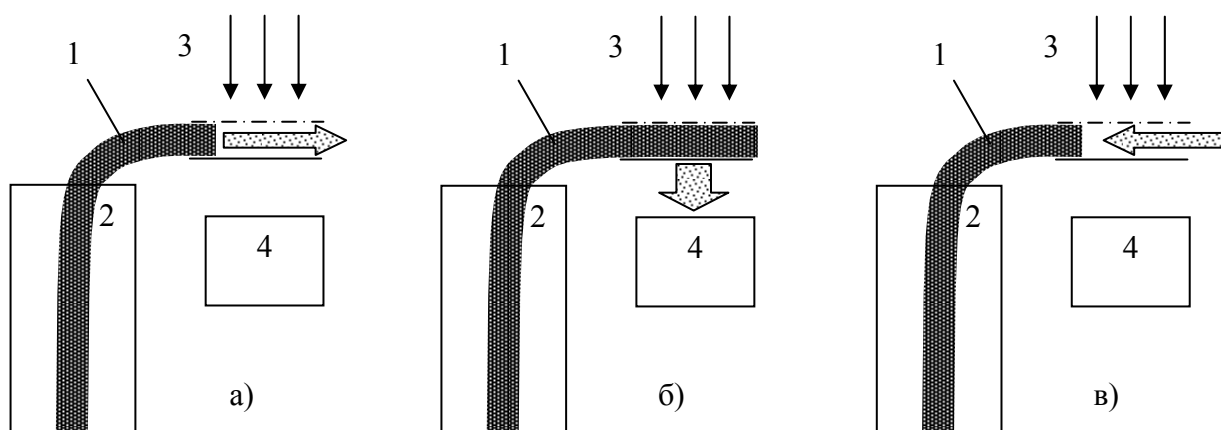


Рисунок 1 – Схема работы насосно-опреснительной системы на основе термочувствительных гидрогелей

Устройство работает следующим образом. Эластичный образец гидрогеля (1), которому придается необходимая форма, помещают в резервуар (2) с исходной жидкостью (слабым солевым раствором). Форма

гидрогелю придается за счет размещения в наружном кожухе, например, гибкой трубке, выполненной из водопроницаемого (в простейшем случае – сетчатого) материала. В данном случае для повышения быстро-



действия системы может использоваться дисперсия гидрофильной сетки. При набухании гидрогеля как в монолитном, так и в диспергированном состоянии, происходит увеличение его объема, благодаря чему соответствующий сегмент образца попадает под воздействие солнечных лучей, направление которых показано на рисунке 1 стрелками (3). Образец переходит от состояния рис. 1а к состоянию рисунок 1б.

При нагреве солнечными лучами имеет место коллапс гидрогеля, сопровождающийся отделением аккумулялированной жидкости в резервуар (4); при этом образец переходит от состояния рисунок 1б к состоянию рисунок 1в. Далее происходит его охлаждение за счет контакта с жидкостью из резервуара (2), и цикл "сжатие – набухание" повторяется снова.

Как отмечалось выше, а также в /2/, в настоящее время имеется весьма широкий ассортимент термочувствительных гидрогелей, в том числе синтезированы многочисленные разновидности полиэлектролитных сеток такого типа. Это достигается за счет использования сополимеров, включающих как гидрофобные группы, обеспечивающие эффект термочувствительности, так и функциональные группы, способные к диссоциации в воде.

Далее, в /3/ экспериментально и теоретически было показано, что равновесие Доннана, устанавливающееся на границе гидрогеля и раствора, приводит к тому, что внутрь геля поступает практически чистая вода, а низкомолекулярные ионы остаются в окружающем растворе. Данный эффект уже предлагалось использовать для целей опреснения воды ранее /4/, однако, в работе /4/ рассматривалась регенерация геля при помощи электрического тока. Это приводит к большим затратам энергии и связано с определенными технологическими трудностями (разрушение геля при контакте с электродами). Переход к использованию термочувствительных гидрогелей позволяет, во-первых, реализовать опреснительный цикл "сжатие-набухание" с использованием возобновляемых источников энергии. Во-вторых, в данном случае снимается проблема разрушения геля при внешнем воздействии.

Таким образом, даже простейшая схема (см. рисунок 1) показывает, что термочувствительные гидрогели позволяют одновременно решать задачу перекачивания воды и ее опреснения. Однако, существуют ограничения на работу рассмотренной простейшей схемы. В частности, она не позволяет осуществлять подъем воды, с достаточно большой глубины. В схемах, обеспечивающих подъем грунтовой засоленной воды целесообразно использовать искусственные мускулы, работающие аналогичным образом, но обеспечивающие одновременную механическую перекачку.

Для целей создания искусственного мускула в работе использовался термочувствительный гидрогель на основе поли-N-изопропилакриламида (ПНИПААМ). Насыщение геля наночастицами серебра осуществлялось методом фотохимического восстановления. Композиты, представляющие собой искусственные мускулы, были получены методом радиационной полимеризации. При получении композита его основа (цилиндрический образец резины, т.е. материала, также являющегося полимерной сеткой, но синтезированного на основе гидрофобных макромолекул) в растянутом состоянии размещалась в ампуле из молибденового стекла, которая заливалась реакционной смесью, продувалась аргоном для удаления кислорода и запаивалась. После этого реакционная смесь подвергалась гамма-радиационному облучению. После радиационной обработки композит отмывали дистиллированной водой от золь-фракции, подвергали сушке с последующим набуханием в растворе, содержащем нитрат серебра.

Данный метод насыщения геля наночастицами был выбран в силу простоты реализации. В принципе, аналогичные системы могут быть реализованы и на основе неблагородных металлов, с помощью методов синтеза, описанных, в частности, в /5-6/.

Использовались композиты в двух модификациях (насыщенные и ненасыщенные наночастицами). Полученный композит, синтезированный без насыщения наночастицами, содержал прозрачную периферию, окружающую основу (см. рисунок 2). На данном

рисунке представлены фотографии искусственного мускула в исходном и коллапсированном состоянии. Видно, что в исходном состоянии резиновая основа (1) окружена прозрачной периферией (2), а после нагрева

длина резиновой основы уменьшается, что сопровождается потерей прозрачности периферией (3). Границы образца показаны на рисунке 2 пунктирными линиями.

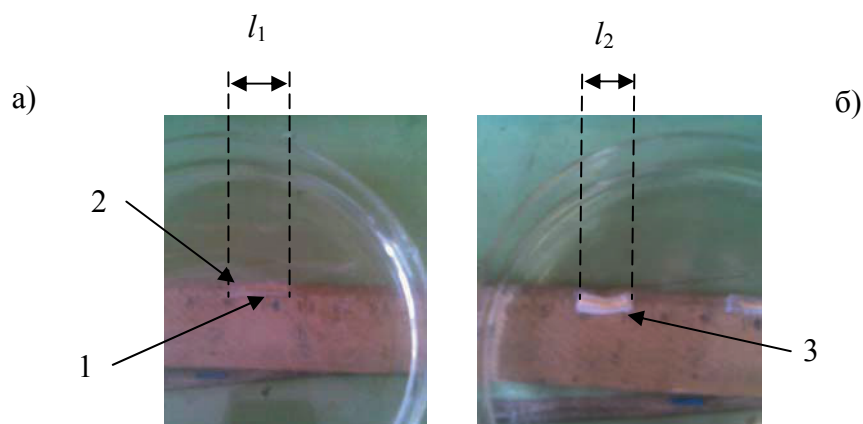


Рисунок 2 – Искусственный мускул – композит на основе сшитых гидрофобной и гидрофильной полимерных сеток: а) – в исходном состоянии, б) – после нагрева до 38°C

Эксперименты показали, что прочность химической связи между основой и периферией является достаточной для практического использования при условии размещения композита в наружную защитную оболочку.

Предложенная в работе модель искусственного мускула представляет собой замкнутый недеформируемый объем, в котором размещается композит с выведенными наружу отростками резиновой основы. Для предотвращения потерь воды использовалась силиконовая смазка в местах контакта резиновой основы и наружной оболочки модели.

О прочности химической связи периферия-основа свидетельствует также тот факт, что после извлечения композита из ампулы резиновая основа остается в растянутом состоянии, т.е. гидрофильные взаимодействия, приводящие к набуханию полимерной сетки, обеспечивают и растяжение основы до 1,5 раза по сравнению с исходным состоянием.

При повышении температуры с 29 до 37°C имеет место коллапс гидрофильной периферии, сопровождающийся выделением воды в окружающий раствор. При этом имеет место также сжатие резиновой основы до длины, отвечающей исходному состоянию. Использованный диапазон изменения тем-

ператур полностью отвечает условиям коллапса геля на основе чистого ПНИПААМ.

Эксперименты показали, что насыщение геля наночастицами не влияет на диапазон изменения длины резиновой основы, однако, их использование существенно (не менее, чем в два раза) повышает скорость реакции искусственного мускула на изменение температуры.

Теория, позволяющая объяснить данное явление, основывается на решении модифицированной задачи Стефана, описывающей распространение теплового фронта внутри объема образца при его термическом коллапсе [7]. Для значения скорости коллапса как геля, так и сформированного на его основе композита критичным является значение теплопроводности, которое для классических гидрофильных сеток слабо отличается от характерного для воды. Введение в систему наночастиц металла даже при сравнительно небольших (0,5 % массы) концентрациях способно существенно повысить теплопроводность, что, по-видимому, связано с особенностями теплового движения частиц таких размеров.

В работе были также проведены контрольные эксперименты с использованием гидрогелей других типов. Было установлено, что композиты предложенного типа могут

быть получены также на основе полиакриловой кислоты (ПАК) и сополимеров акриловой кислоты и N-изопропилакриламида (НИПААМ).

Композит последнего типа является наиболее эффективным с точки зрения использования насосно-опреснительных систем. В соответствии со сказанным выше, термочувствительная компонента (НИПААМ) обеспечивает преобразование тепловой энергии в механическую, а электролитная компонента (ПАК или ее соли) позволяет использовать эффект перераспределения концентраций /3,8/ для получения пресной воды из слабо засоленной.

Насосно-опреснительные системы представляют собой достаточно наглядный, но далеко не единственный вариант использования искусственных мускулов предложенного типа. Они могут найти применение практически в любых системах, где имеются источники вторичного тепла, не утилизируемого другими способами. Наиболее известным примером таких систем являются обычные двигатели внутреннего сгорания, обеспечение работы которых требует дополнительных мер по организации отвода тепла (контура охлаждения в автомобилях).

Таким образом, использование наночастиц позволяет существенно повысить скорость реакции искусственных мускулов предложенного типа на вариации температуры, а, следовательно, и производительность любых систем (в том числе, насосно-опреснительных) на данной основе.

### **Список литературы**

1. Ергожин Е.Е., Зезин А.Б., Сулейменов И.Э., Мун Г.А. Гидрофильные полимеры в нанотехнологии и наноэлектронике. Библиотека нанотехнологии. Выпуск 1. Алматы-Москва: Изд-во LEM, 2008, 216 с.
2. Мун Г.А., Сулейменов И.Э., Зезин А.Б. и др. Комплексообразование с участием полиэлектролитов: Теория и перспективы использования в наноэлектронике. Библиотека нанотехнологии. Выпуск 2. Алматы – Москва – Торонто – Рединг: Изд-во LEM, 2009, 239 с.
3. Budtova T.V., Belnikovich N.G., Suleimenov I.E., Frenkel S.Y. Concentration redistribution of low-molecular-weight salts of metals in the presence of a strongly swelling polyelectrolyte hydrogel // Polymer. 1993. Т. 34. № 24. С. 5154-5156.
4. Budtova T., Suleimenov I. Physical principles of using polyelectrolyte hydrogels for purifying and enrichment technologies // J. Appl. Polym. Sci., 57, 1653 (1995).
5. Торебеков О.Т., Жұмәділов Т.Қ., Бектұров Е.Ә. ПЭГ –  $\text{NaB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$  жүйесіндегі молекулалық комплекстердің құрылым түзуіне апротон еріткіштердің физика-химиялық параметрлерінің әсері // Химический журнал Казахстана №1, 2009.
6. Торебеков О.Т., Жұмәділов Т.Қ., Бектұров Е.Ә. ПЭГ –  $\text{NaBPh}_4$  жүйесіндегі молекулалық комплекстердің фазалық түзуіне апротон еріткіштердің физика-химиялық параметрлерінің әсері // Химический журнал Казахстана №2, 2009.
7. Сулейменов И.Э., Будтова Т.В., Исакаев Р.М. Полимерные гидрогели в фармацевтике, Алматы – СПб, 2003, 256 с.
8. Ергожин Е.Е., Бектұров Е.А., Сулейменов И.Э. Гидрофильные полимерные сетки. Алматы. 2003. 235 с.

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРЕСЫЩЕНИЯ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ПО ДЛИНЕ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ

**Копылов Анатолий Сергеевич** – канд. техн. наук, профессор кафедры «Технология воды и топлива», Московский энергетический институт (ТУ), г. Москва

**Календарев Эмиль Рахимжанович** – аспирант кафедры «Технология воды и топлива», Московский энергетический институт (ТУ), г. Москва

**Запорожская Наталья Витальевна** – магистр теплоэнергетики, инженер, Центр «Водные технологии и водно-химические режимы» Алматинский Университет Энергетики и Связи, г. Алматы

*Кері осмотикалық жарғақтың ұзындығы бойынша кальций сульфатының аса қанығуын есептеу әдісі ұсынылды. Жүргізілген эксперименттік және есептік зерттеулер, сондай-ақ олардың талдауы практикалық есептеулер үшін ұсынылған әдісті қолдануға болатынын көрсетті.*

*Предложена методика расчета пересыщения сульфата кальция по длине обратно-осмотической мембраны. Проведенные экспериментальные и расчетные исследования, а также их анализ показали, что предложенная методика может быть использована для практических расчетов.*

*The design procedure supersaturation calcium sulphate on length reverse-osmosis membranes is offered. The carried out experimental and calculation researches, and also their analysis have shown, that the offered technique can be used for practical calculations.*

При выборе водно-химического режима обратноосмотических установок зачастую встает вопрос о подборе методов предотвращения отложений, в том числе и сульфата кальция. К наиболее распространенным методам относятся: умягчение, дозирование антискалантов либо их комбинация. Для правильного выбора методов предотвращения накипеобразования и режима работы установки обратного осмоса, необходимо предварительная оценка интенсивности возможного накипеобразования, а следовательно, определяющее ее пересыщение в зависимости от состава исходной воды и степени концентрирования.

Как известно, пересыщение может быть определено как разность текущей и равновесной концентраций.

Для определения равновесных концентраций была принята модель образования твердой фазы и теория концентрированных растворов, с учетом ассоциации ионов по модели Гаррелса [1,2]. Равновесная кон-

центрация ионов определяется из решений уравнения материального баланса, ионных равновесий, коэффициентов активности и термодинамического равновесия твердой фазы сульфата кальция и раствора. Такая система уравнений может быть представлена следующим образом:

$$\lg \gamma_{i,j} = -A z_{i,j}^2 \sqrt{\mu} / (1 + B * a_{i,j} * \sqrt{\mu}) + b_{i,j} * \mu \quad (1)$$

$$(-B Ca^2 - X) (-B Ca^2 * X) = * B SO_4^2- / \gamma Ca^2+ * \gamma SO_4^2-$$

где общие и ионные концентрации компонентов;

$\gamma_{i,j}$  – моляльные коэффициенты активности ионов и ионных пар;

$z_{i,j}$  – валентность иона;

$\mu$  – ионная сила раствора;

$K_{i,j}$  - константы диссоциации ионных пар;

$BCa^2$ ,  $B SO_4^2-$  - коэффициенты закомплексованности ионов кальция и сульфата соответственно;

$PPCaSO_4-nH_2O$  – термодинамическое произведение растворимости соответствующей модификации сульфата кальция.

Решением системы уравнений (1) можно рассчитать равновесную концентрацию  $\text{CaSO}_4$  в растворе, а разность между общей исходной и найденной равновесной даст величину пересыщения раствора.

Уравнения материального баланса с учетом ионов и ионных пар может быть представлено в следующем виде:

$$\begin{aligned} &= + C_{\text{NaSO}_4} \\ &= + C_{\text{CaSO}_4} \\ &= + C_{\text{MgSO}_4} \\ &= + C_{\text{CaSO}_4^0} + C_{\text{MgSO}_4^0} + C_{\text{NaSO}_4} \end{aligned} \quad (2)$$

Коэффициенты активности ионов и заряженных ионных пар рассчитывались по модифицированному уравнению Дебая-Гюккеля /3/:

$$\lg \gamma_{i,j} = - \frac{A z^2 \sqrt{\mu}}{1 + B * a \sqrt{\mu}} + b\mu. \quad (3)$$

Коэффициенты активности незаряженных ионных пар вычислялись по эмпирическому уравнению, полученному в работе /5/:

$$\lg \gamma_{\text{KtAn}^0} = - \frac{S^4 \sqrt{\mu}}{1 + B * a \sqrt{\mu}} \quad (4)$$

где  $A, B$  – константы, характеризующие растворитель;

$S^4$  – параметр;

$a$  – радиус гидратированного иона или ионной пары.

Концентрации ионных пар определялись из выражений соответствующих констант диссоциации:

$$C_{\text{KtAn}} = \frac{C_{\text{Kt}} * \gamma_{\text{Kt}} * C_{\text{An}} * \gamma_{\text{An}}}{K_{\text{KtAn}} * \gamma_{\text{KtAn}}} \quad (5)$$

Ионная сила растворов вычислялась с учетом образовавшихся заряженных ионных пар:

$$\mu = 0,5(\sum C_i Z_i + C_{\text{KtAn}} * Z_{\text{KtAn}}). \quad (6)$$

В многочисленных литературных источниках достаточно широко представлены данные по произведению растворимости различных кристаллических модификаций

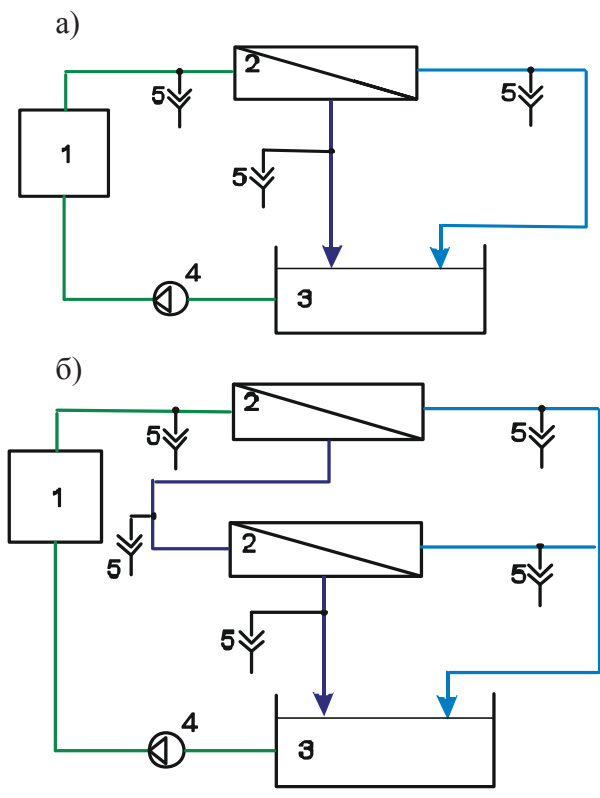
сульфата кальция в растворе хлористого натрия, причем наблюдается неоднозначная зависимость при изменении ионной силы раствора и температуры. Проведенный в работе /4/ анализ показал, что в данном температурном интервале (10 – 40 °С) сульфат кальция находится в форме гипса, а произведение растворимости равно:  $2,51 * 10^{-5}$ .

Полученная система нелинейных уравнений, в которой известными являются общие концентрации компонентов и константы диссоциации ионных пар, принятые по /5/, решаются методом последовательных приближений.

Для определения текущей концентрации по длине мембран была проведена серия опытов на экспериментальной установке, представленная на рисунке 1. Опыты проводились на одной и двух последовательно включенных по концентрату мембранах. В качестве исходного раствора использовался раствор, приготовленный на дистиллированной воде реактивов  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  марки «хч», с различной исходной кальциевой жесткостью и содержанием. Расход концентрата варьировался в пределах 35 – 40 %. Продолжительность опытов составляла от 6 до 42 часов. Проводились измерение давления, расходов исходной воды, пермиата и концентрата. У отобранных проб (см. рисунок 1) измерялась концентрация кальция, солесодержание и pH.

Результаты опытов представлены на рисунке 2 для одной мембраны и рисунке 3 для двух последовательно включенных по концентрату мембран. На одной мембране была проведена несколько серий опытов с исходной кальциевой жесткостью 15,8; 19,0; 22,0; и 28,0 мг-экв/кг, на двух мембранах – 37,0 мг-экв/кг. Изменение текущей жесткости раствора ( $C_0$ ) по длине мембраны представлены на рисунках 1 и 2.





1 – Механический фильтр; 2 – Обратноосмотическая мембрана; 3 – Бак; 4 – Насос высокого давления; 5 – Отбор проб.

Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

На основании выражения (7) были рассчитаны текущие концентрации ( $C_p$ ) по длине мембраны, представленные на рисунках 2 и 3.

Анализ результатов опытов показал удовлетворительную сходимость результатов опытных и расчетных данных, в которых  $G_0$ ,  $G_p$  и  $G_k$  – соответственно расходы исходной воды, пермиата и концентрата;  $C_0$ ,  $C_p$  и  $C_k$  – соответственно концентрация кальция в исходной воде, пермиате и концентрате.

Как указывалось выше, равновесные концентрации были рассчитаны по зависимостям (1-6) на основе опытных данных. Результаты расчетов ( $C_s$ ) представлены на рисунках 2 и 3. Разность текущей и равновесной концентраций дает нам значение искомого пересыщения. Равновесная концентрация незначительно возрастает с ростом степени концентрирования раствора. Так, при текущей жесткости 37,0 мг-экв/кг равновесная составила – 35,0, а при 83,0 – 41,0 мг-экв/кг.

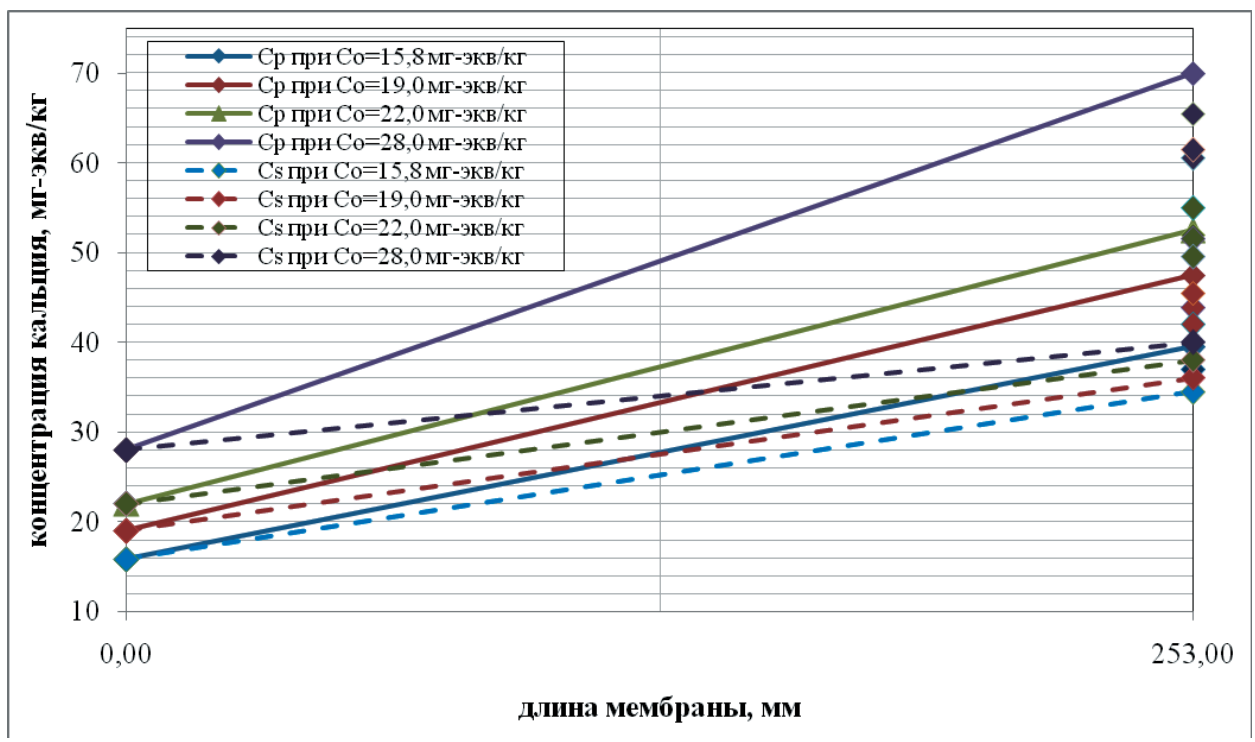


Рисунок 2 – Изменение исходной ( $C_0$ ), расчетной ( $C_p$ ) и равновесной ( $C_s$ ) концентрации сульфата кальция по длине мембраны (одна мембрана)



Солевой баланс обратноосмотической мембраны может быть представлен в виде:

$$G_o * C_o = G_n * C_n + G_k * C_k \quad (7)$$

Таким образом, представленная методика расчета с достаточной точностью позволяет определить пересыщение раствора по сульфату кальция по длине обратноосмотической мембраны.

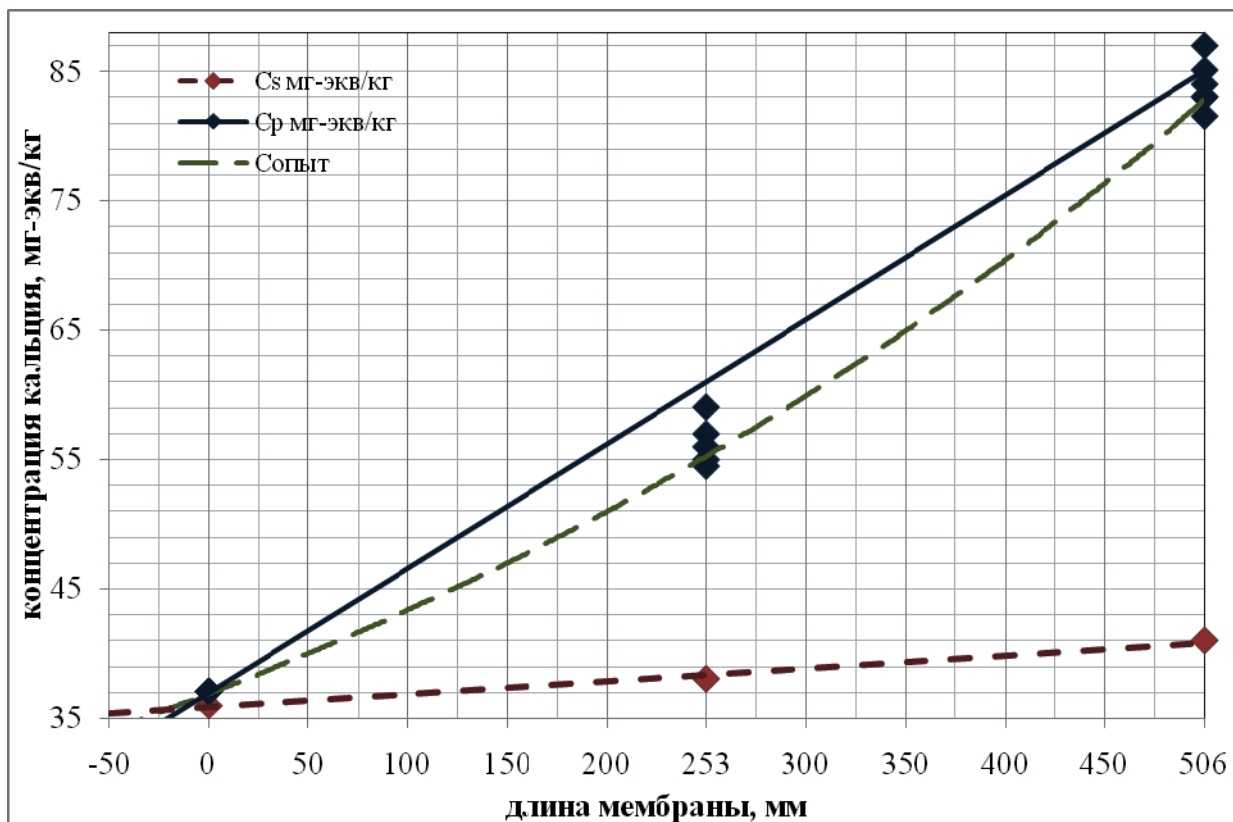


Рисунок 3 – Изменение исходной (C), расчетной (Cp) и равновесной (Cs) концентрации сульфата кальция по длине мембраны (две мембраны)

### Список литературы

1. Гаррелс Р.М. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1986.
2. Martynova O.I., Vasina L.G. Calculation of saline waters supersaturation on  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  and  $\text{CaSO}_4$ , taking into account ion associates formation. 5<sup>th</sup> Intern. Sympos. On Fresh water from the Sea, 1976. V.1, p. 329-336
3. Вопросы физической химии растворов электролитов. Под ред. Г.И. Микулина, Химия, Л., 1968, 420 с.
4. Колдаева И.Л. Основные закономерности накипеобразования гипса и методы его ограничения в испарительных установках. Автореф. дисс. канд. техн. наук. М., 1993 г.
5. eatts L.B. Marshall W.L. Chem. Eng. Data, 1972, v.17, p.163-168.

## РАСЧЕТЫ ИНВЕРСИИ НАСЕЛЕННОСТЕЙ ДВУХУРОВНЕВОГО АТОМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИНТЕНСИВНОСТЯХ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ДАВЛЕНИЯ БУФЕРНОГО ГАЗА

**Бимагамбетов Тулеугали Сапарович** – канд. физ.-мат. наук, доцент Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Аргон буфер газының қатысуымен рубиди атомының резонанстық деңгейінің оптика-соқтығысу кезіндегі инверсиялық қоныстануының теориялық есептеулер нәтижелері берілген. Буфер газының жоғарғы қысымында лазер жиілігінің аумағы өрістейтіндігі анықталған. Қысымы артқан сайын қоныстану инверсиясының максимумы жиіліктің үлкен мәніне қарай ығысады.*

*Теоретически рассчитаны инверсии населенностей на резонансном переходе атома рубидия при оптико-столкновительном заселении в присутствии буферного газа аргона. Выяснено, что чем выше давление буферного газа, тем шире отстройки частоты возбуждающего излучения. С увеличением давления значение максимума инверсионной населенности сдвигается в сторону увеличения отстроек.*

*Theoretically calculated population inversion on the resonance transition of rubidium atoms in optical-collision settling in the presence of argon buffer gas. It was found that the higher the buffer gas pressure, the greater the frequency detuning of the exciting radiation. With increasing pressure the value of the maximum population inversion is shifted upward detuning.*

Теоретическое описание оптико-столкновительного (ОС) заселения резонансного уровня двухуровневого атома дано в работе [1], где рассмотрены компаунд – системы «атом + сильное поле» («одетый атом»). По этой теории при положительной расстройке ( $\Omega > 0$ ) от резонансного перехода энергия фотона больше энергии оптического перехода  $\hbar\Omega$  ( $\Omega = \omega_L - \omega_m$ ) и в процессе поглощения избыток энергии уходит поступательному движению атома. В этом процессе участвуют все частицы, независимо от их кинетической энергии до столкновения. При излучении нужна дополнительная энергия  $\hbar\Omega$ , которую необходимо взять от поступательной энергии атома. По распределению Больцмана таких частиц меньше на  $\exp(-\hbar\Omega/kT)$ , тогда населенности верхнего  $m$  и нижнего  $n$  уровней описываются соотношением:  $N_n = N_m \exp(-\hbar\Omega/kT)$ , и при  $\Omega > 0$  населенность верхнего уровня больше населенности нижнего уровня, т.е. возникает инверсия населенностей.

При большом столкновительном уширении линии /2/ (в ударной области и больше) уравнение баланса населенности уровня  $m$  имеет вид:

$$\frac{dN_m}{dt} + \Gamma_m N_m = \chi \Gamma_m [N_n - \xi N_m], \quad \Omega > 0,$$

$$\frac{dN_m}{dt} + \Gamma_m N_m = \chi \Gamma_m [\xi N_n - N_m], \quad \Omega < 0 \quad (1)$$

$$\text{где } \xi = \exp\left(-\frac{\hbar|\Omega|}{kT}\right); \quad \chi = \frac{2|G|^2 \Gamma_{OC}(\Omega)}{\Gamma_i \Omega^2} -$$

параметр насыщения для перехода  $m - n$ ;

$\Gamma_m$  – естественные уширения линии  $m$ ;

$G = d_{mn} E / 2\hbar$ ;

$G$  – частота Раби;

$E$  – амплитуда электрического поля излучения;

$d_{mn}$  – матричный элемент дипольного момента перехода;

$\Gamma_{OC}(\Omega)$  – ударная полуширина при оптических столкновениях, она зависит от расстройки частоты и пропорциональна давлению буферного газа (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Зависимость ударной полуширины от давления буферного газа

Р, атм.	1	2	4	6	8	10
$\Gamma_{oc}, \text{см}^{-1}$	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5

Из уравнения (1) для относительной разности населенностей уровней  $m$  и  $n$  получим

$$\frac{N_m - N_n}{N} = \frac{\chi(1-\xi) - 1}{1 + (1+\xi)\chi} \quad (2)$$

где  $N$  – концентрация атомов рубидия.

### Результаты теоретического расчета

По формуле (1) оценим относительную инверсию населенностей в зависимости от расстройки частоты лазерного излучения при различных давлениях буферного газа и интенсивности лазерного излучения.

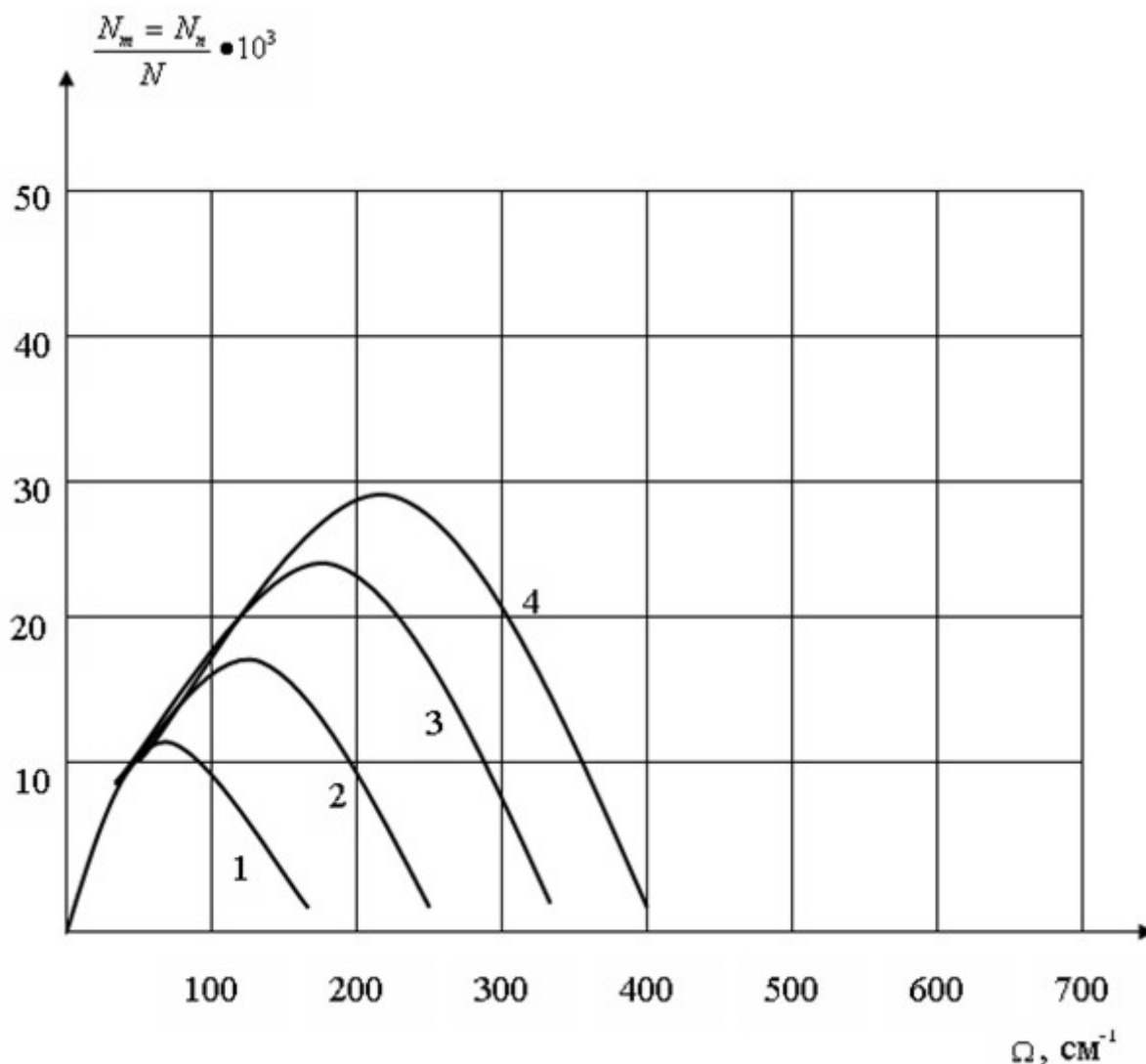


Рисунок 1 – Зависимость относительной инверсии населенностей от расстройки частоты лазерного излучения при различных давлениях буферного газа ( $I=5 \text{ МВт/см}^2$ )

При температуре  $T=480 \text{ К}$  концентрация атомов рубидия  $N=1,5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , длина волны на резонансном переходе  $\lambda=794,8 \text{ нм}$ , характерное уширение атомных линий рубидия с частицами буферного газа порядка  $10 \text{ МГц/торр}$  /3/.

Для вычисления параметра насыщения воспользуемся соотношением

$$|G|^2 = \frac{I\lambda^3 \Gamma_m}{16\pi^2 \hbar c} \text{ и } \chi = \frac{2|G|^2 \Gamma_{oc}(\Omega)}{\Gamma_m \Omega^2} = \frac{I\lambda^3 \Gamma_{oc}(\Omega)}{8\pi^2 \hbar c \Omega^2} \quad (3)$$

где  $I$  – интенсивность лазерного излучения.

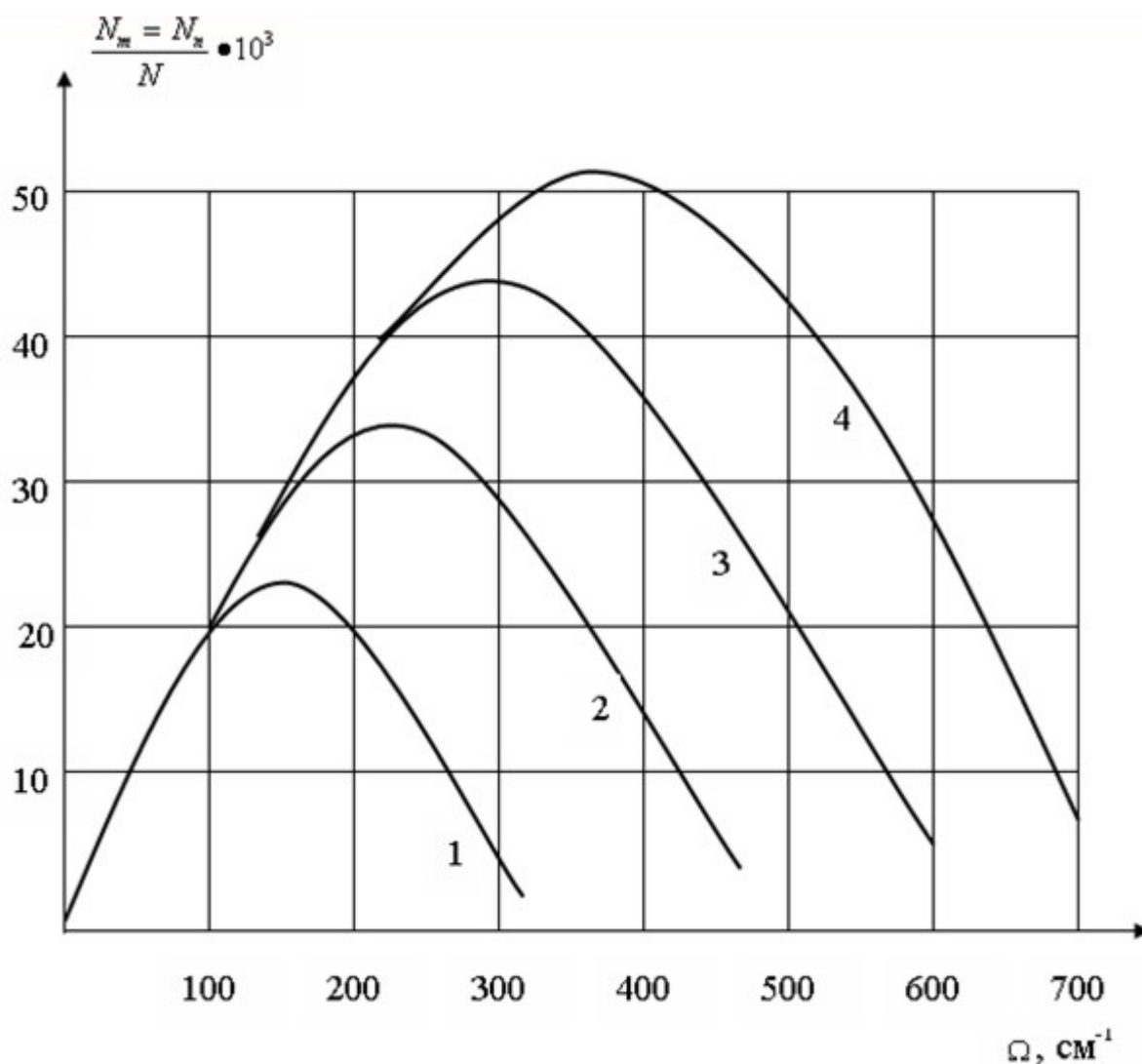


Рисунок 2 – Зависимость относительной инверсии населенностей от расстройки частоты лазерного излучения при различных давлениях буферного газа ( $I=10 \text{ МВт/см}^2$ )

На рисунках 1 и 2 показаны зависимости относительной инверсии населенностей от расстройки частоты возбуждающего излучения при различных давлениях буферного газа. Значения интенсивности лазерного излучения  $I=5$  и  $10 \text{ МВт/см}^2$ . Давление буферного газа  $P=4(1), 6(2), 8(3), 10(4)$ . Как видно из рисунка с ростом давления буферного газа и интенсивности лазерного излучения область расстроек частоты становится шире, а также увеличивается значение инверсии населенности. Это обусловлено тем, что из формулы (3) параметр насыщения пропорционален давлению буферного газа (величина  $\Gamma_{oc}(\Omega)$  пропорциональна давлению). Инверсия населенностей при некоторой отстройке частоты лазерного излучения достигает своего максимального значения и с увеличени-

ем давления и интенсивности сдвигается в сторону увеличения расстройки.

Максимальное значение расстройки  $\Omega_{max}$  можно получить из уравнения (4). Если пренебречь зависимостью  $\Gamma_{oc}$  от  $\Omega$ , получим, что  $\Omega_{max}$  пропорционально интенсивности лазерного излучения и давлению буферного газа.

При малых расстройках  $\Omega < 50 \text{ см}^{-1}$  ( $I=5 \text{ МВт/см}^2$ ) и  $\Omega < 100 \text{ см}^{-1}$  ( $I=10 \text{ МВт/см}^2$ ) инверсная населенность не зависит от давления буферного газа, так как параметр насыщения обратно пропорционален квадрату расстройки, то уменьшение расстройки приводит к увеличению параметра насыщения и при  $\chi > 1$  уравнение (2) имеет вид  $N_m - N_n \approx N \frac{(1-\xi)}{(1+\xi)}$ , т.е. разность населенностей не зависит от давления.

Отметим, что, зная разность населенностей уровней  $n$ - $m$ , можно вычислить коэффициент усиления и оценить возможность получения генерации излучения на этом переходе. Коэффициент усиления  $g$  излучения связан с разностью населенностей соотношением /4/

$$g = \frac{\lambda^2 \Gamma_m}{4\pi \Gamma_{oc}} (N_m - N_m).$$

### **Выводы**

Таким образом, из полученных теоретических результатов можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением давления буферного газа и интенсивности лазерного излучения расстройочной кривой инверсная населенность расширяется. Значение максимума сдвигается в сторону увеличения частоты лазерного излучения.
2. При малых расстройках инверсная населенность не зависит от давления буферного газа.

3. По значению инверсии населенности можно оценить возможность получения генерации излучения на этом атомном переходе.

4. Чтобы получить существенную разность населенностей, необходимо работать с высокими давлениями буферного газа и интенсивностью лазерного излучения.

### **Список литературы**

1. Бимагамбетов Т.С., Гришанин Б.А., Одинцов В.И. Оптико-столкновительное заселение энергетических уровней атомов // Препринт №20/1987, Физический факультет МГУ, С. 1-5.
2. Марков З.В., Пархоменко А.И., Плеханов А.И., Шалагин А.М. Генерация на резонансном переходе атомов натрия при нерезонансном оптическом возбуждении. // ЖЭТФ, 2009, Т. 136, С. 211-223.
3. Демтредер В. Лазерная спектроскопия. – М.: Наука. 1985.
4. Мэйтлэнд А., Данн М. Введение в физику лазеров. – М.: Наука, 1978.

## NEURAL NETWORKS BASED ON QUASIPASSIVE ELEMENTS: TOWARD NANOSCALE NETWORKING

**Panchenko Sergey<sup>1</sup>, Vassin Vassiliy<sup>1</sup>, Tasbulatova Zarina<sup>1</sup>, Nam Irina<sup>2</sup>** <sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering & Telecommunications Semiconductors Material R&D Center, Electronic Chemicals Materials B.U., Samsung, Gocheon-Dong, Korea

*Квазипассивті элементтерді қолданумен толығымен негізделген нейрондық желілер жасауға жаңа әдістеме ұсынған. Молекулалық квазипассивті нейрондық желілерді жасау мүмкіндіктері талқыланылады*

*Предложен новый подход к разработке нейронных сетей, полностью основанный на использовании квазипассивных элементов. Обсуждаются некоторые возможности создания молекулярных квазипассивных нейронных сетей.*

*New approach to developing of neural networks wholly based on quasipassive elements is proposed. Some possibilities of creation of molecular quasipassive neural networks are discussed.*

### **Introduction**

Neural networks are being considered as one of the most promising means of processing information /1/. In a definite sense, neural networks are alternatives to “Von Neumann machines” since their work is based on the parallel (as opposed to sequential) calculations /2/. However until last time, neural networks were realized mainly in the form of related software products /3/. This is not surprising since the classical neural network neuron should have a very large number of inputs (up to several thousand, /2/). The implementation of such schemes on the basis of classical semiconductor technology remains hampered at least because of the large square which occupy the body of the crystal in contact with 10 000 (or more) of other elements.

Consequently, the problem arises of finding other options for implementing neural networks, non-classical radio electronics in semiconductor basis. In this case, based on a common approach to the implementation of information technology in a quasi-biological basis /4/, considerable attention should be paid to the passive elements.

Indeed, modern nanotechnology gives possibility for using of molecular structures

as an analogue of transistors and other active components, but sold on the nanoscale /4/. For such structures the problem of power supply is known well: any process of information processing will be associated with loss of energy. In traditional semiconductor circuits this problem is solved with the energy supply from external power source, but for systems of molecular level this approach seems more than problematic.

Consequently, there is reason to pay close attention to quasipassive scheme of logic (and similar schemes that perform the functions of individual neurons) in order to implement them at the level of macroscopic devices, and then proceed to implement their analogs at the molecular level.

Under quasipassive elements any ones, which can operating without a direct analogue of the grid (transistor base, gate of field-effect transistor) or any other supplementary control electrode of the active element will be understanding in this report.

The purpose of this study is to prove the following fact. Neural network (as well as some more simple schemes, in particular, logic) can be fully realized through quasipassive elements in the scheme, which uses the common power



source that does not require redistribution of energy on individual elements, as for schemes being implemented (for example) on the basis of transistor logic.

### *Quasipassive electronic circuits*

The term “quasipassive electronic circuit” is illustrated by the following example. So-called thermosensitive polymers (compounds that can dramatically change the characteristics due to variations of temperature) are described in details in current literature. Solution of temperature-sensitive polymers, which demonstrate a phase transition during heating are known well. Such a phase transition is accompanied by a noticeable change in the optical density of the solution as whole due to partial loss of solubility of macromolecules /4/. Typically this effect is caused by increasing of hydrophobic interactions with increasing temperature.

Let’s consider quasipassive element Fig.1. This cell includes a capacitor (1) which is a standard construction of the two plates, filled with a solution of thermosensitive polymer. This capacitor is included in the standard bridge circuit containing fixed ones (2) - (4). Bridge circuit is connected to a power source (5). In the initial state corresponds to the equality of capacities constituting a bridge circuit the output voltage (6) will be zero. A nonzero output signal appears when capacity (1) will vary due to one or other reason.

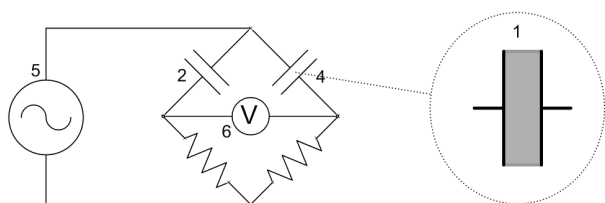


Figure 1 – Scheme of quasipassive element

As it is noted in numerous studies /4/, the loss of solubility of macromolecular coil in the phase transition is connected to changes in its size due to increasing of hydrophobic interactions that lead to compaction of the coil. Consequently, there is a reason to suppose that the phase transition will cause some changes of polarizability of macromolecular coils and, cor-

respondently, the dielectric constant of the solution as whole.

This effect, which is experimentally proved below, can be used for control of the capacity (1) in the scheme, Fig. 1. Indeed, direct heating of the element (Fig. 2) can provide a response of this circuit on the signal; it should be underlined that there is no electrical connection between inputs and output in the scheme.

Such electrical isolation does not limit the number of heating elements, which can be used to change the capacitance values (1). In particular, two heating elements can be placed in the solution, which fills the capacitor. Such a scheme may be considered as a physical realization of both operation “AND” and operation “OR” if dielectric constant of the medium changes by jump during heating. Indeed, nonzero signal is appeared at the output of the bridge when value of the heating resistors is low; the current that pass through any of them provides sufficient heating of the solution. The scheme can be considered as a physical realization of the operation “OR” in this case. Current passing through both of these elements at once can provide a phase transition if the values of resistors are relatively small; operation “AND” is realized in this case in respect to the signals applied to heating resistors. It should be emphasized that the considered scheme does not contain active elements in the classic sense of the term, consequently it may be called quasipassive one.

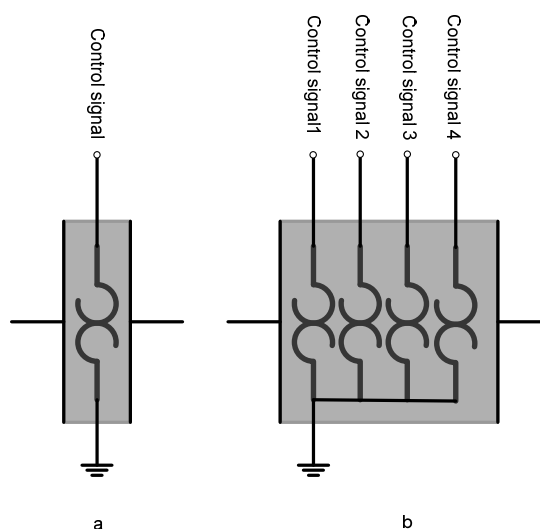


Figure 2 – Implementation of control of capacity

A scheme that is similar to the circuit shown at Fig. 2 having more heating elements may be considered on the next step of reasoning. Moreover, the contribution of these elements in the heating of the medium as a whole may be different due to different values of resistances as well as by additional thermal isolation affixed to their body. Quasipassive element performs functions of adaptive adder in this case, as it can be shown with the help of formula describing the operation of this element [2/

$$Q = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot x_j$$

where  $Q$  - heat generated by all heating elements;  $x_j$  - value of j-th control signal;  $\omega_j$  - weighting coefficient that specifies the impact of j-th signal on heating.

The advantage of this circuit is not only a complete electrical isolation of inputs, but also the possibility of merging them by the appropriate buses that will be shown below.

In general, the considerations above allow to affirm that a circuit made on the basis of quasipassive elements are capable of performing the same functions as their counterparts assembled by using traditional approach.

Specific proof of realizability of the proposed approach is given in next section.

### ***Experimental part.***

A solution of N-polyisoacrylamide (PNIAA) at concentration 1,2% was used.

Specially designed cell was used for measurement of capacity's variations (Fig. 3); thermostat (1) was filled with flush fluid (2) which housed a plane-parallel capacitor (3), which plates were made of copper foil glued to a plastic plates. Inner content of capacitor was isolated by lacquer layer from surrounding liquid.

The area of plates of used capacitor is 45,5 sm<sup>2</sup>. Capacity of the designed cell equal to 7,83 nF was registered when capacitor was filled with distilled water. Capacity of cell was recorded as a function of temperature in the experiments. Temperature incremental step was 0,2 °C. The temperature was kept constant with an accuracy 0,1 °C.

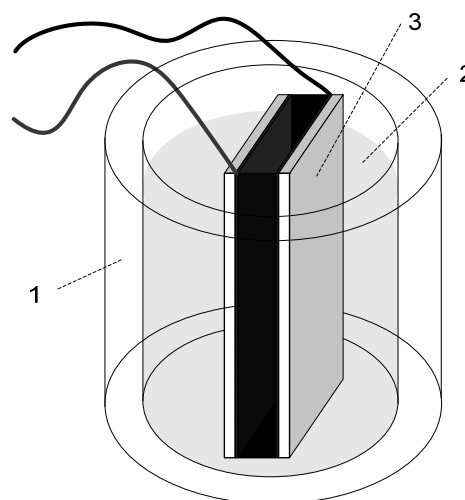


Figure 3 – Experimental device

The value of capacity was measured with the help of resonance scheme.

Used circuit allowed to measure the value of resonance frequency with accuracy up to 100 Hz corresponding to accuracy of determination of capacity of the cell equal to 150 pF.

### ***Results and discussion***

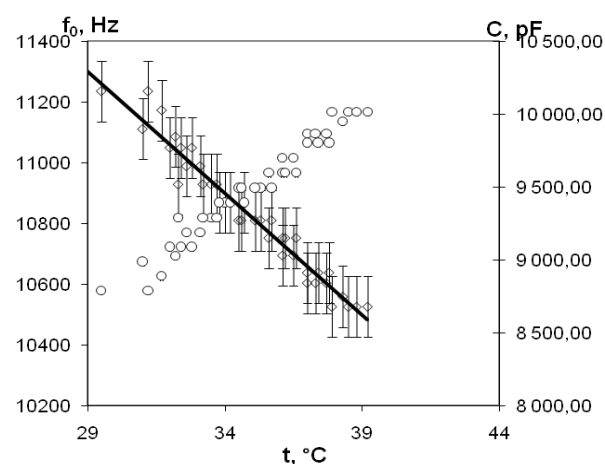


Figure 4 – Dependences of resonance frequency (1) and value of capacity on temperature (2)

An example of experimental measurements results is shown at Fig. 4. Measured values of resonance frequencies are presented on the left axis, calculated values of capacitance is represented on the right one. It's can be seen, that temperature variation actually leads to essential (about 16%) capacitance change.

It's also evident, that used polymer is not quite satisfies the conditions providing operation of the circuits. This is attributed to fact that the experimentally observed dependence of the dielectric conductivity on temperature is nearly linear, i.e. there is no strongly marked jump, which is typical for the dependence of optical density of the same solution on temperature.

Apparently, this is attributed to the statistical straggling in the characteristics, particularly in molecular weights, of coils synthesized in laboratory conditions. Transformations experienced by a certain fraction of molecules are just enough for visually observed transition. Measurements of the dielectric conductivity record the integral effect which explains the absence of marked non-linearity of the curve, Fig. 4.

However, it is possible to consider proposed scheme as a physical implementation of a neural network on the quasipassive circuits' principles described above even with such a dependence of dielectric conductivity change on temperature.

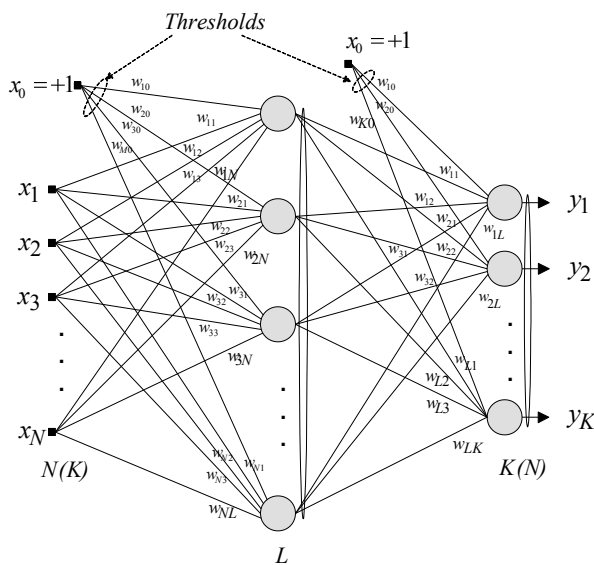


Figure 5 – Forward propagation network

At Fig. 5 a scheme of forward propagation neural network is presented. First layer neurons outputs are connected with all inputs of second layer that causes significant number of neuron interconnections in given neural network. Implementation of circuit of such neuroprocessor on traditional elements basis is problematic, however using of common buses for scheme

(fig. 6) as whole will significantly decrease the number of operations for making it, i.e. using of quasipassive neural networks is perspective facility for researching of operating principles of its analogues synthesized on molecular level.

## Conclusions

New kind of information processing systems based on quasipassive radio-electronic elements may be proposed. Non-linear properties of medium itself are likely to be useful for implementation of both schemes carrying out logical operations and neural networks in this case. In other words, it is of pronounceable interest to develop method of synthesis of hydrophilic polymers demonstrating phase transition corresponding to sharp change of permeability.

The advantage of quasipassive schemes on such base is complete electrical isolation both between separate inputs and between input-output circuits.

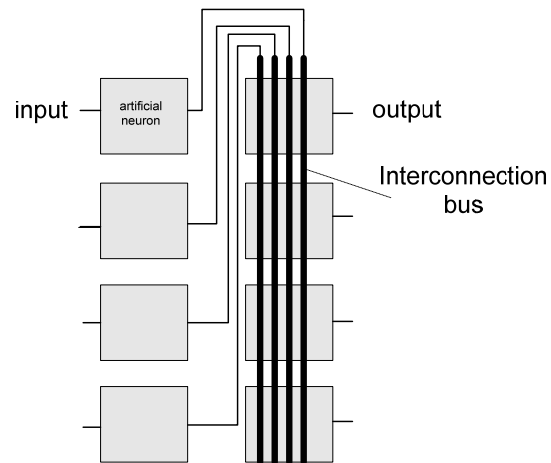


Figure 6 – Scheme of interconnection of artificial neurons

Proposed approach gives possibility to build up quasipassive element having large number of inputs and performing additive adder functions with automatic summation taking place due to own properties of medium.

Physical implementation of offered kind of macroscopic neural networks is a step for creating analogue molecular level neural networks

## *References*

1. Arbib, Michael A. (Ed.) (1995). *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*.
  2. Mandic, D. & Chambers, J. (2001). *Recurrent Neural Networks for Prediction: Architectures, Learning algorithms and Stability*. Wiley.
  3. Bertsekas, Dimitri P. & Tsitsiklis, John N. (1996). *Neuro-dynamic Programming*.
  4. E.E. Ergozhin, A.B.Zezin, I.E.Suleimenov and G.A. Mun, Hydrophilic polymers in nanotechnology and nanoelectronics (in Russian). Almaty-Moscow: 2008, 216 p.
-

## ТАК ПОБЕДИМ

**Джагфаров Ниспек Рахимжанович** – канд. истор. наук, профессор Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Социалистік революцияның теориясын В.И. Лениннің Қазан төңкерісінің қарсаңында көзқарастарының эволюциясы талқыланды. Революцияға альтернатива болды ма?*

*Рассматривается эволюция теоретических взглядов В.И. Ленина на теорию социалистической революции накануне Октябрьской революции. Была ли революции альтернатива?*

*It is considered the evolution theoretical glance V.I. Lenin on theory of the socialist revolution to on the eve October revolution. Be is revolutions alternative?*

В СССР начисто отсутствовало исследование возможности альтернативы в 1917, более того, не рассматривалась историческая альтернатива, как в теоретическом, так и в конкретно - историческом аспекте. Применительно к Октябрю твердили везде и всюду: не было альтернативы, был только единственный путь – революция, В. Ленин и большевики, победив в Октябре, тем самым облагодетельствовали не только народы России, а и трудящихся всей Земли. Именно так, а все остальные утверждения не только ошибочны, но и вредны, более того враждебны.

На самом же деле были и другие альтернативные пути развития России. Среди множества вопросов можно, на наш взгляд, выделить основополагающие:

- Не оказалась ли Октябрьская революция неудачным экспериментом, затеянным в 1917г. группой фанатиков?

- Возможен ли был тогда не революционный, а реформистский выход из кризиса?

- Как сказалась на деле однопартийность на судьбе страны и народа, были ли возможны политический плюрализм и многопартийность?

- не стала ли Октябрьская революция той самой “черной дырой” через которую наша страна прямиком скатилась к сталинщине?

Эти и другие вопросы еще предстоит глубоко исследовать и на их основе показать реальные возможности, которые были бы

достигнуты при альтернативных путях развития.

Можно было идти путем реформ (реформы, реформизм – совсем недавно в советской политической терминологии воспринимались как нечто недостойное, постыдное). В.Ленин отказывался даже рассматривать эту альтернативу: “Пути реформ, выводящих из кризиса, из войны, из разрухи – нет”<sup>1</sup>. Этим сказано практически все. В.Ленин добился принятия партией большевиков на апрельской партконференции и VI съезде своего политического курса:

1. никакой поддержки Временному правительству. Саботаж всех его решений с тем, чтобы добиться социально-экономического краха страны. Вследствие этого должна вырасти “*выше обычного нужда и бедствия трудящихся*”, а она вызовет их массовое недовольство;

2. взят курс на установление власти Советов, которая станет государственной формой диктатуры пролетариата. В Советской республике вся земля будет национализирована, ликвидирована частная собственность, все банки будут объединены в один общенациональный банк. Все производство и распределение будут взяты под рабочий контроль. Армия объявлена атрибутом буржуазного государства и должна быть заменена “*всеобщим вооружением народа*” (Это у нас то?!). Объявлен всеобщий поход против чиновничества и война бюрократии. (!)



Намечена стратегическая цель – подготовка вооруженного восстания.

Эти программные установки, вобравшие конгломерат действительно важных и актуальных вопросов с явно надуманными и не реализуемыми в принципе проблемами, были объявлены истиной в последней инстанции, возможные несогласия, критика объявлялись оппортунизмом, предательством интересов пролетариата.

Большевики уделяют особое внимание выработке политических лозунгов. Они просты и понятны: “Долой войну!”, “Мир народам”, “Землю – крестьянам!”, “Фабрики и заводы – рабочим!”, “Власть – Советам!”, “Ни богатых, ни бедных!”, “Равенство – всем народам!”, “Свободу и равноправие – женщинам!”. Охвачены практически все социальные слои населения, что само по себе уже ставит под сомнение пролетарский характер будущей революции. Особняком стоит требование о 8 часовом рабочем дне. В условиях массовой безработицы уместнее был бы лозунг: “Работу всем!”.

Большевики развернули небывалую разъяснительную работу в массах, такой наступательной, агрессивной пропаганды не сумела развернуть ни одна политическая партия. Исходя из установки В.Ленина “работать там, где есть массы”, большевики развернули работу на съездах фронтовых и полковых комитетов, профсоюзных и женских организаций, безалкогольных обществах и т.д. Эту работу проводила организация, насчитывающая к началу 1917г всего лишь 23,6 тыс. членов<sup>2</sup>. В местных партийных организациях эта цифра была совсем незначительна. В Петроградской организации было около 2 тыс. членов, в московской – около 600, на Урале – всего около 500, в Киевской – 200<sup>3</sup>. Для сравнения можно привести численность других партий левого крыла: меньшевики насчитывали в своих рядах 45 тыс. членов, социалисты – революционеры, (ЭСЭры) в различных исследованиях приводится цифра, – от 400 тыс. до 700 тыс. членов<sup>4</sup>. Следует отдать должное: большевики сумели, в отличие от других (всего в России было 70 политических партий), сработать не числом, а умением.

В течение апреля-октября 1917г. делается все, чтобы окончательно расшатать устойчивую империю.

За эти 7 месяцев страна пережила несколько политических кризисов (июнь, июль, сентябрь), большевики умело раскачивали лодку, используя различные формы борьбы: забастовка, стачка – они охватывают в начале отдельные предприятия, к ним присоединяются соседние заводы и фабрики, затем предприятия региона, отрасли, всей страны. Так рождается огонь всероссийской политической стачки. Наряду с экономическими ставятся все громче требования политические. Рабочим уже тесно на предприятиях, их выводят на политическую демонстрацию. Под благовидным предлогом необходимости защиты демонстрантов рабочим выдается оружие, толпа наводнена боевиками. Нужна небольшая искра – и возбужденная, вооруженная толпа готова не только к восстанию, она готова на все. По такой достаточно простой, но безотказной схеме действует В.Ленин и его соратники по партии.

В самом начале августа 1917г. большевики на своем VI съезде принимают решение о непосредственной подготовке вооруженного восстания и захвате власти. Попытка верлушки офицерства и генералитета во главе с Л.Корниловым совершить военный переворот потерпела крах. Корниловский мятеж, как это не покажется странным, открыл дорогу большевикам. 9 сентября 1917г. председателем Петроградского Совета был избран Л.Троцкий. Всего лишь через несколько дней В.Ленин открыто (теперь уже опираясь на силу Совета) призвал к вооруженному восстанию. Всеобщие стачки и забастовки окончательно подорвали экономику страны. Десятки тысяч людей оказались на улице. Началось брожение в армии, офицеров никто не слушал, солдаты дезертировали с фронта и тысячами уходили домой. Возвращение озлобленных, анархистски настроенных солдат крайне обострило обстановку в деревне. Начался погром помещичьих усадеб и дележ земли. Досталось и зажиточной части деревни, т.н. “кулакам”. В итоге было подорвано сельскохозяйственное производство, возник всеобщий продовольственный дефицит, вызывавший стремитель-



ный рост цен. Это вызвало инфляцию. Рухнула финансовая система. За 8 месяцев Временное правительство выпустило кредитных билетов на сумму 9 млрд. рублей, тогда как правительство Николая II за 32 месяца эмиттировало их на сумму 8,3 млрд. рублей. Огромная денежная масса раздавила экономику. Уже в октябре 1917г. покупательная способность рубля составила всего лишь 6-7 коп., реальная заработная плата упала в 2 раза<sup>5</sup>.

Аналогичная, кризисная ситуация складывалась в национальных окраинах империи, в т.ч. в Центральной Азии. Здесь цены выросли на муку на 157, масла – на 300, обуви – на 125, ситца – на 300, мыла – на 650, на медикаменты – 900%. Лишь за один год – с 1916 по 1917г. стоимость одного пуда хлеба выросла почти в 30 раз<sup>6</sup>. Крестьяне отказывались поставлять продовольствие в город, а населению городов нечем было заплатить за него и негде заработать деньги.

Во второй половине сентября 1917г. В.Ленин заявил, что стране грозит “катастрофа невиданных размеров и голод”. Избежать все это можно только лишь в том случае, если немедленно передать власть в руки Советам. Причем добиться этого можно только вооруженным путем. Других альтернатив он не воспринимал и отказывался их даже обсуждать. Эта позиция проявилась особенно во время работы Демократического совещания, которое началось в Петрограде во второй половине сентября 1917г. Демократическое совещание должно было выработать принципы управления страной вплоть до созыва Учредительного собрания. Все политические партии России, в т.ч. партии леворадикального крыла, возлагали большие надежды на это совещание.

Это была реальная возможность общенационального диалога, часть большевиков так же считали, что могут вполне придти к власти демократическим путем, получив большинство мандатов на II съезде Советов, созванном на конец октября 1917г. В пользу

такого развития политических событий говорил и переход в середине сентября 1917г. власти фактически в руки Советов в 50 крупных городах России. Но В.Ленин считал, что революция без вооруженного восстания пролетариата будет неполноценной, и делает все, чтобы оно произошло. Вечером 24 октября Красная гвардия и несколько воинских частей легко захватили мосты, почту, телеграф, вокзалы. Утром 25 октября было принято воззвание Петроградского ВРК, в котором говорилось, что правительство низложено. Поздно ночью несколько сотен матросов, солдат и рабочих, почти не встретив сопротивления, ворвались в Зимний дворец. Победила Октябрьская революция, Ленин и большевики пришли к власти. Начался социальный эксперимент, итоги которого не однозначны, зато потери огромные. Приведем только одну цифру. По оценкам 1913г. Российского Генерального штаба (именно он тогда занимался демографическими проблемами) на территории империи к 2000г. должно было проживать порядка 750-800 млн. населения<sup>7</sup>. Легко просчитать, какой огромный ущерб принесла Великая Октябрьская социалистическая революция.

### *Список литературы*

1. В.И. Ленин. Полн. собр. соч. Т. 32. С.407
2. Всероссийская перепись членов РКП 1922 года. Вып.4. – М., 1923. С.32
3. История КПСС. Т.2. – М., 1966. С.653
4. См. подробнее: Спирин Л.М. Крушение помещичьих и буржуазных партий в России. – М., 1977; Астрахан Х.М. Большевики и их политические противники в 1917г. (из истории политических партий в России между двумя революциями). – Л., 1973
5. История Казахстана и Центральной Азии. – Алматы, 2001. С.434
6. Там же. С.435
7. Аргументы и Факты, 2006. – №18.

## НАУЧНО – ФИЛОСОФСКОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ

**Шицко Виктория Леонидовна** – канд. философ. наук, доцент Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы

*Техника мен техникалық ғылымдар ХХ ғасырдың екінші жартысындағы салихалы философиялық сараптаманың объектісі болып табылады. Ғылым мен техника антикалық мәдениет пен орта ғасырда қызметтің алуан түрлі ретінде қарастырылды, тек жаңа дәуір ғылымы ғылым мен техниканың тәртіпке келтірле отырып ұйымдастырылуына әкелетін жаңа ғылым идеясын ұсынады. Бүгінгі таңда техникалық ілімнің дүниетанымдық маңызы еңбек құралдарының технологиялық және әлеуметтік – экономикалық қызметтерін атқару қабілетінде көрінеді. Қазіргі қоғамдық дамудың сипаттық белгісі болып ғылымның, техника мен өндірістің байланысы мен өзара әрекеті табылады, яғни ғылымның көп жағдайда техникаға, сонымен қатар адамның өзіне, оның шығармашылық қабілеттері мен ой - өрісі мәдениетін дамытуға бағытталғандығы табылады.*

*Техника и технические науки стали объектом серьезного философского анализа во второй половине ХХ века. В античной культуре и в средние века наука и техника рассматривались как различные виды деятельности, и только наука Нового времени выдвигает идеал новой науки, приведшей к дисциплинарной организации науки и техники. Мироззренческое значение технических знаний сегодня проявляется в способности средств труда выполнять как технологическую, так и социально – экономическую функции. Характерная черта современного общественного развития – это связь и взаимодействие науки, техники и производства, где наука все в большей степени ориентируется не только на технику, но и на самого человека, развитие его творческих способностей и культуры мышления.*

*Science and engineering technologies became a subject of thorough philosophical analysis in the second half of the XXth century. In ancient and Middle Age times science and technology were considered as different types of activity, and only the New Age science put forward the perfect type of new science resulting in disciplinary organization of science and engineering. Nowadays the world-view importance of engineering knowledge is demonstrated through the ability of means of labour to realize both technological and socio-economical functions. The characteristic feature of the modern social development is the relation and interaction of science, engineering and production, science being more and more orientated not only on the technology, but on the man and development of his personal creative abilities and culture of thinking.*

В последнее время техника и технические науки привлекают все более пристальное внимание специалистов самых различных отраслей знания. До недавнего времени технические науки выпадали из поля зрения философов, которые если и обращались к техническим вопросам, то, главным образом, в связи с попыткой разобраться, в чем заключается сущность современной научно – технической революции и каковы ее социальные последствия. Лишь в 70-80-е годы

ХХ века техника и технические науки стали объектом серьезного философского анализа, хотя вопрос об их роли в жизни человека имеет длительную историю.

Его родословная своими корнями уходит в сложившуюся еще во времена Платона и Аристотеля концепцию, согласно которой техника не принадлежит к числу объектов философского исследования. По мнению античных мыслителей, техника есть не более как оружие материального производства,

а поэтому не может быть средством познавательной деятельности, источником истинного знания. Несмотря на то, что отдельные представители того периода давали высокую оценку техническим знаниям, а некоторые из них даже занимались конструированием различных технических устройств, само техническое творчество длительное время рассматривалось как отрасль деятельности, достойная только рабов и оскорбляющая достоинство свободного гражданина.

В древнем мире техника, техническое знание и техническое конструирование были тесно связаны с магическим действием и мифологическим мировосприятием. Наука была еще не только неспециализированной и недисциплинарной, но и неотделимой от практики и техники.

Античная наука становится комплексной по своему стремлению максимально полного охвата осмысляемого теоретически и обсуждаемого философски предмета научного исследования. Понятие техники существенно отличалось от современного. В античности понятие «технэ» включает и технику, и техническое знание, и искусство, но оно не включает теорию. Поэтому у древнегреческих философов нет специальных трудов о «технэ». В античной культуре наука и техника рассматривались как принципиально различные виды деятельности.

В средние века архитекторы и ремесленники полагались в основном на традиционное знание, которое держалось в секрете и которое со временем изменилось лишь незначительно. Вопрос соотношения между теорией и практикой решался в моральном аспекте: например, какой стиль в архитектуре являлся более предпочтительным с божественной точки зрения. Начиная с XV – XVI в.в. н.э., инженеры, художники и практические математики эпохи Возрождения начали играть решающую роль в принятии нового типа практически ориентированной теории. Изменился и сам социальный статус ремесленников, которые в своей деятельности достигли высших уровней культуры Ренессанса.

В науке Нового времени можно наблюдать иную тенденцию – стремление к

специализации и вычленению отдельных аспектов и сторон предмета как подлежащих систематическому исследованию экспериментальными и математическими средствами. Выдвигался идеал новой науки, способный решать теоретическими средствами инженерные задачи, и новой, основанной на науке техники. Этот идеал в конечном итоге привел к дисциплинарной организации науки и техники.

В это время естествоиспытатели стали понимать, что применение различных технических средств, например, телескопа и других, существенно расширяет горизонты науки. Труды Г.Галилея в естествознании и Ф.Бекона в философии знаменовали собой конец умозрительной науки и начало новой страницы в ее истории. Технические знания были признаны важнейшей отраслью прикладного знания. Однако для возникновения технических наук нужны были соответствующие социально-экономические предпосылки.

Превращение технических знаний в подлинно научные произошло сравнительно недавно и было обусловлено потребностями неклассического этапа развития науки XX века. Именно тогда впервые возникают такие практические проблемы, которые могли быть разрешены лишь научным путем.

Технические науки в большинстве своем и сегодня продолжают оставаться науками преимущественно эмпирическими. Даже применение в них математического аппарата не меняет существенно положения, так как математические компоненты характеризуют конкретные количественные параметры тех или иных классов технических объектов, следовательно, выполняют чисто описательную функцию. Разумеется, математизация технических наук ускоряет процесс их теоретизации, тем не менее, теоретического уровня достигли пока лишь немногие из них.

Что же касается философского мировоззрения, то оно имеет дело с познанием мира не на уровне явлений, т.е. не на эмпирическом уровне, а на уровне познания сущностей, опирается на теоретические достижения фундаментальных наук. Все это существенно затрудняет ответ на вопрос,

имеют ли вообще технические науки мировоззренческое значение, а если имеют, то в чем оно заключается. Ведь мировоззрение отражает окружающий нас мир через призму социальных условий человеческой жизни.

Сама по себе наука не может выработать научного мировоззрения, так как она не застрахована от метафизических и идеалистических ошибок, о чем свидетельствует история развития современного естествознания. Известно, что революция в физике на рубеже XIX-XX вв., поколебавшая классические представления об атомах и химических элементах, материи и движении, пространстве и времени, сопровождалась кризисными явлениями в естествознании, что, в свою очередь, привело к возникновению «физического» идеализма. Совершенно очевидно, что отказ физики от признания объективной ценности ее теорий затрагивал глубинные основания научного мировоззрения, породил своего рода мировоззренческий кризис.

Развитие естественных наук продолжилось в XX веке. Появились новые достижения в физике элементарных частиц, в изучении микромира; была создана кибернетика, получили развитие генетика, хромосомная теория. Переворот в науке был сопряжен с переворотом в технике. В середине XX века появляются электронные вычислительные машины, применение которых стало основой развития комплексной автоматизации производства и управления им. Использование и освоение процессов деления ядра кладет начало атомной технике, развивается ракетная техника, начинается освоение космического пространства, получает широкое применение телевидение. Создаются синтетические материалы с заранее заданными свойствами; успешно осуществляются в медицине пересадка органов животных и человека, другие сложнейшие операции.

В истории человечества индивидуально – личностное мироощущение и самоощущение обычно усиливалось в кризисные эпохи. Индивиду приходится самому искать ответы на новые вопросы, к которым неприменимы старые подходы. Человеческое

«я» приспосабливается к новым факторам. Современная наука – «дорогое удовольствие». Строительство синхрофазотрона, необходимого для проведения исследований в области физики элементарных частиц, требует миллиарды долларов. А космические исследования? В развитых странах на науку сегодня затрачивается 2-3% валового национального продукта. Но без этого невозможны ни достаточная обороноспособность страны, ни ее могущество.

Наука развивается по экспоненте: объем научной деятельности, в том числе мировой научной информации в XX веке, удваивается каждые 10-15 лет. Растет число ученых. В 1900 году в мире было 100 000 ученых, сейчас – 5 000 000 (один из тысячи человек, живущих на Земле). Процесс дифференциации научного знания привел к тому, что сейчас насчитывается более 15 000 научных дисциплин.

В создании научной картины мира участвуют лишь те науки, которые исследуют сущность тех или иных форм движения материи. Предметом же технических наук не является какая-либо из традиционных форм движения материи. Объектом исследования технических наук служат определенные классы материальных систем, созданных самим человеком и не существующих в природе до человека, т.е. искусственные системы. Технические науки призваны ответить на вопросы «как это сделать» и «каковы принципы устройства и функционирования той или иной искусственной системы?». Поэтому в них критерий истинности знания не имеет того значения, которое он получил в естественных и общественных науках. Иначе говоря, если результаты технического творчества оцениваются в соответствии с критерием эффективности, то результаты теоретико-познавательной деятельности естественных и общественных наук – в соответствии с критерием истинности.

В то же время взгляд на технику как на объект технических наук, как нечто внешнее по отношению к ним является правильным, но односторонним. Техника есть также опредмеченное в природном материале знание, говоря словами Гегеля, есть его ино-



бытие. Таким образом, в отличие от всех других наук, которые имеют своим материальным носителем знакомо-символические комплексы естественного или искусственного языка, технические знания воплощаются также в технических устройствах, орудиях и средствах производственной деятельности человека.

Будучи одним из важнейших компонентов производительных сил, техника, а через нее и технические науки оказывают все возрастающее влияние, как на природную, так и на социальную среду. С техническим прогрессом в значительной мере связаны глобальные проблемы и судьбы человеческой цивилизации. От того, чем люди производят, какими орудиями труда, зависит характер современной эпохи. В этой способности средств труда выполнять как технологическую, так и социально-экономическую функции и проявляется мировоззренческое значение технических знаний. Но если в естественных и общественных науках мировоззренческое значение имеют их содержательные компоненты, и прежде всего фундаментальные идеи, определяющие научную картину мира, то в технических науках мировоззренческий аспект проявляется через их особые функциональные свойства.

Наряду с философским изучением природы, общества и мышления все более насущной становится задача углубленного изучения особой сферы научного познания и практики - мира техники и технологии – проектированием, созданием, изучением и развитием которого занимаются технические науки. Таким образом, возрастание роли техники и технологии в развитии современного общества привело к видоизменению и развитию основных разделов научного знания, пополнившихся социальным разделом – «техникoзнание». Предмет технических наук отображает процесс перехода, превращения природных объектов в искусственные материальные образования, служащие целям человека. При этом технические науки выступают как связующее звено между естествознанием, особенно прикладным, и производством.

Перед инженером как создателем новой техники встает важная задача - познание и овладение специфической сущностью противоречий создаваемого технического объекта. В отличие от чисто природных объектов технические объекты воплощают в себе ряд ярко выраженных социальных свойств: экономичность, надежность, приспособленность к эксплуатации человеком, эстетичность и т.д. Все эти социальные свойства, так или иначе, учитываются при создании, эксплуатации и при дальнейшем совершенствовании всех технических устройств и технологических процессов.

Знаменитый афоризм Ф. Бэкона: «Знание – сила» – сегодня актуален как никогда. Тем более, если в обозримом будущем человечество будет жить в условиях так называемого информационного общества, где главным фактором общественного развития станет производство и использование знания, научно-технической и другой информации. Возрастание роли знания, а в большей мере, методов его получения в жизни общества, неизбежно должно сопровождаться усилением знания наук, специально анализирующих знание, познание и методы исследования. Такими науками и являются теория познания (гносеология, эпистемология), методология, социология науки, психология научного творчества и др.

Будучи детерминирована в конечном счете общественной практикой и ее потребностями, наука вместе с тем развивается по своим собственным закономерностям. Среди них – преемственность (сохранение положительного содержания старых знаний и новых), чередование относительно спокойных периодов развития и периодов «крутой ломки» фундаментальных законов и принципов (научные революции), сложное сочетание процессов дифференциации (выделение всех новых научных дисциплин) и интеграции (синтез знания, объединение усилий ряда наук и их методов), углубление и расширение процессов математизации и компьютеризации, теоретизации и диалектизации современной науки, усиление ее роли во всех сферах жизнедеятельности людей и социального значения, и т. д.

Бурное развитие науки в XX в., укрепление ее взаимосвязей с техникой, со всеми другими сферами общественной жизни породили различные, порой полярные, оценки самой науки и ее возможностей со стороны философов, социологов, ученых. Так, английский философ и социолог XX века, представитель течения постпозитивизма, К. Поппер, разделяет идею о том, что наука – не только и не столько «собрание фактов», а «одно из наиболее важных духовных движений» наших дней. Поэтому необходимо объективно, всесторонне относиться к наукам, к научному познанию, видеть их остро противоречивый процесс развития.

Характерная черта современного общественного развития – это связь и взаимодействие науки, техники и производства, все более глубокое превращение науки в непосредственную производительную силу общества. При этом, во-первых, в наши дни наука не просто следует за развитием техники, а обгоняет ее, становится ведущей силой прогресса материального производства; во-вторых, если прежде наука развивалась как изолированный социальный институт, то сегодня она пронизывает все сферы общественной жизни, тесно взаимодействует с ними. Наука все в большей степени ориентируется не только на технику, но, прежде всего, на самого человека, на развитие его интеллекта, творческих способностей, культуры мышления, на создание материальных и духовных предпосылок его целостного развития.

Техника же – это система искусственных органов (инженерные сооружения и машины), которые используются человеком в разных сферах его деятельности – производственной, научной, педагогической, медицинской, эстетической т.д. Техника выступает определяющим элементом производительных сил, от нее, прежде всего, зависит производительность труда, качество и характер процесса труда, возможность использования сил и свойств природы. Экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, какими средствами труда.

### *Список литературы*

1. Беликов Ю.А. Философия прогресса. – М., 1997.
2. Гусев М.М. Философско – методологические проблемы технических наук. – М., 1989.
3. Новокрещенов А.О. Техническая философия. – М., 1993.
4. Панов М.И. О роли интуиции в научно – техническом творчестве. – М., 1990.
5. Поппер К. Открытое общество, его друзья и враги. – М., 1992.
6. Степин В.С., Кузнецов Л.Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. – М., 1994.
7. Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники. – М., 1995.
8. Шаповалов В.А. Философия науки и техники. – М., 2004.



### КАЗАНЦЕВ АНАТОЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

(к 70-летию со дня рождения и 50-летию трудовой деятельности)



В трудовой книжке Анатолия Васильевича после окончания энергетического факультета Казахского политехнического института только одна запись о месте работы – РСПП «Казэнергонадка». Это редчайшее постоянство свидетельствует не только о чертах его натуры, но и о глубочайшей преданности организации, которой, по существу, он посвятил всю свою жизнь. Здесь он прошел все ступени служебной лестницы: инженер, мастер, начальник участка, руководитель турбинной группы КБ, начальник турбинного цеха, начальник производственно-технического отдела. В течение 10 лет работал главным инженером, а последние 12 лет Анатолий Васильевич Казанцев – директор фирмы «Казэнергонадка».

Колоссальная работоспособность, овладение теорией и практикой ведения экспериментальных и наладочных работ позволили ему стать высококвалифицированным специалистом в теплоэнергетике, а его организаторские способности, творческий подход к любому делу возвели его в ранг профессионала высочайшего уровня.

Анатолий Васильевич по праву считается основоположником разработки нормативной технической документации суверенного Казахстана по энергетической отрасли, он автор более 25 статей, книг, монографий, методических указаний по энергетике. Ему не раз доверяли почетные миссии на самом высоком уровне.

В рамках межправительственной программы научно-технического и экономического сотрудничества «Казахстан-Космос» он возглавлял рабочую группу специалистов по изучению возможности внедрения передовых технологий ракетно-космических объединений в энергетику Казахстана. В составе делегаций находился в заграничных командировках в Индии и Германии по изучению опыта работы газоочистного оборудования и технической диагностики металла.

Анатолий Васильевич большое внимание уделяет поддержанию творческих связей с наладочными организациями бывшего Союза, энергомашиностроительными заводами, ведущими научно-исследовательскими организациями энергетической отрасли. Будучи академиком Международной академии информатизации, он вносит посильный вклад в науку своим активным соавторством и непосредственным участием в реализации программ Центральноазиатской академии информатиологии им. И.И. Юзвизина по энергетике. Награждение А.В. Казанцева высшей международной медалью «За заслуги в развитии информационного общества» – признание его личности на мировом уровне.

Анатолий Васильевич Казанцев награжден знаками «Отличник энергетики и электрификации СССР», «50 лет Всесоюзному слету стахановцев-энергетиков»; за огромные заслуги в теплоэнергетике представлен к награждению премии «За верность профессии».

Высокий профессионализм, исключительное трудолюбие, стремление к повышению качества наладочных работ, внедрению передовых технологий в энергетике вызывают уважение коллег и молодых специалистов.

**Сердечно поздравляем Анатолия Васильевича Казанцева и желаем здоровья, бодрости и дальнейших творческих успехов!**

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

---

## Условия приема и требования к оформлению статей

1. Статья может быть представлена на одном из трех языков: казахском, русском и английском. Стоимость одной публикации на настоящий момент 2500 тенге или \$20 США для зарубежных авторов. Заказные статьи публикуются бесплатно.

2. Статья должна сопровождаться рекомендацией учреждения, в котором выполнена работа, и иметь разрешение на публикацию в открытой печати (экспертное заключение), заверенное печатью учреждения.

3. Статья должна быть подписана автором (авторами) в нижнем правом углу на каждой странице текста и оформлена в соответствии с требованиями, приведенными ниже. Рекомендуемый объем рукописи, включая литературу, таблицы и рисунки, как правило, 6 страниц.

4. Текст статьи предоставляется на CD-носителях (дискетах 3.5(A)) с обязательной компьютерной распечаткой, шрифтом Times New Roman Cyr Кегль 14 с одинарным интервалом в среде Word, в 2-х экз. Поля: верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 20 мм, правое – 15 мм.

5. В верхнем левом углу с красной строки проставляется УДК (индекс по таблицам Универсальной десятичной классификации). На следующей строке приводится название статьи (с красной строки, по центру) прописными буквами, жирным шрифтом. Кегль 14.

6. Далее через пробел, с красной строки, строчными буквами, по центру, без сокращения указываются Фамилия, Имя, Отчество автора (авторов), ученая степень, звание, должность, место работы, город. Кегль 14.

7. Затем, через пробел, приводится краткая аннотация на 3 языках, казахском, русском и английском, с пробелом между каждой из них. Аннотация набирается курсивом, кеглем 12 и размещается перед текстом статьи по центру. Аннотация должна содержать не более 2-3 предложений и не повторять название статьи.

8. Далее, через пробел, следует текст статьи. В конце статьи, перед списком литературы, приводятся выводы. Статья заканчивается списком литературы. Список литературы нумеруется в порядке ссылок в тексте. Ссылки помещаются в косые скобки, например, /3/, /5-7/. Библиографическое описание каждого источника должно соответствовать требованиям к оформлению литературы, с указанием издательства, кол-ва страниц и др. Текст статьи, выводы и список литературы набираются кеглем 14.

9. Рисунки и графики должны располагаться по тексту после ссылки на них без сокращения (Рисунок 1 – Название (под рисунком)). Подпись к рисунку набирается кеглем 12, расшифровка обозначений выполняется между рисунком и подписью. Рисунки выполняются с соблюдением ГОСТ в режиме Paint (Paintbrush) и вставляются в текст как рисунки. Графики, диаграммы, гистограммы – в режиме Microsoft Excel и вставляются в текст как объект Microsoft Excel. Все графические материалы должны быть выполнены с разрешением не менее 300 dpi.

10. Таблицы располагаются по тексту в порядке ссылки с номером и названием над таблицей

11. Математические, физические и другие обозначения и формулы набираются в режиме редактора формул (Microsoft Equation), наклонным шрифтом. Формулы располагаются по центру. Номера формул у правого крайнего края страницы в круглых скобках. Расшифровка параметров формулы с красной строки со слова «где», с перечислением параметров в строчку, с разделением точкой с запятой.

12. Условные обозначения выполняются в международной системе единиц.

### Адреса и реквизиты для оплаты:

**Для зарубежных корреспондентов:** Некоммерческое АО «Алматинский университет энергетики и связи», ИИК KZ 618560000000109669 АО «Банк ЦентрКредит».

БИК КСЖВКЗКХ, РНН 600400070232, КБе 17.

**Для корреспондентов внутри страны:** Некоммерческое АО «Алматинский университет энергетики и связи», ИИК KZ608560000000005121 АО «Банк ЦентрКредит».

БИК КСЖВКЗКХ, РНН 600400070232.

Копия квитанции или платежного поручения представляется в редакционный отдел журнала.



**Подписной индекс - 74108**