

ISSN 1999 – 9801



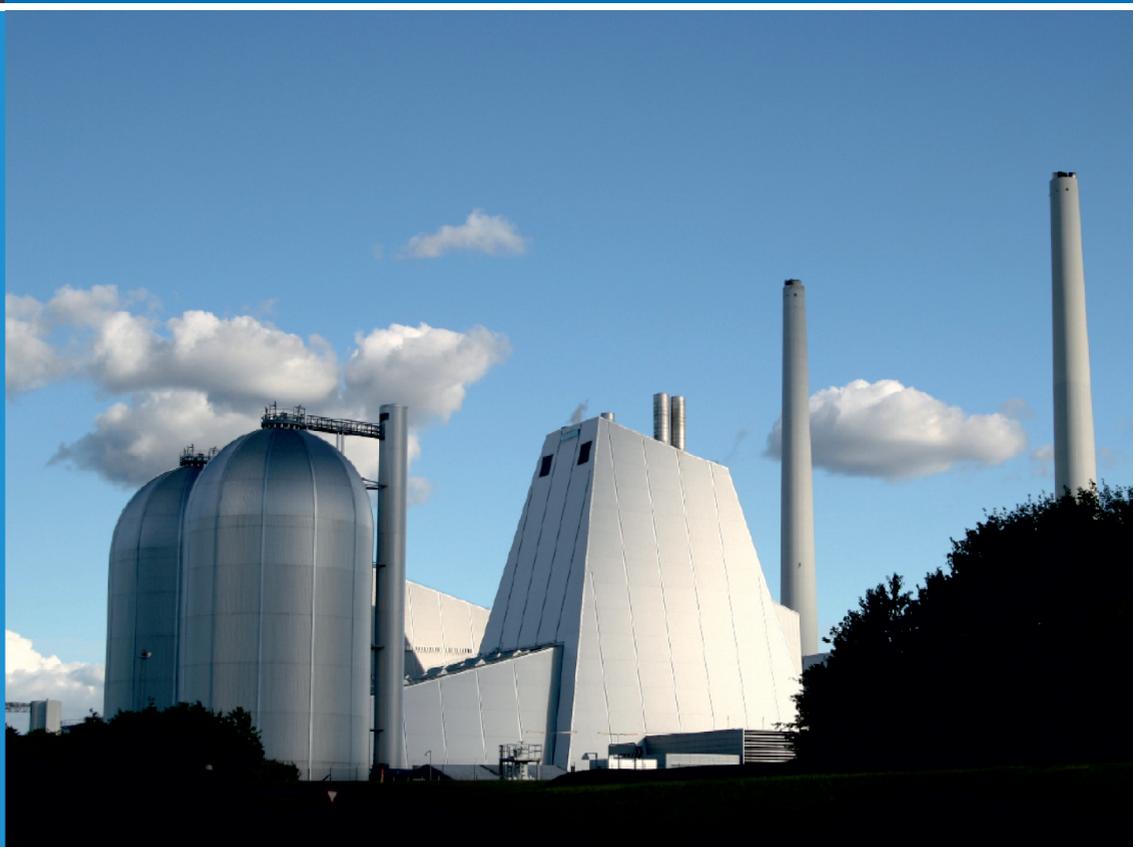
Алматы энергетика және  
байланыс университетінің  
**ХАБАРШЫСЫ**



**ВЕСТНИК**  
Алматинского университета  
энергетики и связи

2

2017





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

Издаётся с июня 2008 года

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

Алматинский университет энергетики и связи (АУЭС)

---

**Главный редактор** - Соколов С. Е., д-р техн. наук.

**Зам. главного редактора** - Стояк В. В., канд. техн. наук.

**Редакционная коллегия:**

Акопьянц Г. С., канд. техн. наук (Казахстан);

Андреев Г. И., канд. техн. наук (Казахстан);

Беляев А. Н., канд. техн. наук (Россия);

Бильдюкевич А. В., академик НАН, д-р хим. наук (Беларусь);

Кузлякина В. В., академик РАН, д-р техн. наук (Россия);

Михайлова Н. Б., д-р фил. наук (Германия);

Пирматов Н. Б., д-р техн. наук (Узбекистан);

Раджабов Т. Д., академик НАН, д-р физ.-мат. наук (Узбекистан);

Сулейменова К. И., д-р экон. наук (Великобритания);

Фикрет Т., д-р фил. наук (Турция);

Фишов А. Г., д-р техн. наук (Россия).

---

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 А 326.

Тел.: 8(727) 2784536, 2925048. Факс: 8(727) 2925057. E-mail: [aipet@aipet.kz](mailto:aipet@aipet.kz) (с пометкой «Для редакции журнала»).

---

Ответственный секретарь  
Технические редакторы

Садикова Г. С.  
Саньярова Н. С. (рус.)  
Телькожаева К. С. (каз.)  
Пархатова Р. М. (англ.)

---

Сдано в набор 22.05.2017 г. Подписано в печать 12.06.2017 г. Формат А4

Бумага офсетная № 80 г/м<sup>2</sup> Печать офсетная. Печ. л. 12,5

Цена свободная. Тираж 350 экз. Зарегистрирован Комитетом информации и архивов  
Министерства связи и информации РК, регистрационный № 11124-Ж от 02.09.2010 г.

---

Макет выполнен и отпечатан в типографии «ИП Волкова»  
Райымбека 212/1, оф.104.

# **В Е С Т Н И К**

---

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

---

**№ 2 (37)**

**2017**

---

**Научно-технический журнал  
Выходит 4 раза в год**

**Алматы**



## БАКАЛАВРИАТ

- 5B060200 - Информатика
- 5B070200 - Автоматизация и управление
- 5B070300 - Информационные системы
- 5B070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 5B071600 - Приборостроение
- 5B071700 - Теплоэнергетика
- 5B071800 - Электроэнергетика
- 5B071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 5B073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 5B081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства
- 5B074600 - Космическая техника и технологии
- 5B100200 - Системы информационной безопасности

## МАГИСТРАТУРА

- 6M070200 - Автоматизация и управление
- 6M071700 - Теплоэнергетика
- 6M071800 - Электроэнергетика
- 6M071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 6M070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 6M070300 - Информационные системы
- 6M073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 6M071600 - Приборостроение

## Докторантура PhD

- 6D071700 - Теплоэнергетика
- 6D071800 - Электроэнергетика
- 6D071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

ПОСТУПАЯ  
в АУЭС,

Вы имеете уникальную  
возможность  
одновременно получить

# 2

диплома

- диплом бакалавра АУЭС по основной специальности.
- диплом бакалавра Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ») по экономической специальности.

## ОБУЧЕНИЕ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Студентам предлагается обучение на английском языке по следующим специальностям:

- Электроэнергетика;
- Радиотехника, электроника и телекоммуникации;
- Автоматизация и управление;
- Вычислительная техника и программное обеспечение;
- Приборостроение.

имеется система скидок  
(за хорошую и отличную учебу и при внесении 100% предоплаты за обучение)

Иногородним предоставляется общежитие

## ВОЕННАЯ КАФЕДРА

Министерство обороны РК выделяет квоту студентам АУЭС для получения специальности на военной кафедре, а также предлагает пройти курс «Молодого бойца».

*Наши выпускники успешно трудятся не только в Казахстане, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья.*

Наши контакты:

г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126,  
тел.: 8 727 292 07 72,  
8 727 292 44 71

e-mail: [aiPET@aiPET.kz](mailto:aiPET@aiPET.kz),  
[cmPO.aiPET@gmail.com](mailto:cmPO.aiPET@gmail.com)

**ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯ**

**Стояк В. В., Кумызбаева С. К., Ибрагимова М. В.**  
Имитационное моделирование системы автономного энергоснабжения на основе геотермальной полигенерационной установки .....5

**Кумызбаева С. К., Джеймс П. А. Б., Стояк В. В., Ибрагимова М. В.**  
Структурная оптимизация систем комплексного энергоснабжения на основе геотермальной полигенерационной установки .....17

**АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Хан С. Г., Ташибаева А. Е.**  
Разработка программы оценивания неопределенности измерения при поверке электромагнитных расходомеров .....27

**Чернов Б. А., Чернова Н. Б.**  
Математические модели скорости звука в жидкостях.....35

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

**Аруова А. Б., Акжигитов Е. А., Тилепиев М. Ш., Бейсебай П. Б.**  
О приближенном методе решения линейных краевых задач в сложной области .....43

**Mazhitova L. H., Salamatina A. M., Bedelbayeva G. E.**  
Scientific methods of teaching physics at technical universities.....50

**Мажитова Л. Х., Саламатина А. М., Биназаров С. А., Наурызбаева Г. К.**  
Роль педагогических исследований в повышении качества обучения физике в техническом университете ..... 57

№ 2 (37)  
2017

ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

**Нурпеисов С. А., Бексултанова А. М.,  
Жанузакова Д. Т.**  
Исследование устойчивости гамильтоновых систем  
при наличии внутреннего резонанса.....65

**Байбазаров М. Б., Толеуова Б. Ж.**  
Задача управления нелинейной системы  
с детерминированной помехой.....71

**Parkhatova R.**  
Professional competence development of students.....80

**Курманбаева Т. С.**  
К вопросу о семантическом развитии  
терминологического слова .....85

**Erzhanova Zh.**  
Reading and listening can help to learn language.....91

**НАШИ ЮБИЛЯРЫ**

**Шайхин Берк Мурзахметович**.....97  
**Джумагалиев Булат Сабирович** .....98  
**Дулэпо Вячеслав Михайлович** .....99  
**Муханов Бахыт Каскабаевич** .....100

МРНТИ: 44.01.77

**В. В. Стояк<sup>1</sup>, С. К. Кумызбаева<sup>1</sup>, М. В. Ибрагимова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ПОЛИГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** В последние годы в Казахстане возрастает интерес к автономной комплексной генерации энергии у потребителей сельских, отдаленных и труднодоступных районов. Одним из перспективных путей предоставления современных энергетических услуг предприятиям и жителям децентрализованных районов является создание энергоэффективных и надежных локальных энергетических систем на основе автономной комбинированной генерации энергоносителей.

Ранее авторами работы предлагалась концепция системы автономного комплексного энергоснабжения на основе комбинированной генерации с частичным замещением энергозатрат возобновляемой энергией в качестве энергоэффективной альтернативы существующим. В настоящей работе представлена математическая модель и методика расчета энергетических показателей геотермальной полигенерационной установки в условиях реальной эксплуатации. Кроме этого, разработан специализированный программный продукт как инструмент для проектирования автономных систем комплексного энергоснабжения на основе геотермальной полигенерационной установки.

Для настройки и калибровки математической модели использовались сведения из научных источников и результаты экспериментальных исследований пилотной системы, созданной данными авторами.

**Ключевые слова:** автономные системы комплексного энергоснабжения, когенерация, полигенерация, геотермальная полигенерационная установка, оптимизация режимов работы системы энергоснабжения.

Энергоснабжение отдаленных, труднодоступных сельских территорий, а также объектов, которые испытывают недостаток в электрической и тепловой энергии, является актуальной задачей для Казахстана, решение которой предусмотрено в ряде ключевых правительственных программ на среднесрочную и долгосрочную перспективы.

Серьезные проблемы в энергоснабжении регионов наряду с истощением традиционных ресурсов и охраной окружающей среды, влиянием на глобальное потепление и изменение климата требуют кардинальных изменений в производстве, распределении и потреблении энергии. Вовлечение возобновляемых источников энергии, в дополнение к существующим энергоэффективным технологиям, является ключевым фактором для достижения эффективного и надежного энергоснабжения. Комбинированная выработка энергоносителей (когенерация, тригенерация, полигенерация) с вовлечением ВИЭ является наиболее перспективной технологией для достижения стратегических целей, таких, как энергетическая безопасность и эффективность с положительным воздействием на экономику и одновременным уменьшением экологической угрозы, ведущих к устойчивому развитию.

Исследования комбинированных систем комплексного энергоснабжения, основанных на процессах и установках комбинированной генерации, проведенных рядом исследователей в последнее десятилетие, показали, что такие системы являются весьма энергоэффективными и надежными. Системы когенерации [4, 5] и тригенерации [2, 7] позволяют экономить топливо и снижать загрязнение воздуха и выбросы парниковых газов. На основании указанных характеристик прогнозируется, что использование систем

автономной комбинированной генерации энергии будет интенсивно развиваться в ближайшем будущем.

В настоящее время одним из перспективных направлений по совершенствованию энергетических показателей когенерационных установок и повышения экономической эффективности является их использование совместно с преобразователями низкопотенциального тепла, а именно с тепловыми насосами [3]. Такую систему можно назвать интегрированной системой при энергообеспечении. В связи с этим возникает практический интерес к исследованиям энергоэффективности такого объединения при комбинациях различных видов энергогенераторов с преобразователями низкопотенциального тепла. Тепловые насосы в сочетании с устройствами сбора низкопотенциального тепла верхних слоев земли (геотермального тепла) обладают весьма высокой энергетической эффективностью. Проведенные экспериментальные и численные исследования показывают, что этот путь открывает возможность кардинально повысить эффективность использования топлива для производства тепловой энергии [6].

Целью данной работы является разработка и создание полностью функционального энергогенерирующего оборудования для комплексного энергоснабжения децентрализованных объектов. При этом к создаваемому оборудованию предъявлялись следующие основные требования:

- исключить прямое сжигание ископаемого топлива (жидкого или газообразного) для нужд теплоснабжения;

- обеспечить высокую энергетическую эффективность систем энергоснабжения в течение всего года, т. е. в широком диапазоне изменения соотношений потребности в различных видах энергии – электричества, тепла и холода, обусловленных климатическими условиями;

- обеспечить вовлечение доступного возобновляемого источника энергии, не подверженного существенному влиянию климатических и погодных условий.

По мнению авторов, решением задачи эффективного энергоснабжения, удовлетворяющей вышеперечисленным требованиям, является применение геотермальных полигенерационных установок (ГТПУ), включающих в себя электрогенератор на базе ДВС (газовый или дизельный) с системой утилизации тепла и реверсивные компрессорные тепловые насосы с прямым приводом от двигателя. При этом в качестве возобновляемого источника энергии используется низкопотенциальное тепло земли, получаемое от грунтовых теплообменников.

Очевидно, что при создании такого рода оборудования требуется решить комплекс задач, связанных как с разработкой проектных решений, так и обеспечением оптимальных условий эксплуатации в реальных условиях.

Ключевой задачей при создании и применении такого оборудования является возможность прогнозирования энергетической эффективности систем автономного энергоснабжения на его основе, в условиях, когда профили энергетических нагрузок всех вырабатываемых видов энергии имеют весьма существенную неоднородность как в течение суток, так и в течение года.

Решение этой задачи требует создания адекватных математических моделей и соответствующих специализированных программных продуктов и последующих численных исследований. В свою очередь необходимы экспериментальные исследования с использованием реальных физических прототипов в целях настройки и калибровки математических моделей.

#### Комплексная динамическая имитационная модель АСКЭ - ГТПУ

В работе предложена концепция динамического моделирования сложной энергетической системы, включающей в себя геотермальную полигенерационную установку, источник низкопотенциального тепла - систему грунтовых теплообменников,

микросеть комплексного энергоснабжения, включающую накопители тепловой и электрической энергии и потребителя энергии.

В состав комплексной имитационной модели включены:

- модель энергетических характеристик двигателя внутреннего сгорания;
- модель энергетических характеристик электрогенератора (зависимость КПД электрического генератора от нагрузки);
- модель энергетических характеристик компрессорного реверсивного теплового насоса;
- динамическая модель энергетических характеристик системы геотермальных коллекторов;
- имитационная динамическая модель потребителя энергии, в том числе и модель энергобаланса объекта энергоснабжения (на примере объекта жилищного или коммунального назначения).

На основе разработанной комплексной имитационной модели создан специализированный программный продукт, позволяющий проводить численные исследования и решать следующие теоретические и практические задачи:

- определять энергетические показатели ГТПУ и системы комплексного энергоснабжения, при заданных профилях электрической, тепловой и холодильной нагрузок;
- производить выбор оптимальной мощности системообразующих элементов, выбирать и настраивать оптимальную структуру действующей АСКЭ-ГТПУ в реальном масштабе времени, определять оптимальные режимы эксплуатации системообразующих элементов с учётом их взаимодействия между собой.

Программный продукт разработан в среде графического программирования LabVIEW 2014 и на высокоуровневом языке технических расчетов Matlab.

Модель энергетических характеристик двигателя внутреннего сгорания

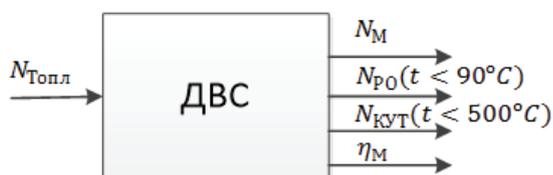


Рисунок 1 – Модель энергетических характеристик ДВС

Модель устанавливает взаимосвязи между мощностью используемого топлива  $N_{Топл}$ , механической мощностью ДВС –  $N_M$ , тепловыми мощностями рубашки охлаждения –  $N_{РО}$ , котла утилизатора –  $N_{КУТ}$  и механическим коэффициентом полезного действия ДВС –  $\eta_M$ .

На рисунке 2 приведены соответствующие зависимости, характерные для ДВС, применяемые в качестве приводов электрогенераторов малой мощности (Perkins, Caterpillar, Mitsubishi L3E SD и др.) [1].

Для формирования модели энергетических характеристик ДВС – механической мощности; тепла, утилизируемого с рубашки охлаждения ДВС; тепла уходящих газов и зависимости КПД ДВС от нагрузки – предлагается аппроксимация соответствующих зависимостей полиномиальными трендами n-ого порядка, в соответствии с формулой (1):

$$Y = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E \quad (1)$$

где A, B, C, D, E постоянные коэффициенты, которые зависят от характеристик конкретного двигателя, устанавливаются в процессе калибровки модели на основании

экспериментальных данных. Так, для двигателя Perkins 403D – 15G авторами установлены коэффициенты, представленные в таблице 1.

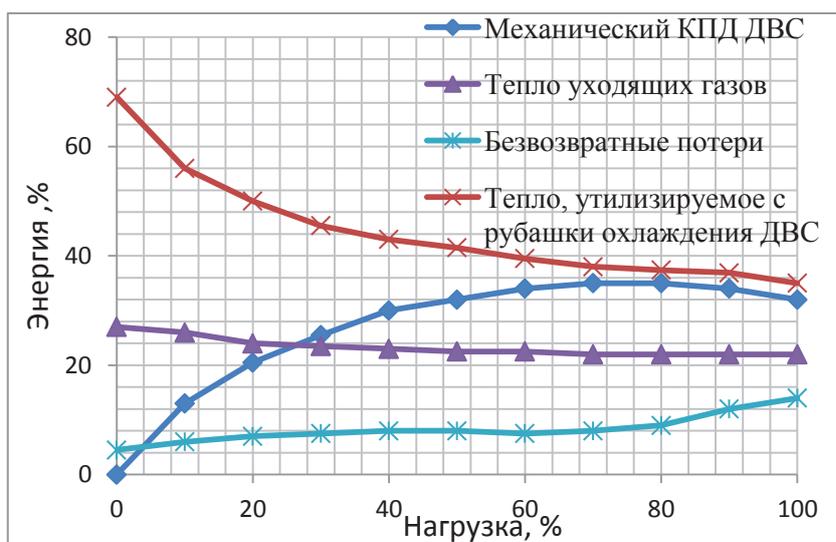


Рисунок 2 – Энергетический баланс когенератора на базе ДВС

Таблица 1 – Коэффициенты полимодальных трендов модели ДВС

Y	A	B	C	D	E
Механическая мощность ДВС, $N_M$	-	-	-0,0059	0,8601	1,4231
Тепловая мощность, утилизируемая с рубашки охлаждения ДВС, $N_{PO}$	-	-8E-05	0,0162	-1,1601	67,807
Тепловая мощность уходящих газов, $N_{кут}$	-	-	0,0008	0,1269	26,829
Механический КПД ДВС, $\eta_M$	4,00E-05	-0,009	0,797	0,213	-

### Модель энергетических характеристик электрогенератора

В основу модели положена зависимость КПД от изменения электрической нагрузки. Входными параметрами модели являются нагрузки на систему электроснабжения.



Рисунок 3 – Модель энергетических характеристик электрического генератора

Произведенная генератором электрическая мощность определяется по формуле (2):

$$N_{эл} = \alpha \cdot N_{мех} \cdot \eta_э = \alpha \cdot N_{топл} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_э, \quad (2)$$

где  $N_{мех}$  – механическая мощность ДВС;

$\eta_{мех}$  – механический КПД ДВС;

$\eta_э$  – КПД электрогенератора;

$\alpha$  – доля механической мощности, расходуемая на привод электрогенератора;

$N_{топл}$  – энергия топлива.

В настоящей работе предлагается аппроксимировать зависимость КПД электрического генератора от нагрузки полиномиальным трендом четвертого порядка по формуле (3):

$$\eta_g = Rx^4 + Sx^3 + Tx^2 + Vx + W, \quad (3)$$

где R, S, T, V, W постоянные коэффициенты для конкретного электрогенератора, устанавливаемые в процессе калибровки модели. На основании экспериментальных данных для электрического генератора STAMFORD получены коэффициенты R=-961,02, S=2249,3, T=-1860,1, V=643,82, W=10,583.

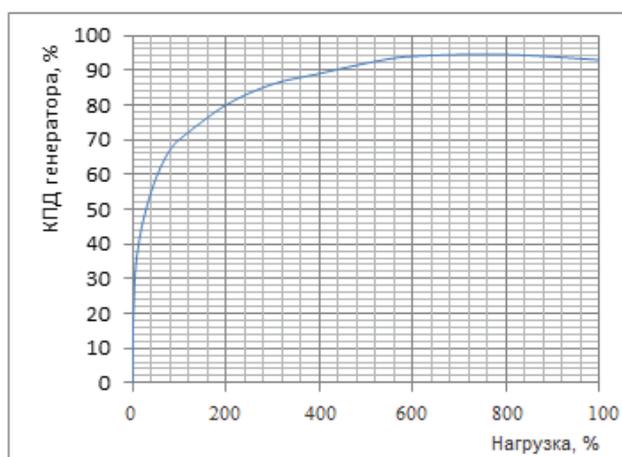


Рисунок 4 – Зависимость КПД электрического двухопорного генератора STAMFORD LL3014F

Статическая и динамическая модели энергетических характеристик системы геотермальных коллекторов

Статическая и динамическая модели системы геотермальных коллекторов (ГК) необходимы для определения фактической температуры теплоносителя на выходе из системы геотермальных коллекторов в процессе эксплуатации. Статические свойства ГК характеризуют сезонное изменение температуры. При проведении численных экспериментов сделано предположение о том, что эта температура за отопительный период снижается от начальной (в расчетах применяется 15 °С) до некоторой минимальной (принято в расчетах 0 °С) пропорционально количеству отобранного тепла с последующей регенерацией за теплый период до начальной. В соответствии с рисунком 5 представлена расчетная кривая изменения температуры теплоносителя в геотермальном коллекторе при отводе тепла в количестве, пропорциональном тепловой нагрузке объекта теплоснабжения.

Динамические свойства учитывают изменения температуры теплоносителя в краткосрочные периоды включений в течение суток (модуляционное регулирование производительности теплового насоса). На рисунке 6 а) изображен график изменения температуры теплоносителя в геотермальном коллекторе при кратковременном отводе тепла из системы ГК. На рисунке 6 б) представлен график включения/отключения тепловых насосов.

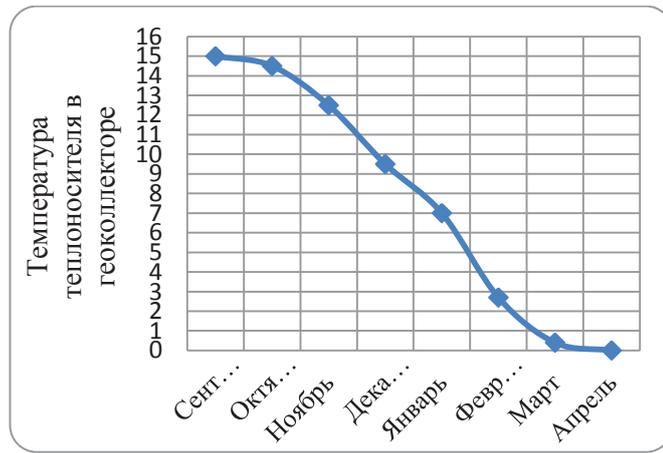


Рисунок 5 – Зависимость температуры теплоносителя в системе геотермального коллектора от месяца отопительного периода

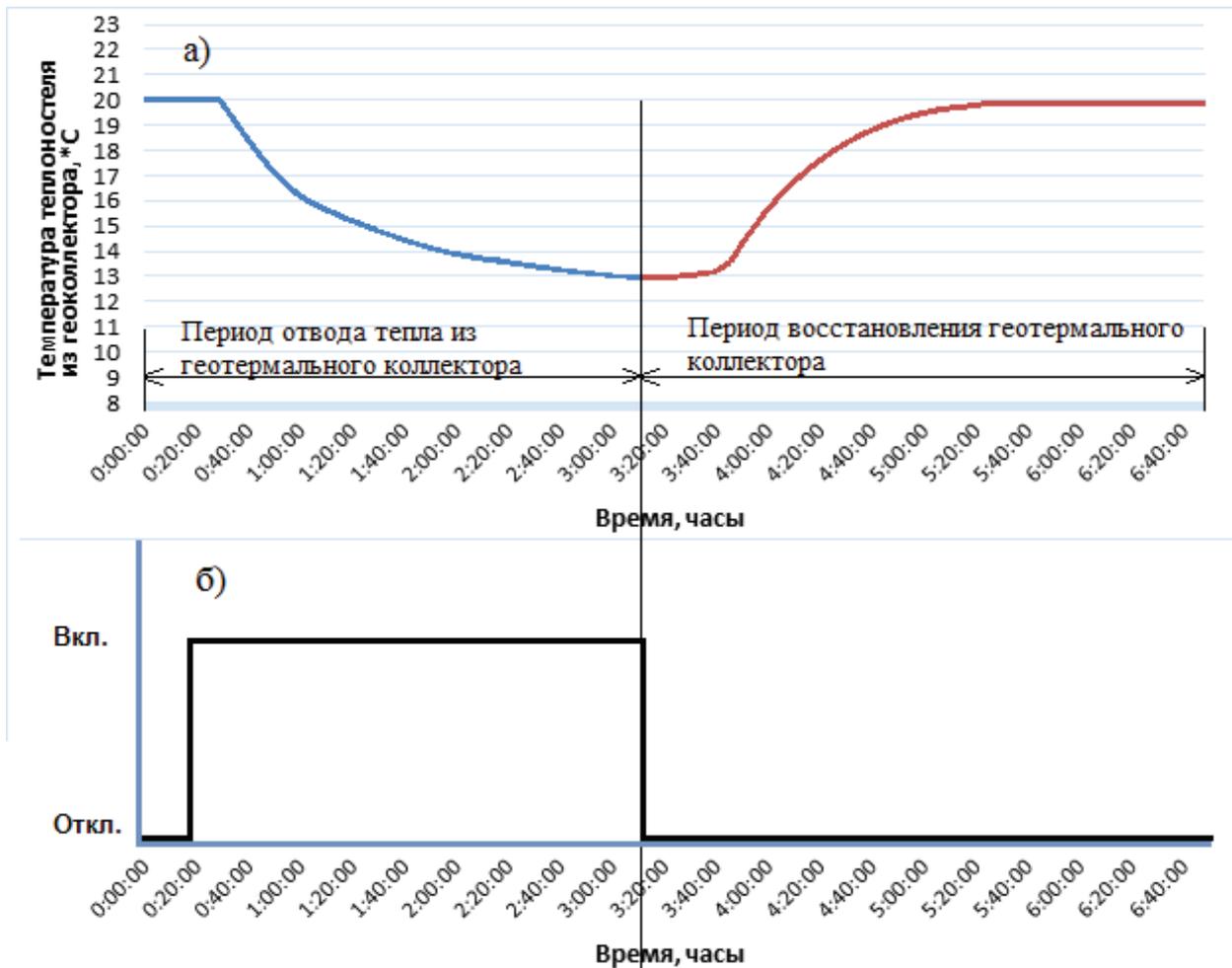


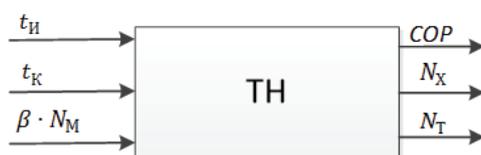
Рисунок 6 – Изменение температуры теплоносителя на выходе из системы геотермального коллектора при кратковременном отводе теплоты

При проведении численных исследований динамические свойства геотермального коллектора аппроксимировались передаточной функцией, представленной в соответствии с формулой (4):

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} \cdot e^{-p\tau}. \quad (4)$$

Значения коэффициентов  $k$ ,  $T$ ,  $\tau$  определены по результатам экспериментальных исследований системы грунтовых U-образных теплообменников пилотной установки при входном ступенчатом воздействии, равного 13,3 кВт. Система геотермальных коллекторов помещена в скважины общей протяженностью 360 м (6 скважин глубиной 60 м каждая). Для данной системы получены эмпирические коэффициенты  $k=2.837$ ,  $T=7.329 \times 10^{-3}$  с,  $\tau=1.188 \times 10^{-3}$  с.

Модель энергетических характеристик компрессорного реверсивного теплового насоса



Здесь  $\beta$  – доля механической мощности, расходуемая на привод компрессоров тепловых насосов.

Рисунок 7 – Модель энергетических характеристик реверсивного теплового насоса

При построении модели энергетических характеристик компрессорного реверсивного теплового насоса применена методика, представленная в работе [12].

Обобщая имеющиеся экспериментальные данные [9, 10, 11], в работе [12] предложена формула (5) для расчета действительных значений COP.

$$COP = \exp(a - b \cdot t_k) \cdot C, \quad (5)$$

где  $a = 0,08 \cdot t_{и} - 14,54$ ;

$b = 2 \cdot t_{и} \cdot 10^{-4} - 0,0366$ ;  $C = 0,4 \cdot \eta_{км} + 0,678$ ;

$t_{и}$ ,  $t_k$  – абсолютные температуры в испарителе и конденсаторе ТНУ;

$\eta_{км}$  – КПД компрессора.

В принятых условиях (фреон R134В, фактические температуры на испарителе  $t_{и}$  и конденсаторе  $t_k$  теплового насоса, КПД компрессора Bitzer 4FS F 400Y) рассчитывается фактическое значение COP. Температура в конденсаторе определяется исходя из принятой системы теплоснабжения в соответствии с температурным графиком отопительной нагрузки. Температура теплоносителя, подаваемая в испаритель из геотермального коллектора, задается в соответствии с результатами расчетов динамической модели геокolleктора.

На рисунке 8 представлены зависимости COP от абсолютных температур испарителя и конденсатора, полученные с использованием зависимости (5).

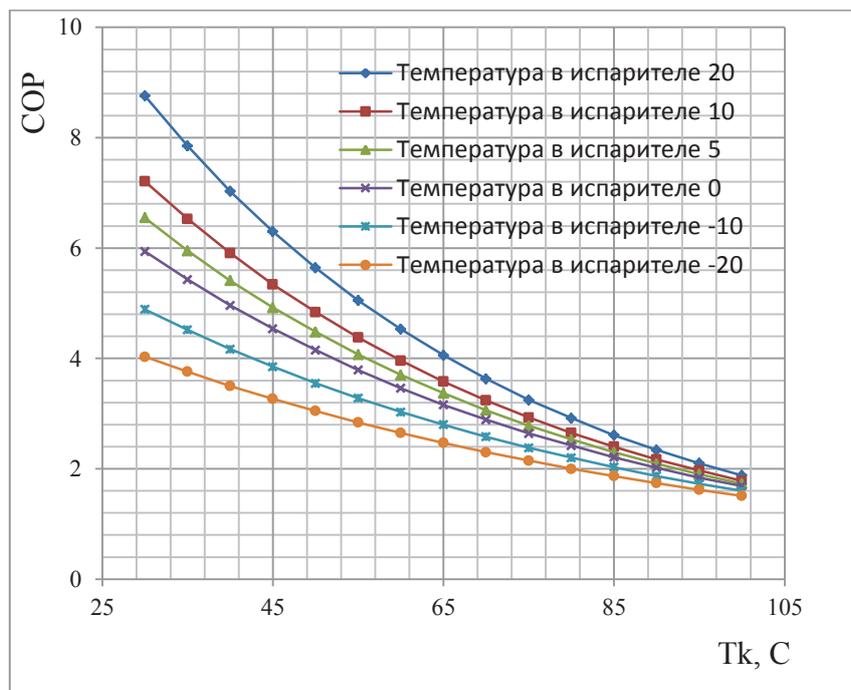


Рисунок 8 – Зависимости COP от абсолютных температур испарителя и конденсатора

#### Динамическая имитационная модель потребителя энергии

В работе использована динамическая имитационная модель, разработанная нами ранее [8]. Модель учитывает влияния лучисто-конвективного теплообмена на тепловой баланс помещения.

#### Результаты исследований пилотной ГТПУ

Для калибровки комплексной имитационной модели ГТПУ был проведен ряд экспериментов, в том числе исследовались энергетические характеристики ДВС, системы геokolлекторов. Эксперименты были проведены на действующей пилотной геотермальной полигенерационной установке электрической мощностью 12 кВт.

Пилотная ГТПУ включает:

- энергоблок (1), в состав которого входит ДВС, электрический генератор, два opposитно расположенных фреоновых компрессора, система теплообменников;
- источник низкопотенциального тепла – система геokolлекторов (2).
- бак аккумулятор – (3) с системами автоматической стабилизации температуры теплоносителей;
- схему коммутации электрической нагрузки, контроля количества и качества производимой электроэнергии;
- информационно-вычислительную управляющую систему.

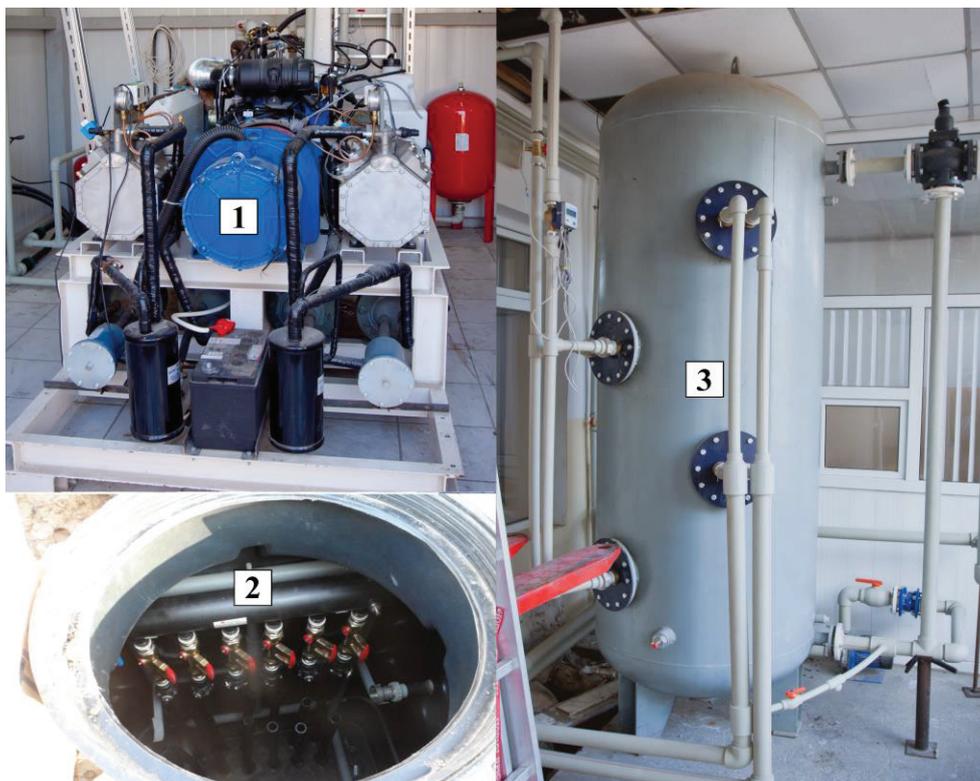


Рисунок 9 – Пилотная полигенерационная установка

В таблице 2 приведены результаты экспериментальных исследований пилотной ГТПУ

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований пилотной ГТПУ

Нагрузка двигателя	Электрическая мощность	Электрический КПД	Тепловая мощность	Тепловой КПД	Общая мощность	Общий КПД ГТПУ	Энергия топлива	Расход топлива	Удельный расход условного топлива на выработку ЭЭ	Удельный расход условного топлива на выработку тепла	Удельный расход условного топлива на выработку полезной энергии
%	кВт	%	кВт	%	кВт	%	кВт	кг/час	кг/кВт*ч	кг/кВт*ч	кг/кВт*ч
25%	3	19,6	9,7	63,38	12,7	82,99	15,3	1,27	0,424	0,131	0,1001
50%	6	25,93	13,3	57,49	19,3	83,42	23,14	1,92	0,32	0,1444	0,0995
67%	7,5	26,94	15,79	56,73	23,29	83,67	27,84	2,31	0,308	0,146	0,0992
75%	9	27,87	18,15	56,2	27,15	84,07	32,29	2,68	0,297	0,147	0,0986
87%	10,5	27,49	21,7	56,81	32,2	84,3	38,2	3,17	0,302	0,146	0,0983
100%	12	26,07	23,65	57,77	35,65	83,84	40,95	3,82	0,32	0,16	0,1071

Данные, полученные в результате экспериментов, легли в основу определения калибровочных коэффициентов динамической имитационной модели ГТПУ.

## Выводы

Проблема энергоснабжения децентрализованных объектов продолжает оставаться актуальной. Значительные количества ископаемого топлива расходуются с недопустимо низкой эффективностью, чрезмерно загрязняя окружающую среду. С другой стороны, возрастают требования конечных потребителей энергии к номенклатуре, количеству и качеству энергетических услуг. Известно, что отставание технологий энергоснабжения от общего уровня развития техники и технологий сопровождается рядом негативных последствий, в числе которых можно отметить отставание в развитии регионов, препятствия во внедрении современных технологий в сельском хозяйстве и местной промышленности, внутренняя миграцией населения и т. д.

Особенно остро эти явления проявляются в странах с холодным и резко-континентальным климатом, где жизнедеятельность не возможна без значительных затрат энергии на системы теплоснабжения.

В АУЭС на протяжении последних лет проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на создание и совершенствование энергогенерирующего оборудования нового поколения сверхмалой и малой мощности для решения задач комплексного энергоснабжения децентрализованных потребителей.

Одной из ключевых задач при создании такого рода оборудования является наличие имитационных моделей, позволяющих проводить численные исследования создаваемого оборудования с достаточной точностью в условиях существенной суточной и сезонной неоднородности потребления всех видов генерируемой энергии.

В настоящей работе предложены методика моделирования и модели статических и динамических характеристик основных системообразующих элементов автономной системы комплексного энергоснабжения на базе геотермальной полигенерационной установки.

Результаты данных исследований будут положены в основу при создании комплексной динамической имитационной модели автономных систем энергоснабжения нового типа.

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования МОН РК, номер темы 4818/ГФ4 (00117Q/1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] ASHRAE, Systems and Equipments Handbook, ASHRAE, Atlanta, 2000 (Chapter 07) // Режим доступа: <http://www.pupuol.ir/ArchitecturalEngineering/Architects/Standard.Ashry.www.pupuol.com.pdf> свободный (дата обращения: 12.04.2017). (англ.).

[2] Bottarelli M. and etc. Numerical analysis of a novel ground heat exchanger coupled with phase change materials // Applied Thermal Engineering. – Amsterdam: Elsevier. – 2015. – P. 369–375. (англ.).

[3] Huang Y. and etc. Performance analysis of biofuel fired trigeneration systems with energy storage for remote households // Applied Energy. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – P. 530-538. (англ.).

[4] Knizley A., Mago P. J., Smith A. D. Evaluation of the performance of combined cooling, heating, and power systems with dual power generation units // Energy Policy. – Amsterdam: Elsevier, 2013. – 354 p. (англ.).

[5] Mago P. J., Fumo N., Chamra L. M. Performance analysis of CCHP and CHP systems operating following the thermal and electric load // Energy Research. – Amsterdam: Elsevier. – № 33. – 2009. – P. 852–864. (англ.).

[6] Stoyak V. and etc. Combined power supply of decentralized energy consumers in conditions of extreme continental climate // Energy Procedia. – Amsterdam: Elsevier. – № 95. – 2016. – P. 159-166. (англ.).

[7] Wołoszyn J., Gołaś A. Experimental verification and programming development of a new MDF borehole heat exchanger numerical model // *Geothermics*. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – P. 67–76. (англ.).

[8] Ибрагимова М. В., Стояк В. В., Кумызбаева С. К. Динамическая модель влияния климатических параметров на энергобаланс зданий // *Вестник АУЭС*. – Алматы: НАО «АУЭС». – № 4 (35). – 2016. – С. 14-26.

[9] Клименко В. Н. Некоторые особенности применения тепловых насосов для утилизации сбросной теплоты отопительных котлов // *Промышленная тепло-техника*. – Киев: Бібліогр. – № 5. – 2011. – С. 42–48.

[10] Некрасова О. А., Синяк Ю. В. Исследование теплонасосных систем отопления (модельный подход) // *Теплоэнергетика*. – М.: Энергия. – № 11. – 1986. – С. 30–34.

[11] Пустовалов Ю. В. Исследование эффективности парокомпрессионных теплонасосных установок в системах теплоснабжения городов. – М.: ВНИИцентр, 1989. – 179 с.

[12] Чепурной М. Н., Резидент Н. В. Сравнительная эффективность применения тепловых насосов в низкотемпературных системах теплоснабжения // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. – Минск: БНТУ. – № 5. – 2015. – С. 87-94.

## REFERENCES

[1] ASHRAE, *Systems and Equipments Handbook*, ASHRAE, Atlanta, 2000 (Chapter 07) // Access mode: <http://www.pupuol.ir/ArchitecturalEngineering/Architects/Standard.Ashry.www.pupuol.com.pdf>, free (date of access: 12.04.2017).

[2] Bottarelli M. and etc. Numerical analysis of a novel ground heat exchanger coupled with phase change materials // *Applied Thermal Engineering*. – Amsterdam: Elsevier. – 2015. – P. 369–375.

[3] Huang Y. and etc. Performance analysis of biofuel fired trigeneration systems with energy storage for remote households // *Applied Energy*. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – P. 530-538.

[4] Knizley A., Mago P. J., Smith A. D. Evaluation of the performance of combined cooling, heating, and power systems with dual power generation units // *Energy Policy*. – Amsterdam: Elsevier, 2013. – 354 p.

[5] Mago P. J., Fumo N., Chamra L. M. Performance analysis of CCHP and CHP systems operating following the thermal and electric load // *Energy Research*. – Amsterdam: Elsevier. – № 33. – 2009. – P. 852–864.

[6] Stoyak V. and etc. Combined power supply of decentralized energy consumers in conditions of extreme continental climate // *Energy Procedia*. – Amsterdam: Elsevier. – № 95. – 2016. – P. 159-166.

[7] Wołoszyn J., Gołaś A. Experimental verification and programming development of a new MDF borehole heat exchanger numerical model // *Geothermics*. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – P. 67–76.

[8] Ibragimova M. V., Stoyak V. V., Kumyzbayeva S. K. Dynamic model of climatic effect to energy balance of buildings // *Bulletin of AUPET*. – Almaty: NJS «AUPET». – № 4 (35). – 2016. – P. 14-26 (in russ.).

[9] Klimenko V. N. Some feature of the use of vapor compression heat pump systems for waste heat boilers utilization // *Industrial Thermotechnics*. – Kiev: Ref. – № 5. – 2011. – P. 42–48 (in russ.).

[10] Nekrasova O. A., Sinyak Yu. V. Research of heat pump heating systems (model approach) // *Heat power engineering*. – М.: Energy. – № 11. – 1986. – P. 30–34 (in russ.).

[11] Pustovalov Yu. V. Research of efficiency of steam compression heat pump installations in city heat supply systems. – M.: All-Russian Scientific and Technical Information Center, 1989. – 179 p. (in russ.).

[12] Chepurnoi M. N., Resident N. V. Comparative efficiency of heat pumps application in low-temperature heat supply systems // Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. – Minsk: Belarusian National Technical University. – № 5. – 2015. – P. 87-94 (in russ.).

## ГЕОТЕРМАЛДЫ ПОЛИГЕНЕРАЦИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫ НЕГІЗІНДЕ ДЕРБЕС ЭНЕРГИЯМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІН ИМИТАЦИЯЛЫҚ ҮЛГІЛЕУ

В. В. Стояк<sup>1</sup>, С. К. Кумызбаева<sup>1</sup>, М. В. Ибрагимова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Соңғы жылдары Қазақстанның ауылдық, шалғайдағы және қатынауы қиын аудан тұтынушыларының энергияны дербес кешенді генерациялауға қызығушылықтары артуда. Орталықтандырылмаған аудан тұрғындары мен кәсіпорындарына заманауи энергетикалық қызмет көрсетудің маңызды жолдарының бірі – энергия тасымалдаушыларды дербес құрама генерациялау негізінде энерготімді және сенімді жергілікті энергетикалық жүйелер құру болып табылады.

Бұрын, жұмыс авторлары қазіргі таңда қолданыстағылардың энерготімді баламасы ретінде жаңғыртылатын энергия көздерін ішінара ауыстыратын құрама генерация негізінде дербес кешенді энергиямен қамтамасыз ету жүйесінің тұжырымдамасын ұсынған болатын. Осы жұмыста нақты пайдалану жағдайында геотермалды полигенерациялық қондырғының энергетикалық көрсеткіштерін есептеудің математикалық моделі және әдістемесі ұсынылған және геотермалды полигенерациялық қондырғы негізінде кешенді энергия үнемдеудің дербес жүйелерін жобалау құралы ретінде мамандандырылған бағдарламалық өнім әзірленген.

Математикалық модельді баптау мен калибрлеу үшін осы авторларымен жасалған жүйені сынақтық зерттеулер нәтижелері мен әдеби құралдардың мәліметтері пайдаланылды.

**Кілттік сөздер:** кешенді энергиямен жабдықтаудың дербес жүйесі, когенерация, полигенерация, геотермалды полигенерациялық қондырғы, энергиямен жабдықтау жүйесінің дизайнын оңтайландыру.

## SIMULATION MODELLING OF AUTONOMOUS ENERGY SUPPLY SYSTEM BASED ON GEOTHERMAL POLYGENERATION INSTALLATION

V. V. Stoyak<sup>1</sup>, S. K. Kumyzbayeva<sup>1</sup>, M. V. Ibragimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** In recent years, interest in autonomous integrated generation of energy among consumers in rural, remote and hard-to-reach areas has increased in Kazakhstan. One of the promising ways of providing modern energy services to enterprises and residents of decentralized areas is the creation of energy efficient and reliable local energy systems based on an autonomous combined generation of energy carriers.

Earlier, the authors proposed the concept of an autonomous integrated power supply system based on a geothermal polygeneration plant with partial replacement of energy costs with renewable energy, as an energy-efficient alternative to existing ones.

In this paper, we propose a mathematical model and a methodology for calculating the energy parameters of a geothermal polygeneration plant under real operation conditions, and a specialized software product was developed as a tool for designing autonomous integrated power supply systems based on it.

To adjust and calibrate the mathematical model, information from scientific sources and the results of pilot studies of the pilot system, created by these authors, were used.

**Key words:** autonomous combined power supply system, cogeneration, polygeneration, ground source polygeneration plant, operation modes optimization of the power supply system.

С. К. Кумызбаева<sup>1</sup>, П. А. Б. Джеймс<sup>2</sup>, В. В. Стояк<sup>1</sup>, М. В. Ибрагимова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Университет Саутгемптона, г. Саутгемптон, Великобритания

## СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ПОЛИГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** Предложены концепции энергогенерирующего оборудования нового поколения и автономная система комплексного энергоснабжения, обладающие высокой энергетической эффективностью при одновременном производстве, в едином технологическом процессе электроэнергии, тепловой энергии для теплоснабжения и/или технологических нужд и холода для систем кондиционирования и хладоснабжения.

Высокая энергетическая эффективность достигнута благодаря объединению термодинамических циклов поршневого двигателя внутреннего сгорания и системы геотермальных компрессорных тепловых насосов. Вовлечение в генерацию энергии низкопотенциального тепла верхних слоев земной коры позволяет кардинально снизить расход первичного органического топлива путем его частичного замещения всепогодным возобновляемым источником энергии.

Разработана специальная методика оптимизации выбора системообразующих элементов и расчета результирующей энергоэффективности для конкретной структуры энергетических нагрузок и климатических условий.

Актуальность результатов работы обусловлена критической важностью предоставления современных энергетических услуг, как фактора устойчивого развития регионов Казахстана, для значительной части населения, проживающей в децентрализованных районах.

**Ключевые слова:** автономные системы комплексного энергоснабжения, когенерация, полигенерация, геотермальная полигенерационная установка, оптимизация дизайна системы энергоснабжения.

Результатом данной работы является определение влияния климата и структуры энергетических нагрузок на выбор системообразующих элементов автономной системы комплексного энергоснабжения (АСКЭ), построенной на основе геотермальной полигенерационной установки (ГТПУ).

Известно, что климат Казахстана резко континентальный, и жители сталкиваются с экстремальными климатическими условиями как зимой, так и летом. Средняя температура в январе на севере – минус 18°C, на юге – минус 3°C. Минимальная температура зимой на севере – минус 50 °C и – 35 °C на юге. Средняя температура июля 19°C на севере и 29°C на юге. Максимальная температура приземного воздуха в июле на севере – 41°C, а на юге – 47°C. Суточные перепады температур могут достигать 20–30°C.

Теплоснабжение в децентрализованных районах, как правило, осуществляется за счет индивидуальных отопительных печей и мелких котельных на твердом или жидком топливе. Энергетическая эффективность таких систем обычно не превышает 50% (Коэффициент первичной энергии КПЭ  $\leq 0,5$ ).

Более 180 тыс. хозяйств не подключены к электрическим сетям. В сельской местности проживает около 8 млн. населения, а потребление электроэнергии не превышает 2.5% [6, 4, 9]. Следует отметить, что КПЭ централизованного электроснабжения отдаленных районов обычно не превышает 0,25-0,27.

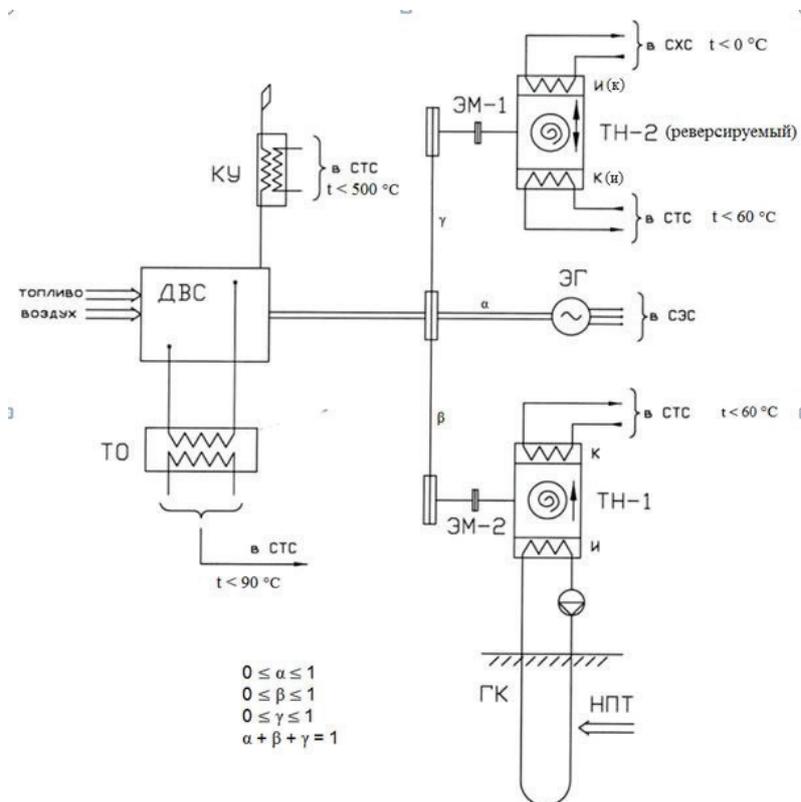
Такое состояние энергоснабжения является сдерживающим фактором развития регионов и способствует негативным тенденциям внутренней миграции населения.

Исследования систем комплексного энергоснабжения, основанных на процессах и установках когенерации, тригенерации и полигенерации, проведенных разными

исследователями в последнее десятилетие [5, 7], показали, что такие системы являются весьма энергоэффективными и позволяют обеспечить качественное и надежное энергоснабжение как жилых зданий, так и технологических объектов, экономить топливо и снижать загрязнение воздуха.

### Техническая структура ГТПУ

На рисунке 1 представлена техническая структура ГТПУ, включающая в себя двигатель внутреннего сгорания (ДВС), дизельный или газопоршневой; теплообменник вода/вода системы охлаждения рубашки двигателя (ТО); котел-утилизатор (газ/вода) тепла выхлопных газов (КУ); парокомпрессионный тепловой насос с непосредственным (текстронным) механическим приводом от ДВС (ТН-1) для системы теплоснабжения и реверсируемый тепловой насос (ТН-2) для системы теплоснабжения и/или холодоснабжения; электромагнитные муфты (ЭМ-1, ЭМ-2); конденсатор (К); испаритель (И); электрический генератор (ЭГ); система холодоснабжения (СХС); система теплоснабжения (СТС); система электроснабжения (СЭС); геokolлектор (ГК); низкопотенциальное тепло (НПТ) [8].



$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – доли механической мощности ДВС на производство электроэнергии, привод компрессора теплового насоса ТН-1 (производство тепла), насоса ТН-2 (производство холода и/или тепла), соответственно.

Рисунок 1 – Техническая структура геотермальной полигенерационной установки

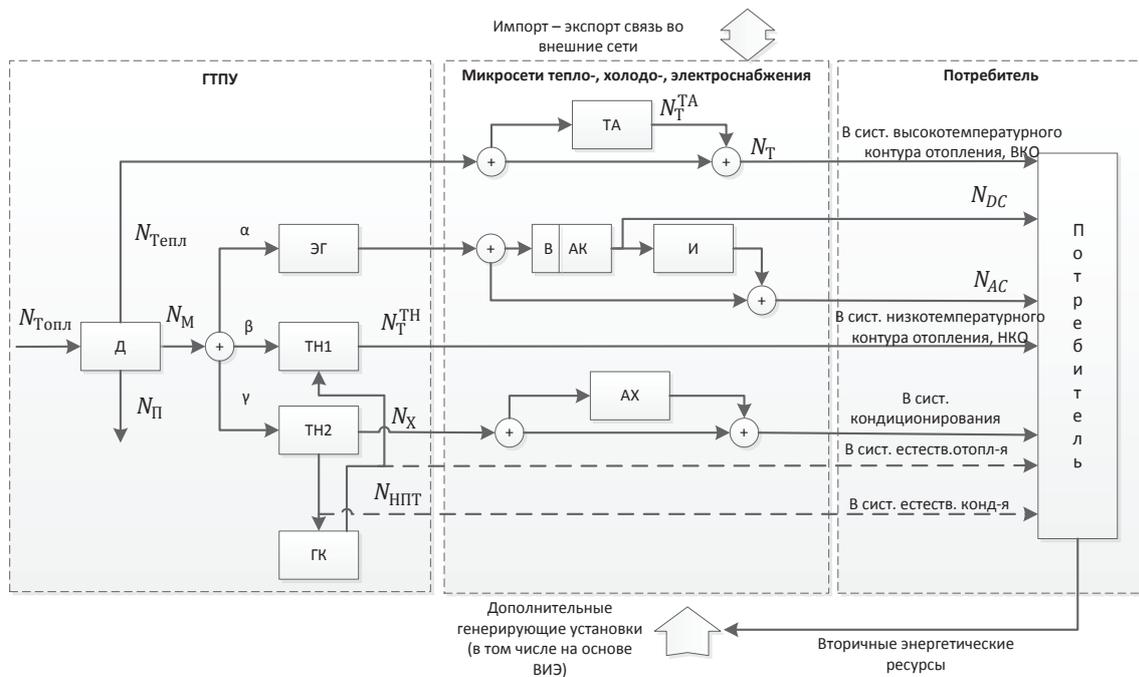
В зимний период оба тепловых насоса участвуют в покрытии отопительной нагрузки, а в летний – ТН-2 генерирует холод для системы кондиционирования, ТН-1 отключен.

Тепловая энергия, образующаяся при работе ДВС, отводится от рубашки охлаждения и с помощью котла утилизатора выхлопных газов (типа газ-вода). Отвод тепла охлаждающей жидкости осуществляется с помощью водо-водяного теплообменника (ТО).

Электрoэнергия с шин электрического генератора подается в микросеть энергоснабжения.

### Обобщенная техническая структура АСКЭ – ГТПУ

Система комплексного энергоснабжения на базе ГТПУ (АСКЭ- ГТПУ) включает полигенерационную установку, источник низкопотенциального тепла - систему грунтовых теплообменников, микросеть комплексного энергоснабжения (в том числе накопители тепловой, электрической энергии и холода) и потребителя энергии (рисунок 2).



ТА – тепловой аккумулятор; В – выпрямитель; АК – аккумулятор электрический; И – инвертор;  $N_{\text{топл}}$  – мощность топлива (энергетический эквивалент), [Вт];  $N_{\text{м}}$  – механическая мощность двигателя внутреннего сгорания, [Вт];  $N_{\text{п}}$  – безвозвратные потери, [Вт];  $N_{\text{тепл}}$  – тепловая мощность, утилизируемая с рубашки охлаждения ДВС и котла утилизатора выхлопных газов, [Вт];  $N_{\text{т}}^{\text{ТА}}$  – тепловая мощность на выходе из теплового аккумулятора, [Вт·ч];  $N_{\text{т}}$  – тепловая мощность, отпускаемая в ВКО, [Вт·ч];  $N_{\text{т}}^{\text{ТН}}$  – тепловая мощность, вырабатываемая тепловым насосом, отпускаемая в НКО, [Вт];  $N_{\text{х}}$  – тепловая мощность, вырабатываемая реверсивным тепловым насосом, отпускаемая в систему кондиционирования, [Вт];  $N_{\text{НПТ}}$  – тепловая мощность низкопотенциального источника, [Вт];  $N_{\text{Дс}}$  – мощность постоянного тока, передаваемая потребителю, [Вт];  $N_{\text{Ас}}$  – мощность переменного тока, передаваемая потребителю [Вт].

Рисунок 2 - Обобщенная техническая структура АСКЭ - ГТПУ

Построение расширенного графика Россандера и графика относительных мощностей и энергий

При проектировании систем централизованного теплоснабжения и выборе оптимального состава оборудования ТЭЦ принято применять график стояния температуры воздуха (график Россандера) [2]. В настоящей работе предлагается модифицировать этот инструмент для практического применения при проектировании систем комплексного энергоснабжения на основе ГТПУ.

Во-первых, график стояния температур воздуха в отопительный период предложено дополнить графиком для периода кондиционирования. Расширенный график продолжительности стояния температур представлен на рисунке 4. Далее, расширенный график Россандера следует положить в основу построения графика относительной мощности и энергии, учитывающий специфику комбинированного производства тепла, холода и электричества в геотермальной полигенерационной установке. При этом расчетная тепловая мощность системы  $q_0$  принимается равной единице.

Для удобства практического применения относительные энергии и мощности, соответствующие отводу тепловой энергии, при производстве холода ТН-2 перенесены в верхнюю часть графика (справа).

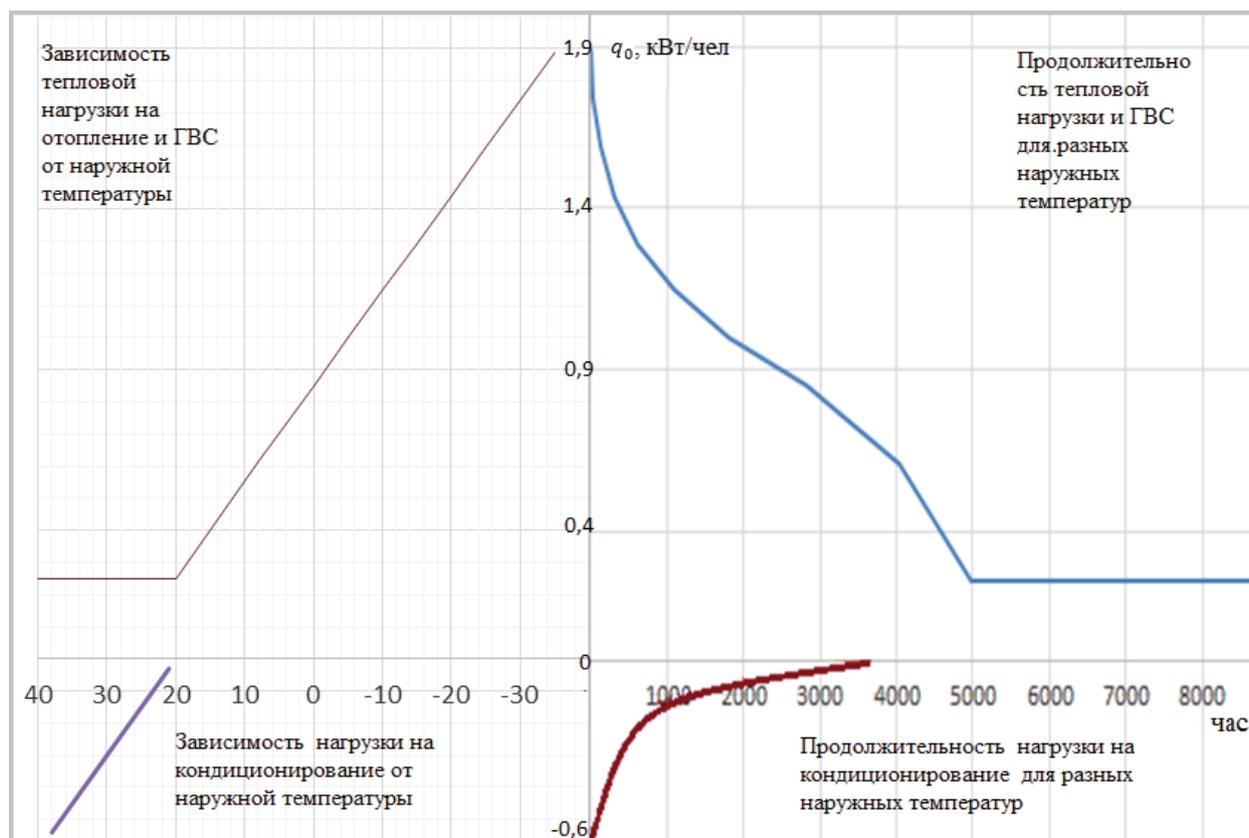


Рисунок 4 – График продолжительности сезонной тепловой нагрузки, отопления и кондиционирования на примере г. Алматы

График относительной мощности и энергии позволяет проводить анализ эффективности применения АСКЭ-ГТПУ для различных климатических зон и профилей годовых нагрузок по всем видам генерируемой энергии, включая технологическое потребление тепла, холода и электроэнергии.

Исходными данными для построения кривых относительных мощностей и определения относительных энергий, генерируемых ГТПУ, является годовой график стояния температур отопительного периода (кривая a-g, соответствующая отопительной нагрузке), среднегодовая нагрузка системы горячего водоснабжения линия (d-b), график стояния температур периода кондиционирования (кривая j-e) и среднегодовая нагрузка системы электроснабжения (линия p-p').

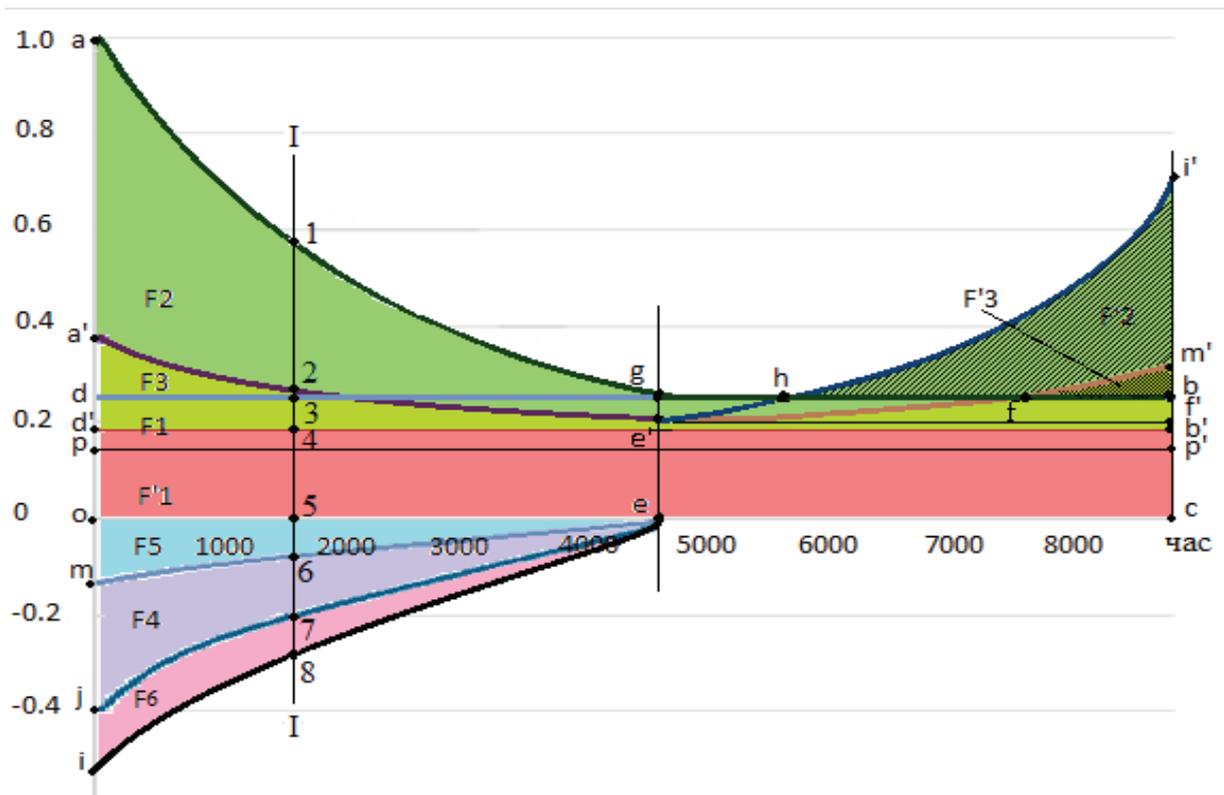


Рисунок 5 – График относительной мощности и энергии ГТПУ

На примере сечения I-I показана методика определения относительных мощностей, генерируемых системообразующими элементами (ординаты кривых мощности).

При этом  $\overline{\Delta N}_{1-2}$  – мощность, генерируемая тепловыми насосами, определяется по формуле (1):

$$\overline{\Delta N}_{1-2} = \beta \cdot \overline{N}_M \cdot COP, \quad (1)$$

где COP – коэффициент преобразования (Coefficient of performance) тепловых насосов;

$\overline{\Delta N}_{2-4}$  – мощность, утилизируемая с ДВС от привода компрессора теплового насоса, определяется по формуле (2):

$$\overline{\Delta N}_{2-4} = \beta \cdot \overline{N}_M \cdot K_{ут}, \quad (2)$$

где  $K_{ут}$  – коэффициент утилизации тепла ДВС (обычно в пределах 1.3-1.7, [8]);

$\overline{\Delta N}_{4-5}$  – мощность, утилизируемая и полезно используемая в системе теплоснабжения от производства электроэнергии, определяется по формуле (3):

$$\overline{\Delta N}_{4-5} = \alpha \cdot \overline{N}_M \cdot K_{ут}, \quad (3)$$

где  $\overline{\Delta N}_{5-7}$  – мощность СХС, холодопроизводительность ТН-2, определяется по формуле (4):

$$\overline{\Delta N}_{5-7} = \gamma \cdot \overline{N}_M \cdot \varepsilon, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – холодильный коэффициент.

$\overline{\Delta N}_{5-6}$  – тепловая мощность, утилизируемая с ДВС от привода компрессора теплового насоса при производстве холода для кондиционирования, определяется по формуле (5):

$$\overline{\Delta N}_{5-6} = \gamma \cdot \overline{N}_M \cdot K_{yT}. \quad (5)$$

$\overline{\Delta N}_{5-8}$  – тепловая мощность, генерируемая конденсатором теплового насоса при производстве холода, определяемая по формуле (6):

$$\overline{\Delta N}_{5-8} = \gamma \cdot \overline{N}_M \cdot COP. \quad (6)$$

$\overline{\Delta N}_{1-5}$  – тепловая мощность СТС, которая определяется по формуле (7):

$$\overline{\Delta N}_{1-5} = \overline{N}_M \cdot (\beta \cdot COP + \alpha \cdot K_{yT}). \quad (7)$$

Все мощности ( $\overline{N}_i$ ) в формулах 1-7 приведены в относительных единицах.

Кривые мощности на графике ограничивают площади, соответствующие относительной энергии, генерируемой системообразующими элементами в течение года.

$\overline{Q}_{ГВС} = F_1(odbc)$  – относительная тепловая энергия на горячее водоснабжение, в том числе

$\overline{Q}_{КГ} = F'_1(od'b'co)$  – относительная тепловая энергия, вырабатываемая в комбинированном цикле (когенерация).

$\overline{Q}_{ТН1-2} = F_2(a'aghi'f'fe'a')$  – относительная энергия на конденсаторах тепловых насосов ТН-1, ТН-2, в том числе  $\overline{Q}_{ТН1-2}^{пол} = F_2^{пол}(a'aghb'f'fe'a')$  – полезно используемая тепловая энергия тепловых насосов ТН-1, ТН-2.

$\overline{Q}_M = F_3(d'a'e'fm'b'd')$  – относительная тепловая энергия, утилизируемая от ДВС, соответствующая дополнительной механической энергии на привод ТН-1 и ТН-2, в том числе полезно используемая  $\overline{Q}_M^{пол} = F_3^{пол}(d'a'e'fbb'd')$ .

$\overline{Q}_3 = F_3(opp'co)$  – относительная электрическая энергия, вырабатываемая в комбинированном цикле.

$\overline{Q}_P = F'_2(i'hfm') + F'_3(fm'bf)$  – относительная избыточная тепловая энергия генерируемая ТН-2 ( $F'_2$ ) и ДВС на привод ТН-2 ( $F'_3$ ), не востребована, но может быть использована для регенерации геотермального коллектора в неотапительный период.

$\overline{Q}_X = F_4(oejo)$  – относительная энергия холода на кондиционирование.

$\overline{Q}_5 = F_5(oeo)$  – относительная тепловая энергия, генерируемая ДВС на привод ТН-2, в режиме кондиционирования.

$\overline{Q}_6 = F_6(oeio)$  – относительная тепловая энергия на конденсаторе ТН-2 в режиме кондиционирования.

#### Определение энергетической эффективности АСКЭ-ГПТУ

Суммарное количество генерируемой и полезно используемой энергии (тепло, холод, электричество) в относительных единицах:

$$\overline{Q}_{Т.Х.Э}^{пол} = \overline{Q}_{КГ} + \overline{Q}_{ТН1-2}^{пол} + \overline{Q}_M^{пол} + \overline{Q}_X. \quad (8)$$

Каждая из составляющих суммы характеризуется собственным коэффициентом первичной энергии (КПЭ).

Результирующий КПЭ<sub>ПГ</sub> системы производства всех видов энергии за годовой период определяется из зависимости:

$$КПЭ_{ПГ} = \frac{\overline{Q}_{КГ}}{\overline{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} \cdot \eta_{КГ} + \frac{\overline{Q}_{ТН1-2}^{пол}}{\overline{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} \cdot \eta_M \cdot COP_T + \frac{\overline{Q}_M^{пол}}{\overline{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} \cdot \eta_T + \frac{\overline{Q}_X}{\overline{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} \cdot \eta_M \cdot COP_X, \quad (9)$$

где  $\frac{\bar{Q}_{КГ}}{\bar{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} = A$  – доля энергии (тепловой и электрической), генерируемая в комбинированном цикле;

$\frac{\bar{Q}_{ТН1-2}^{пол}}{\bar{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} = B$  – доля полезной тепловой энергии генерируемая тепловыми насосами;

$\frac{\bar{Q}_M^{пол}}{\bar{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} = C$  – доля полезной тепловой энергии, генерируемой ДВС от генерации механической энергии на привод тепловых насосов ТН-1 и ТН-2;

$\frac{\bar{Q}_X}{\bar{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}} = D$  – доля генерации холода в общей полезной генерируемой энергии.

Результатирующий КПЭ системы:

$$\text{КПЭ}_{\text{ПГ}} = A \cdot \eta_{КГ} + B \cdot \eta_M \cdot \text{COP}_T + C \cdot \eta_T + D \cdot \eta_M \cdot \text{COP}_X, \quad (10)$$

где:  $\eta_{КГ}$  – КПД производства тепловой и электрической энергии в комбинированном цикле;

$\eta_M$  – механический КПД ДВС;

$\eta_T$  – КПД производства тепловой энергии в комбинированном цикле.

Результаты и дискуссия. В данной работе для сравнительных расчетов принято условное здание площадью 150 м<sup>2</sup> с удельной характеристикой расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий 0.343 Вт/(м<sup>3</sup>·°С), что соответствует классу энергоэффективности зданий Б согласно строительным нормам и правилам Казахстана СН РК 2.04-04-2011 [3]. Потребление электрической энергии было принято для обеспечения «комфортного проживания», что соответствует уровню 90 кВт·час на одного человека в месяц. В условном здании проживают 5 человек, расход энергии на ГВС принят из расчёта 230 кВт·час на человека в месяц.

Годовые затраты энергии на комплексное энергоснабжение конкретного жилого объекта определяются из зависимости:

$$Q_{\text{год}} = \bar{Q}_{Т.Х.Э}^{пол} \cdot n \cdot q_p, \quad (11)$$

где  $n$  – число жителей,  $q_p$  – расчетная тепловая нагрузка объекта.

При этом годовой расход первичного топлива составит:

$$V_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{год}}}{\text{КПЭ}_{\text{ПГ}} \cdot Q_p^H} \text{ [кг]}, \quad (12)$$

где  $Q_p^H, \left[ \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}} \right]$  – низшая теплотворная способность топлива. Для условного топлива:

$$V_{\text{год}}^{у.т.} = \frac{Q_{\text{год}}}{\text{КПЭ}_{\text{ПГ}} \cdot 8,14} \text{ [кг у. т. ]}. \quad (13)$$

Расчет представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные данные

Город	$q_p$	A	B	C	D	КПЭ <sub>ПГ</sub>	$\bar{Q}_{Т.Х.Э}^{пол}$	$V_{\text{год}}^{у.т.}$ кг
Шымкент	1,44	0,352	0,307	0,115	0,226	1,046	4200	3551,5
Алматы	1,89	0,376	0,316	0,0971	0,212	1,061	4216	4439,78
Петропавловск	2,04	0,327	0,491	0,164	0,018	1,176	3292,8	3520,19

Коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и величины  $q_p$ ,  $\bar{Q}_{\text{т.х.э}}^{\text{пол}}$  определяются климатическими условиями в районе применения АСКЭ-ГПТУ, нормами потребления энергоносителей жителями и теплотехническими характеристиками зданий.

## Выводы

Одним из перспективных путей решения задачи предоставления современных энергетических услуг потребителям и жителям децентрализованных районов является создание энергоэффективных и надежных локальных энергетических систем на основе комбинированной генерации энергоносителей.

В работе предложены концепции энергогенерирующего оборудования нового поколения и систем комплексного энергоснабжения на его основе с показателями энергоэффективности, существенно превышающими существующие.

Отличительной особенностью предложенных систем является наличие определенных взаимосвязей между количествами и параметрами генерируемых энергоносителей, что ограничивает возможность применения общепринятых методов и средств расчетов и проектирования.

Для устранения этого препятствия предложена методика расчета мощностей и энергий основана на графиках энергопотребления и свойствах генерирующего оборудования. В работе график мощности и энергии ГПТУ является инструментом для оптимизации дизайна АСКЭ, выбора энергогенерирующего оборудования и оценки энергоэффективности системы в рамках годового цикла нагрузок.

Важным результатом работы является подтверждение предположения о том, что включение в состав локальной энергосистемы геokolлекторов существенно понижает влияние неоднородности тепловых нагрузок (климатического фактора) на общую энергоэффективность системы.

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования МОН РК, номер темы 4818/ГФ4 (00117Q/1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Разработка автономных индивидуальных, локальных и распределенных систем комплексного энергоснабжения на основе моноблочных, полигенерационных установок отечественного производства: отчет о НИР (промежуточный):00716Q/1 / АУЭС; рук. В. В. Стояк; исполн.: С. К. Кумызбаева и др. – Алматы: НАО «АУЭС». – 2015. – 397 с. – Инв. № 0215РК01589.

[2] Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. – М: МЭИ, 1982. – 472 с.

[3] Строительные нормы РК. СН РК 2.04-04-2011. Тепловая защита зданий // Режим доступа: [http://www.alprof.kz/files/12\\_SN\\_RK\\_2-04-04-2011.pdf](http://www.alprof.kz/files/12_SN_RK_2-04-04-2011.pdf), свободный (дата обращения: 12.04.2017).

[4] Трофимов А., Рабинович М. Распределительные сети – наиболее проблемный и затратный фактор электроснабжения сельских территорий // Энергетика. – Алматы: Союз инженеров энергетиков Республики Казахстан. – № 2 (37). – 2011. – С. 10-11.

[5] Campos A. C. and etc. Feasibility of small-scale gas engine-based residential cogeneration in Spain // Energy Policy. – Amsterdam: Elsevier. – № 39 (6). – 2011. – P. 3813-3821. (англ.).

[6] Energy Information Administration. Kazakhstan country analysis brief. Washington DC // Режим доступа: <http://www.eia.org>, свободный (дата обращения: 12.04.2017). (англ.).

[7] Huang Y. and etc. Performance analysis of biofuel fired trigeneration systems with energy storage for remote households // Applied Energy. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – P. 530-538. (англ.).

[8] Stoyak V. and etc. Combined power supply of decentralized energy consumers in conditions of extreme continental climate // Energy Procedia. – Amsterdam: Elsevier. – № 95. – 2016. – P. 159-166. (англ.).

[9] The Asian Development Bank, Country Partnership Strategy: Kazakhstan 2012–2016, POVERTY ANALYSIS (SUMMARY) // Режим доступа: <http://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/cps-kaz-2012-2016-pa.pdf>, свободный (дата обращения: 12.04.2017). (англ.).

## REFERENCES

[1] Working out of autonomous individual, local and distribution systems of integrated power supply based on single-block, polygeneration plants of domestic manufacture: the research report (interim) 00716Q/1 / AUPET; project Manager Stoyak V.V.; executive.: Kumyzbayeva S. K. and other. – Almaty: NJS «AUPET». – 2015. – 397 p. – Inv. № 0215PK01589 (in russ.).

[2] Sokolov Y. Y. District heating and heat networks. – M: MPEI, 1982. – 472 p. (in russ.).

[3] Building code of Kazakhstan. CH PK 2.04-04-2011. Thermal protection of buildings. // Access mode: [http://www.alprof.kz/files/12\\_SN\\_RK\\_2-04-04-2011.pdf](http://www.alprof.kz/files/12_SN_RK_2-04-04-2011.pdf), free (date of access: 12.04.2017).

[4] Trofimov A., Rabinovich M., Distribution networks - the most problematic and costly factor of power supply in rural areas // Energy. – Almaty: The power engineers Union of the Republic of Kazakhstan. – № 2 (37). – 2011. – P. 10-11. (in russ.).

[5] Campos A. C. and etc. Feasibility of small-scale gas engine-based residential cogeneration in Spain // Energy Policy. – Amsterdam: Elsevier. – № 39 (6). – 2011. – P. 3813-3821.

[6] Energy Information Administration. Kazakhstan country analysis brief. Washington DC // Access mode: <http://www.eia.org>, free (date of access: 12.04.2017).

[7] Huang Y. and etc. Performance analysis of biofuel fired trigeneration systems with energy storage for remote households // Applied Energy. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – P. 530-538.

[8] Stoyak V and etc. Combined power supply of decentralized energy consumers in conditions of extreme continental climate // Energy Procedia. – Amsterdam: Elsevier. – № 95. – 2016. – P. 159-166.

[9] The Asian Development Bank, Country Partnership Strategy: Kazakhstan 2012–2016, Poverty analysis (summary) // Access mode: <http://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/cps-kaz-2012-2016-pa.pdf>, free (date of access: 12.04.2017).

## ГЕОТЕРМАЛДЫ ПОЛИГЕНЕРАЦИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАР НЕГІЗІНДЕ КЕШЕНДІ ЭНЕРГИЯМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

С. К. Кумызбаева<sup>1</sup>, П. А. Б. Джеймс<sup>2</sup>, В. В. Стояк<sup>1</sup>, М. В. Ибрагимова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Саутгемптон университеті, Саутгемптон қ., Ұлыбритания

*Аңдатпа.* Мақалада суықпен жабдықтау мен кондициялау жүйелері үшін технологиялық қажеттіліктер мен жылумен жабдықтау үшін электр энергиясының, жылу энергиясының бірлескен технологиялық үдерісін бір уақытта өндіру барысында жоғары энергетикалық тиімділікке ие жаңа буынды энергия түрлендіргіш жабдық пен кешенді энергияны жабдықтаудың автономиялы жүйесінің тұжырымдамалары ұсынылды.

Іштен жанатын поршеньдік қозғалтқыш пен компрессорлық жылу сорғылардың геотермалдық жүйелерінің термодинамикалық циклдерін біріктірудің арқасында жоғары энергетикалық тиімділікке қол жеткізілді. Жер қыртысының жоғары қабаттарының төмен әлеуетті жылу энергияларын түрлендіру бастапқы органикалық отынның шығынын ауа райын талғамайтын қалпына келтірілетін энергия көзімен ішінара алмастыру жолымен түбегейлі төмендетуге мүмкіндік береді.

Энергетикалық жүктеме мен климаттық жағдайлардың нақты құрылымы үшін жүйе түзетін элементтерді және нәтижелі энерготімділікті таңдауды оңтайландырудың арнайы әдістемесі жасалды.

Жұмыс нәтижелерінің өзектілігі Қазақстан аймақтарының тұрақты дамушы факторы ретіндегі орталықтандырылмаған аудан тұрғындарының едәуір бөлігіне заманауи энергетикалық қызметтер ұсынудың маңыздылығымен түсіндіріледі.

**Кілттік сөздер:** кешенді энергиямен жабдықтаудың автономиялы жүйесі, когенерация, полигенерация, геотермалды полигенерациялық қондырғы, энергиямен жабдықтау жүйесінің дизайнын оңтайландыру.

## STRUCTURAL OPTIMIZATION OF INTEGRATED ENERGY SUPPLY SYSTEMS BASED ON GEOTHERMAL POLYGENERATION INSTALLATION

S. K. Kumyzbayeva<sup>1</sup>, P. A. B. James<sup>2</sup>, V. V. Stoyak<sup>1</sup>, M. V. Ibragimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Southampton University, Southampton, UK

**Abstract.** The concepts of power generating equipment of new generation are proposed – geothermal polygeneration plant and an autonomous integrated power supply system that have high energy efficiency while producing electricity, heat energy for heat supply and / or technological needs and cold for air conditioning and cooling supply in a single technological process.

High energy efficiency is achieved due to the combination of thermodynamic cycles of a reciprocating internal combustion engine and a system of geothermal compressor heat pumps. The involvement of low-potential heat of the Earth's crust upper layers in the generation of energy can drastically reduce the consumption of primary organic fuel, by partially replacing it with an all-weather renewable energy source.

A special method for choice optimizing of the system-forming elements and calculating the resulting energy efficiency for a specific structure of energy loads and climatic conditions is developed.

The relevance of the work results specified by the critical importance of providing modern energy services to a significant part of the population living in decentralized areas as a factor of sustainable development of the Kazakhstan regions.

**Key words:** autonomous systems of complex power supply, combined power supply cogeneration, polygeneration, geothermal polygeneration plant, design optimization of the power supply system.

МРНТИ 621.317

**С. Г. Хан<sup>1</sup>, А. Е. Ташибаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОВЕРКЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАСХОДОМЕРОВ**

**Аннотация.** В статье представлена модель программно-технического комплекса для поверки электромагнитных расходомеров (ЭМР) по месту их эксплуатации на закачных скважинах геотехнологического поля подземного выщелачивания урана, описана процедура оценивания неопределенности измерения ЭМР, разработана программа оценки неопределенности измерения ЭМР в среде графического программирования NI LABVIEW2014.

Описаны результаты поверки электромагнитного расходомера, проведенной на лабораторном стенде (модели МПТК), рассчитаны стандартные неопределенности по типу А и типу В, суммарная и расширенная неопределенности погрешности поверяемого расходомера, составлен бюджет неопределенности измерения ЭМР.

**Ключевые слова:** оценивание неопределенности измерения, электромагнитный расходомер, программно-технический комплекс, LABVIEW2014.

При подземном выщелачивании урана используется большое число электромагнитных расходомеров выщелачивающих растворов, подаваемых на закачные скважины геотехнологического поля. Существующая методика метрологической поверки предполагает снятие расходомеров с места их установки, транспортировку в соответствующие лаборатории метрологических служб или метрологические лаборатории на предприятии и их поверку на проливной установке. После аттестации расходомеры устанавливаются обратно на место эксплуатации. При таком подходе к метрологической поверке датчиков расхода повышаются издержки их эксплуатации.

С другой стороны, такая процедура поверки предполагает расчет метрологических характеристик (погрешностей измерения) и оценивание годности средства измерения к эксплуатации, тогда как с 1995 года в международную метрологическую практику введены рекомендации по оцениванию неопределенности измерения как при калибровке, так и при поверке средств измерения. Следует отметить, что в Казахстане при поверке ЭМР практически отсутствует оценивание неопределенности измерения.

В работе описана разработанная нами методика поверки ЭМР по месту эксплуатации с помощью мобильного программно-технического комплекса (МПТК), включающего в себя эталонный (кориолисовый) расходомер, регулируемый клапан и программируемый контроллер (PLC). Одной из задач при разработке МПТК является разработка программного обеспечения метрологической поверки с оценкой неопределенности измерения поверяемого расходомера.

Целью статьи является описание разработанной авторами программы оценивания неопределенности измерения при поверке электромагнитных расходомеров.

Данная процедура поверки предполагает, что все расходомеры поверяются с помощью поверочной установки МПТК не одновременно, а по очередности. На рисунке 1 представлен фрагмент функциональной схемы узла распределения выщелачивающего раствора с установленным дополнительным оборудованием МПТК (отмечены красным цветом). Например, при поверке выбранного расходомера (A111) все остальные расходомеры (A112, A131, A132) на узле распределения выщелачивающего раствора работают в штатном режиме, что обеспечивается соответствующими положениями клапанов K1-K31. Поверка электромагнитных расходомеров осуществляется с помощью эталонного кориолисового расходомера (FY156F1a) выше классом точности. Методика

поверки основывается на методе сличения показаний эталонного и поверяемого расходомеров. Регулируемый клапан (РВ) эталонного прибора и PLC, входящие в состав МПТК, позволят автоматизировать процесс поверки прибора по всему диапазону измерения поверяемого расходомера.

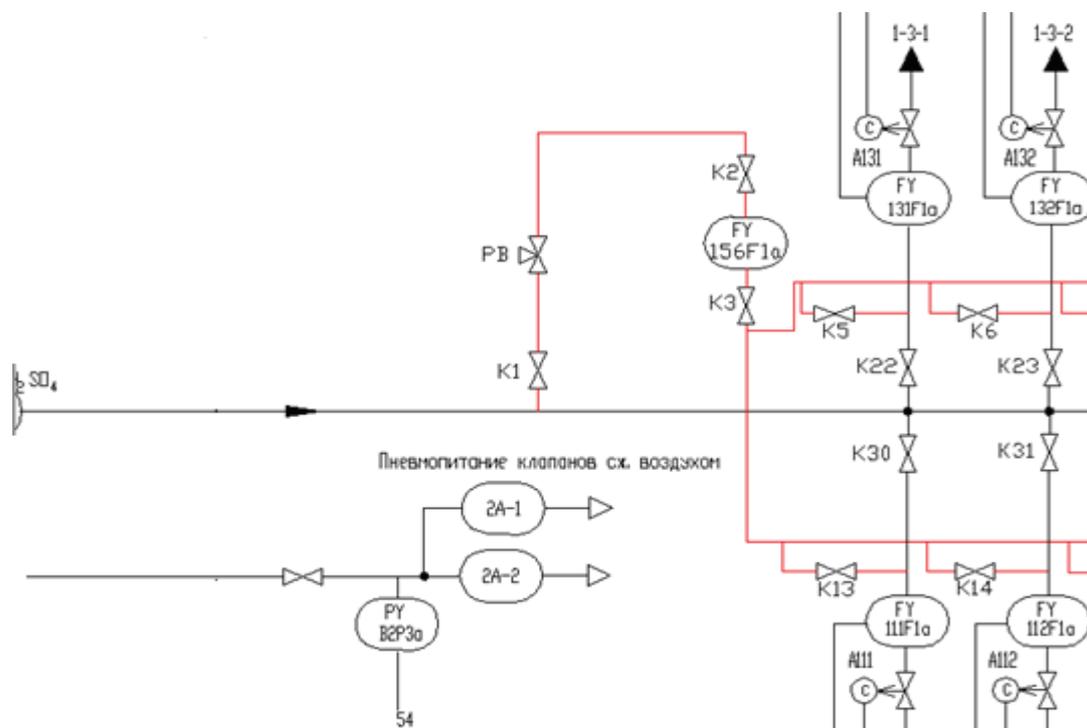


Рисунок 1 - Функциональная схема узла распределения выщелачивающего раствора с МПТК

Метод измерения основан на многократных измерениях расхода электромагнитным и эталонным кориолисовым расходомерами, а также оценивании неопределенности погрешности электромагнитного расходомера.

Оценка неопределенности измерений объемного расхода электромагнитным расходомером начинается с составления модельного уравнения.

Математическая модель погрешности электромагнитного расходомера в этом случае будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta = \overline{V}_{эм} - (\overline{V}_{кор} + \Delta_{разр.} + \Delta_{преобраз} + \Delta_{точн.измер.} + \Delta_{стаб.} + \Delta_t + \Delta_p), \quad (1)$$

где  $\overline{V}_{эм}$  - среднее арифметическое значение объемного расхода, измеренного электромагнитным расходомером;

$\overline{V}_{кор}$  - среднее арифметическое значение объемного расхода, измеренного кориолисовым расходомером;

$\Delta_{точн.измер}$  - точность измерений расхода кориолисового расходомера;

$\Delta_{стаб.нуля}$  - стабильность нуля кориолисового расходомера;

$\Delta_{разр}$  - погрешность последнего разряда кориолисового расходомера;

$\Delta_{преобр}$  - погрешность преобразователя кориолисового расходомера;

$\Delta_t$  - погрешность от влияния колебаний рабочей температуры на нулевую точку первичного преобразователя кориолисового расходомера;

$\Delta_p$  - погрешность от влияния колебаний рабочего давления на нулевую точку первичного преобразователя кориолисового расходомера.

Формулы для расчета вышеприведенных погрешностей приведены в [3]. Следует отметить, что математические ожидания поправок  $\Delta_{\text{точн.измер}}$ ,  $\Delta_t$ ,  $\Delta_p$ ,  $\Delta_{\text{стаб.нуля}}$ ,  $\Delta_{\text{разр}}$ ,  $\Delta_{\text{преобр}}$  равны нулю.

В 1993 г. в Швейцарии объединенной рабочей группой экспертов, назначенных международными организациями МБМВ, МЭК, ИСО, МФКХ, ИЮПАК, ИЮПАП и МОЗМ, было составлено «Руководство по выражению неопределенности измерения» [1], которое устанавливает общие правила оценивания и представления неопределенности измерения применительно к широкому спектру измерений.

Согласно данному Руководству, обработку неопределенности результатов любых измерений в общем случае производят по алгоритму, изображенному на рисунке 2 [4].

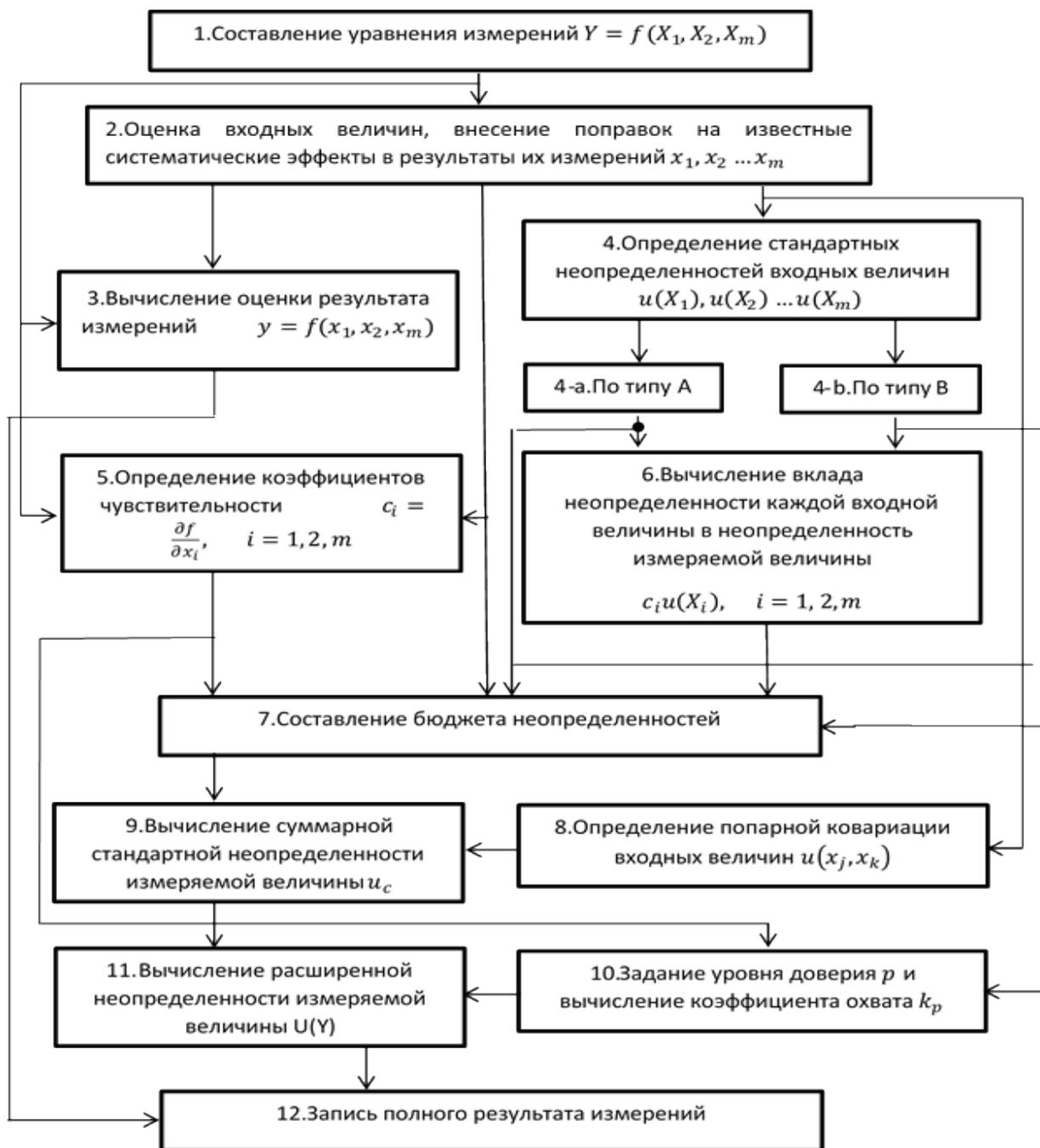


Рисунок 2 - Общий алгоритм оценивания неопределенности измерения

В соответствии с общим алгоритмом (рисунок 2) составлен алгоритм оценивания неопределенности измерения электромагнитного расходомера [5], согласно которому модельному уравнению (1) соответствует следующее выражение для суммарной стандартной неопределенности:

$$u_C = \sqrt{u_A^2(V_{кор}) + u_B^2(V_{кор})}, \quad (2)$$

где  $u_A(V_{кор})$  - стандартная неопределенность объемного расхода по типу А, измеренного кориолисовым расходомером, обусловлена источниками неопределенности, имеющими случайный характер;

$u_B(V_{кор})$  - суммарная стандартная неопределенность объемного расхода по типу В.

Стандартная неопределенность объемного расхода по типу А, измеренного кориолисовым расходомером, рассчитывается по формуле среднего квадратического отклонения результатов наблюдений объемного расхода.

Суммарная стандартная неопределенность по типу В:

$$u_b(V_{кор}) = \overline{V_{кор}} \times \sqrt{\left(\frac{u(\Delta_{разр})}{V_{кор}}\right)^2 \times c_1^2 + c_2^2 \times \left(\frac{u(\Delta_{преобр.})}{V_{кор}}\right)^2 + c_3^2 \times \left(\frac{u(\Delta_{точн.})}{V_{кор}}\right)^2 + c_4^2 \times \left(\frac{u(\Delta_{стаб.})}{Q_{кор}}\right)^2 + c_5^2 \times \left(\frac{u(\Delta_t)}{Q_{кор}}\right)^2 + c_6^2 \times \left(\frac{u(\Delta_p)}{Q_{кор}}\right)^2}, \quad (3)$$

где  $\overline{Q_{кор}}$  - среднее арифметическое значение массового расхода, измеренного кориолисовым расходомером;

$C_1 \dots C_6$  - коэффициенты чувствительности.

Коэффициенты чувствительности  $C_1 \dots C_6$  равны единице, так как производились прямые измерения объемного расхода.

В предположении равномерного закона распределения рассчитывается неопределенность точности показаний кориолисового расходомера:

$$u(\Delta_{точн.}) = \frac{\Delta_{точн.}}{\sqrt{3}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4)$$

Неопределенность погрешности преобразователя:

$$u(\Delta_{преобразов.}) = \frac{\Delta_{преобразов.}}{\sqrt{3}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (5)$$

Неопределенность стабильности нулевой точки массового расходомера:

$$u(\Delta_{стаб.нуля}) = \frac{\Delta_{стаб.нуля}}{\sqrt{3}}, \text{ кг/ч}. \quad (6)$$

Неопределенность погрешности последнего разряда:

$$u(\Delta_{разр.}) = \frac{\Delta_{разр.}}{\sqrt{3}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (7)$$

Неопределенность погрешности от влияния колебаний рабочего давления на нулевую точку первичного преобразователя кориолисового расходомера:

$$u(\Delta_p) = \frac{\Delta_p}{\sqrt{3}}, \text{ кг/ч}. \quad (8)$$

Неопределенность погрешности от влияния колебаний рабочей температуры на нулевую точку первичного преобразователя кориолисового расходомера:

$$u(\Delta_t) = \frac{\Delta_t}{\sqrt{3}}, \text{ кг/ч}. \quad (9)$$

После вычисления суммарной стандартной неопределенности измерения объемного расхода вычисляется расширенная неопределенность измерения:

$$U = k \cdot u_c(V_{\text{кор}}), \quad (10)$$

где  $k$  – коэффициент охвата, равный 2,0 при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

Полный результат измерения включает в себя оценку выходной величины – объемного расхода, и приписанное ей значение расширенной неопределенности с указанием уровня доверия:

$$V = \overline{V_{\text{эм}}} \pm U, \quad P = 0,95. \quad (11)$$

Согласно алгоритму (рисунок 2) разработана программа расчета неопределенности измерения поверяемых расходомеров в среде графического программирования NI LabVIEW 2014, которая содержит следующие вкладки: «Исходные данные поверяемого расходомера», «Исходные данные кориолисового расходомера», «Расчет неопределенности по типу А», «Расчет неопределенности по типу В», «Бюджет неопределенности», «Результат поверки».

Входными данными для работы программы расчета неопределенности измерения поверяемых расходомеров в среде программирования NI LabVIEW являются диаметры условного прохода для кориолисового и электромагнитного расходомера, результаты измерений массового расхода кориолисовым расходомером, результаты измерений объемного расхода кориолисовым расходомером, результаты измерений объемного расхода поверяемым электромагнитным расходомером, значение рабочей температуры среды, а также данные из технической документации на кориолисовый расходомер [2], которые используются для расчета погрешностей и неопределенности измерения объемного расхода по формулам (2-9).

Выходными данными являются погрешность электромагнитного расходомера и неопределенность измерений объемного расхода.

На первой вкладке разработанной программы «Исходные данные поверяемого расходомера» выбирается тип поверяемого расходомера, диаметр его условного прохода, а также вводятся 12 значений объемного расхода, измеренного поверяемым расходомером.

На второй вкладке разработанной программы «Исходные данные образцового расходомера» выбирается тип образцового расходомера, диаметр его условного прохода, а также вводятся 12 значений массового расхода, измеренного образцовым расходомером.

На вкладке «Расчет неопределенности по типу А» выводятся результаты измерений объемного расхода эталонным расходомером и результаты статистической обработки полученной выборки: расчеты среднего арифметического значений наблюдений, стандартного отклонения наблюдений и стандартной неопределенности по типу А.

Вкладка «Расчет неопределенности по типу В» содержит: данные из технической документации, промежуточные данные для расчета неопределенности по типу В, измеренные значения для расчета, рассчитанные значения стандартных неопределенностей составляющих погрешностей и неопределенность по типу В.

Бюджет неопределенности (рисунок 3) представляет собой результирующую таблицу, содержащую список всех входных переменных, их оценок вместе с принадлежащими им стандартными неопределенностями измерений и законами их распределения. На данной вкладке приведены расчетные значения суммарной и расширенной неопределенности измерения объемного расхода.

На последней вкладке «Результат поверки» отображается результат поверки электромагнитного расходомера.

Входная величина $X_i$	Оценка входной величины	Тип неопределенности	Распределение вероятностей	Стандартная неопределенность $U(X_i)$	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности
Объемный расход $V, л/ч$	316,133	A	нормальное	0,12	1	0,12
Точность измерений, $т/ч$	0,158	B	прямоугольное	0,091	1	0,091
Стабильность нулевой точки, $кг/ч$	0,027	B	прямоугольное	0,016	1	0,016
Типичная измеряемая ошибка при наличии расхождения между давлением настройки нулевой точки и рабочим давлением, $кг/ч$	0	B	прямоугольное	0	1	0
Типичная измеряемая ошибка при наличии расхождения между температурой	0,034	B	прямоугольное	0,02	1	0,02
Погрешность последнего разряда, $л/ч$	0,05	B	прямоугольное	0,029	1	0,029
Погрешность преобразователя, $л/ч$	0,316	B	прямоугольное	0,183	1	0,183
<b>Суммарная неопределенность <math>U_c, л/ч</math></b>		<b>Расширенная неопределенность <math>U_r, л/ч</math></b>				
0,238		0,393		при уровне доверия $P=0.95$		

Рисунок 3 – Интерфейс «Бюджет неопределенности поверяемого расходомера»

Работа программы была протестирована на основе экспериментальных данных, полученных на лабораторном стенде «Исследование расходомеров и счетчиков жидкости» кафедры «Инженерная кибернетика».

По результатам проведенной поверки электромагнитного расходомера, проведенной на лабораторном стенде (модели МПТК),  $\Delta = 0,393$  л/ч.

Результат поверки расходомера:  $\bar{V} = 316,133 \pm 0,393 \approx 316,1 \pm 0,4$  л/ч.

Относительная погрешность расходомера = 0,12%, что находится в пределах допустимого значения класса точности расходомера.

### Заключение

1. Предложена модель мобильного программно-технического комплекса для поверки электромагнитных расходомеров по месту, позволяющая значительно уменьшить эксплуатационные расходы на проведении поверки.

2. Составлен бюджет неопределенности измерения при поверке электромагнитных расходомеров, который служит основой для создания программного средства для автоматизации оценивания неопределенности измерения при поверке (калибровке) ЭМР.

3. Разработана программа оценивания неопределенности измерения при поверке (калибровке) ЭМР в среде графического программирования NI LabVIEW2014.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections). – Geneva: ISO (JCGM 100:2008), 2008. – 120 p. (англ.).

[2] Кориолисовые сенсоры Micro Motion Elite // Режим доступа: [http://metratech.ru/file/MMI\\_ELITE.pdf](http://metratech.ru/file/MMI_ELITE.pdf), свободный (дата обращения: 28.04.2017).

[3] МИ 3272 – 2010. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации компакт-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности. - Уфа: Всерос. НИИ метрологической службы, 2010. - 50 с.

[4] ПМ X 33.1405-2005. Рекомендация «Оценивание неопределенности при проведении метрологических работ». - Харьков: ГП «Харьковстандартметрология», 2008. - 48 с.

[5] Хан С. Г., Ташибаева А. Е. Оценка неопределенности измерений кориолисовых расходомеров выщелачивающих растворов // Сборник трудов XIV Междунар. научно-практ. конф. «Инженерные и научные приложения на базе технологий NIDays–2015», Москва 27 ноября 2015 г. – М.: ДМК-пресс, 2015. - С. 136-138.

## REFERENCES

[1] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections). – Geneva: ISO (JCGM 100:2008), 2008. – 120 p.

[2] Coriolis sensors Micro Motion Elite // Available at: [http://metratech.ru/file/MMI\\_ELITE.pdf](http://metratech.ru/file/MMI_ELITE.pdf), free (accessed date: 28.04.2017).

[3] Counters-mass flowmeters. Method of on-site verification by a compact-prover complete with a turbine flow converter and a flow density converter. (MI 3272: 2010), Ufa city, All-Russian Research institute of metrological service , 2010.-50 p (in russ.).

[4] ПМ X 33.1405-2005. Recommendation «Uncertainty estimation in metrological works». Kharkov: SM «Kharkovstandardmetrology», 2008. - 48 p (in russ.).

[5] S. G. Khan, A. E. Tashibaeva. Estimation of uncertainty in measurements of Coriolis flowmeters of leach solutions // Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference «Engineering and scientific applications based on NIDays technologies – 2015», Moscow, November 27, 2015. - M: DMK-press, 2015. - P. 136-138 (in russ.).

## ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ШЫҒЫН ӨЛШЕУШТЕР ТЕКСЕРУІНДЕ ӨЛШЕУ БЕЛГІСІЗДІГІН БАҒАЛАУ БАҒДАРЛАМАСЫН ҚҰРУ

С. Г. Хан<sup>1</sup>, А. Е. Ташибаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада уранның жер асты сілтілеу кезінде геотехникалық өрістің енгізілген ұңғымаларына берілетін шаймалайтын ерітінділердің шығын өлшеуіштерін жұмыс орны бойынша салыстырып тексеру үшін құрастырылған бағдарлама-техникалық кешеннің моделі ұсынылған, электрмагниттік шығын өлшегіштің өлшеу белгісіздігін бағалау тәртібі сипатталған, NI LabVIEW 2014 бағдарламалау ортасында электрмагниттік шығын өлшеуіштерін өлшеудің белгісіздігін бағалау бағдарламасы құрастырылған.

Мобильді бағдарлама-техникалық кешеннің моделі болып есептелетін зертханалық стендте өткізілген электрмагниттік шығын өлшегіштің тексеру нәтижелері келтірілген, А және В түрлері бойынша стандартты өлшеу белгісіздіктері, кеңейтілген және жиынтық өлшеу белгісіздіктері есептелген, шығын өлшегіштің өлшеу белгісіздіктің бюджеті құрастырылған.

**Кілттік сөздер:** өлшеу белгісіздігін бағалау, электрмагниттік шығын өлшегіш, бағдарлама-техникалық кешен, LABVIEW2014.

## DEVELOPMENT OF THE PROGRAM OF UNCERTAINTY ESTIMATION MEASUREMENT AT THE CHECK OF ELECTROMAGNETIC FLOWMETERS

S. G. Khan<sup>1</sup>, A. E. Tashibaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The article proposes a model of the software and hardware complex for verification of electromagnetic flowmeters at the pumping wells of the geotechnological field of underground uranium leaching. The procedure for estimating the uncertainty of electromagnetic flowmeter measurement has

been described, a program for evaluation measurement uncertainty of electromagnetic flowmeter in NI LabVIEW 2014 programming environment has been developed.

The results of verification of an electromagnetic flowmeter conducted on a laboratory bench (which is a model of mobile hardware and software complex) have been presented, standard uncertainties of type A and type B, total and expanded uncertainties of flowmeter error have been calculated, and uncertainty budget of electromagnetic flowmeter measurement has been compiled.

**Key words:** estimation of measurement uncertainty, electromagnetic flowmeter, software and hardware complex, LABVIEW2014.

---

**Б. А. Чернов<sup>1</sup>, Н. Б. Чернова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СКОРОСТИ ЗВУКА В ЖИДКОСТЯХ**

**Аннотация.** Даётся понятие математической модели (ММ), принятое в инженерной практике. Отмечается, что в математическом моделировании основное внимание уделяется свойствам ММ и предъявляемым к ней требованиям, а также классификации ММ. В основе типизации и классификации ММ лежат их различные особенности и признаки.

В настоящее время имеется разнообразная информация о скорости звука в жидкостях, полученная с помощью математического моделирования и разработки ММ, которые необходимы в научных исследованиях, в звуковой и ультразвуковой локации и диагностике, при наладке ультразвуковых расходомеров.

Путём сопоставления известных признаков классификации и особенностей конкретных ММ скорости звука в жидкостях показывается, что все ММ являются функциональными непрерывными моделями макроуровня и обязательно учитывают зависимость скорости звука от температуры жидкости. Рассмотренные ММ при изменении их параметров в широком диапазоне являются нелинейными. По остальным признакам классификации ММ скорости звука имеют различия и особенности. Предложены дополнительные признаки классификации ММ скорости звука в морской и дистиллированной воде.

**Ключевые слова:** скорость звука, жидкость, дистиллированная и морская вода, математическая модель, классификация.

Понятие математической модели (ММ), как и ряд других понятий, используемых в математическом моделировании, не имеет строгого формального определения. Тем не менее в это понятие вкладывают вполне конкретное содержание, с которым связано применение математики в инженерной практике. Более того, такие, например, научные дисциплины, как механика, физика, термодинамика, электротехника являются, по существу, упорядоченным множеством ММ, построение которых сопровождается теоретическим обоснованием адекватного отражения этими моделями свойств рассматриваемых процессов и явлений [5].

Различные особенности и признаки ММ лежат в основе их типизации и классификации. Среди таких признаков выделяют характер отображаемых свойств технического объекта (ТО), степень их детализации, способы получения и представления ММ [5]. При этом под ТО понимают конкретное техническое устройство, систему устройств, процесс, явление, отдельную ситуацию в какой-либо системе или устройстве.

В настоящее время имеется разнообразная информация о скорости звука в жидкостях, полученная с помощью математического моделирования и разработки ММ. Данная информация необходима при исследовании физических свойств веществ и акустических методов неразрушающего контроля [4, 8], в звуковой и ультразвуковой локации, в ультразвуковой диагностике, для наладки ультразвуковых расходомеров жидкости [8, 10].

Цель данной работы состоит в проведении типизации и классификации существующих и разрабатываемых ММ скорости звука в жидкостях. При этом, в первую очередь, будут применены известные особенности, признаки и иерархия функциональных, теоретических и эмпирических ММ. Также будут предложены и рассмотрены специфические признаки ММ скорости звука в жидкой среде.

Один из существенных признаков классификации связан с отображением в ММ тех или иных особенностей ТО. Если ММ отражает устройство и связи между составляющими его элементами, то её называют структурной. Очевидно, что этот признак для ММ скорости звука неприменим, как неприменимы топологические и геометрические

признаки. Если же ММ отражает происходящие в ТО физические, химические, биологические, информационные или другие процессы, то её относят к функциональным ММ [5]. Поэтому ММ скорости звука являются функциональными.

Функциональные ММ состоят из соотношений, связывающих между собой фазовые переменные, то есть внутренние, внешние и выходные параметры ТО. Функционирование сложных ТО нетрудно описать лишь при помощи совокупности его реакций на некоторые известные или заданные входные воздействия (сигналы). Такую разновидность функциональных ММ относят к типу чёрного ящика и обычно называют имитационной моделью, имея в виду, что она лишь имитирует внешние проявления функционирования ТО, не раскрывая и не описывая существа протекающих в нём процессов. Имитационные ММ находят широкое применение в технической кибернетике.

Анализ существующих публикаций о скорости звука в жидкостях показывает, что значительная их часть посвящена именно имитационным ММ. Так, в монографии [4] приводится уравнение, описывающее зависимость скорости звука в воде  $S$  (м/с) от её температуры  $T$  (°C) в виде полинома шестой степени с постоянными коэффициентами, имеющими соответствующие размерности. Это уравнение получено путём обработки результатов измерений методом наименьших квадратов и применимо для дистиллированной воды в интервале температур 0-100 °C при атмосферном давлении  $P_{AT}$ :

$$S(T) = 1402,385 + 504,15(T/100) - 590,038(T/100)^2 + 375,384(T/100)^3 - 227,601(T/100)^4 - \\ - 102,635(T/100)^5 - 23,925(T/100)^6. \quad (1)$$

Подобным образом получено и выражение для скорости звука в воде озера Байкал с низкой солёностью на глубине  $H$ , м, приведённое в [10]:

$$S(T, H) = 1402,39 + 4,99T - 0,005T^2 + 0,0539H. \quad (2)$$

Принцип чёрного ящика использован при получении нескольких эмпирических формул для вычисления скорости звука в морской воде. Для сбора океанографических данных путём машинной обработки гидрологической информации была получена формула Вильсона [11], справедливая при температуре морской воды от - 4 до + 30 °C, давлении (гидростатическом)  $P$  от 0,1 до 100 МПа и солёности  $C$  от 0 до 37 ‰:

$$S(T, P, C) = 1449,14 + S_T + S_P + S_C + S_{TPC}; \quad S_C = 1,39799(C - 35) + 1,69202 \cdot 10^{-3}(C - 35)^2; \\ S_T = 4,5721T - 4,4532 \cdot 10^{-2}T^2 - 2,6045 \cdot 10^{-4}T^3 + 7,9885 \cdot 10^{-6}T^4; \\ S_P = 1,63432P + 1,06768 \cdot 10^{-3}P^2 + 3,73403 \cdot 10^{-6}P^3 - 3,6332 \cdot 10^{-8}P^4; \\ S_{TPC} = (C - 35)(-1,1244 \cdot 10^{-2}T + 7,7711 \cdot 10^{-7}T^2 + 7,85344 \cdot 10^{-4}P - 1,3458 \cdot 10^{-5}P^2 + \\ + 3,2203 \cdot 10^{-7}PT + 1,6101 \cdot 10^{-8}T^2P) + P(-1,8974 \cdot 10^{-3}T + 7,6287 \cdot 10^{-5}T^2 + 4,6176 \cdot 10^{-7}T^3) + \\ + P^2(-2,6301 \cdot 10^{-5}T + 1,9302 \cdot 10^{-7}T^2) + P^3(-2,0831 \cdot 10^{-7}T). \quad (3)$$

Более простая формула Вуда имеет вид:

$$S(T, C, H) = 1450 + 4,206T - 0,0366T^2 + 1,137(C - 35) + 0,0175H. \quad (4)$$

Для навигации при температуре морской воды от 0 до 20 °C и глубине менее 8 км применяется формула Лероя:

$$S(T, C, H) = 1492,9 + 3(T - 10) - 0,006(T - 10)^2 - 0,004(T - 18)^2 + 1,2(C - 35) - 0,01(T - 18)(C - 35) + H/61. \quad (5)$$

В гидрографии для малых глубин применяется формула Дель-Гроссо:

$$S(T, C, H) = 1448,6 + 4,618T - 0,0523T^2 + 23 \cdot 10^{-5}T^3 + 1,25(C - 35) - 0,011(C - 35)T + 27 \cdot 10^{-9}(C - 35)T^4 - 2 \cdot 10^{-7}(C - 35)^4(1 + 0,577T - 0,0072T^2) + 0,0875H. \quad (6)$$

В справочнике [6] указывается скорость звука  $S(T_K)$  для 12 наименований чистых жидкостей и масел при температуре  $T_K$ , близкой к 20 °С. Отмечается, что скорость звука в жидкостях, за исключением воды, уменьшается с повышением температуры и приводится формула для её подсчёта:

$$S(T) = S(T_K) + K_T(T - T_K), \quad (7)$$

где  $K_T$  – термокоэффициент скорости звука, для анилина, ацетона, глицерина, ртути, бензола, керосина, воды, метилового и этилового спирта равный соответственно - 4,6; - 5,5; - 1,8; - 0,46; - 5,2; - 2,2; 2,5; - 3,3; - 3,6 м/(с·К).

По форме представления имитационная ММ является примером алгоритмической ММ, поскольку связь в ней между входными и выходными параметрами ТО удаётся описать в виде алгоритма, пригодного для реализации в виде ЭВМ-программы.

Если связь между параметрами ТО можно выразить в аналитической форме, то говорят об аналитических ММ [5]. В последнее время аналитические ММ стали широко применяться при расчёте таблиц скорости звука в дистиллированной воде [1]. Дело в том, что переход промышленности всех стран на выполнение технических расчётов с помощью ЭВМ обусловил необходимость представления данных о теплофизических свойствах воды в удобном для этих целей виде. Наиболее приемлемым решением этой задачи явилось создание системы специальных уравнений IAPWS-IF [1], в которых для описания теплофизических свойств с необходимой для технического расчёта точностью используются типы функциональных зависимостей и независимые переменные, удобные для решения такого рода задач.

Разработка, аттестация и регулярный пересмотр этих уравнений, предназначенных для применения в промышленности, проводятся Международной ассоциацией по свойствам воды и водяного пара (МАСВП), членами которой являются все промышленные страны. Данные о теплофизических свойствах воды и водяного пара, вычисляемые по принятым МАСВП уравнениям, являются, по существу, международным промышленным стандартом, который должен применяться во всех видах технических расчётов, включая контрактные.

Международная система уравнений IAPWS-IF97 1997 г. введена в действие для промышленных расчётов с января 1999 г. Она содержит пять основных и группу дополнительных уравнений. Основные уравнения базируются на фундаментальных уравнениях для удельной энергии Гиббса и Гельмгольца. Такая сложная аналитическая ММ для получения таблиц в области параметров до температуры 1000 °С и давления 100 МПа исследуется путём проведения вычислительного эксперимента с разработкой алгоритма, который реализуется в виде ЭВМ-программы. Таким образом, модель IAPWS-IF97 включает в себя признаки аналитической и алгоритмической ММ.

По способу получения ММ делят на теоретические и эмпирические. Первые получают в результате изучения свойств ТО и протекающих в нём процессов, а вторые являются итогом обработки результатов наблюдения внешних проявлений этих свойств и процессов. При построении теоретических ММ стремятся использовать известные фундаментальные законы сохранения. Кроме того, привлекают определяющие

соотношения, в роли которых могут выступать феноменологические законы. Поэтому описанная выше модель IAPWS-IF97 содержит также признаки теоретической ММ.

К теоретическим ММ скорости звука в жидкостях можно отнести и определяющие соотношения в частных производных, использующиеся при расчётах и измерениях в термодинамике [4]:

$$S = [(\partial P / \partial \rho)_s]^{0.5} = [-v^2(\partial P / \partial v)_s]^{0.5} = (v/\beta_s)^{0.5}; \quad \beta_s = (1/v) (\partial v / \partial P)_s, \quad (8)$$

где  $\rho$ ,  $P$ ,  $v$ ,  $s$ ,  $\beta_s$  – соответственно плотность, давление (абсолютное), удельный объём, постоянная энтропия и адиабатическая сжимаемость жидкости.

Для расчета скорости звука в однородных жидкостях применяются также формулы из механики [6, 7]:

$$S = (dP/d\rho)^{0.5}; \quad S = (\beta_s \rho)^{-0.5}; \quad S = (K/\rho)^{0.5} = (\gamma \rho)^{-0.5}; \quad K = 1/\gamma, \quad (9)$$

где  $K$  и  $\gamma$  – модуль всестороннего сжатия и коэффициент сжимаемости жидкости.

Один из способов построения эмпирических ММ заключается в проведении экспериментальных исследований с измерением фазовых переменных ТО и в последующем обобщении результатов этих измерений в алгоритмической форме или в виде аналитических зависимостей. Поэтому эмпирическая ММ по форме представления может содержать признаки алгоритмической и аналитической ММ. Значительным вкладом в построение эмпирических ММ скорости звука в воде являются экспериментальные исследования [3]. На базе этой работы была построена [8] эмпирическая двухпараметрическая кусочно-линейная ММ скорости звука в воде в широких диапазонах температуры  $T$  и давления (абсолютного)  $P$  в виде:

$$S(T, P) = S_y + K_T(T_y, P_y)\Delta T + K_P(T_y, P_y)\Delta P, \quad (10)$$

где  $S_y$  – значение скорости звука в узле интерполяции  $(T_y, P_y)$ ;

$\Delta T, \Delta P$  – отклонения текущих значений  $T$  и  $P$  от значений  $T_y$  и  $P_y$ ;

$K_T(T_y, P_y), K_P(T_y, P_y)$  – нелинейные термокоэффициент и барокоэффициент скорости звука, являющиеся функциями  $T_y$  и  $P_y$ .

А на базе [8] были разработаны [9] подробная настроечная таблица для ультразвуковых расходомеров и ММ скорости звука в воде при температуре 100-150 °С и избыточном давлении  $P_{И}$  0,4-1,9 МПа:

$$S(T, P_{И}) = S(T, P_{И} = 0,4) + K_P(T)\Delta P_{И}; \quad \Delta P_{И} = P_{И} - 0,4. \quad (11)$$

В статье [10] предложена и обоснована в общем виде эмпирическая линейризованная ММ скорости звука в жидкости сложного состава в виде уравнения:

$$S(T, P, Q, N, I) = S_0 + K_T\Delta T + K_P\Delta P + K_Q\Delta Q + K_N\Delta N + K_I\Delta I, \quad (12)$$

где  $S_0$  – значение скорости звука в центре  $(T_0, P_0, Q_0, N_0, I_0)$  области изменения параметров  $T, P$ , технологического параметра  $I$ , концентраций  $Q$  первой и  $N$  второй примесей;

$\Delta T, \Delta P, \Delta Q, \Delta N, \Delta I$  – соответствующие отклонения этих параметров от значений  $T_0, P_0, Q_0, N_0, I_0$ .

$K_Q, K_N, K_I$  – коэффициенты передачи скорости звука по параметрам  $Q, N$  и  $I$ .

Эмпирическими являются и ММ, приведённые выше в виде уравнений (1-7). А выражения (1-7, 10-12) являются одновременно и имитационными ММ.

Одной из характерных особенностей функциональной ММ является наличие или отсутствие среди её параметров случайных величин. При наличии таких величин ММ называют стохастической, а при отсутствии – детерминированной.

Далеко не все параметры реальных ТО, для которых разрабатываются ММ скорости звука, можно характеризовать вполне определёнными значениями. Поэтому такие ММ, строго говоря, следует отнести к стохастическим. Однако из-за трудности или нецелесообразности определения и использования вероятностных характеристик случайных величин окончательные уравнения ММ скорости звука обычно содержат детерминированные величины.

Существенным признаком классификации ММ является их возможность оценивать изменение параметров ТО во времени. В описанных выше ММ скорости звука не учитывается изменение во времени параметров ТО, не отражается влияние инерционных свойств ТО. Поэтому они являются статическими. Однако если их применять для ТО, изменение параметров которого происходит столь медленно, что в рассматриваемый фиксированный момент времени этим изменением можно пренебречь, то ММ ТО следует считать квазистатической.

Стационарные ММ описывают ТО, в которых протекают установившиеся процессы, в которых интересующие нас выходные параметры постоянны во времени. Если же интересующие нас выходные параметры ТО изменяются медленно и в рассматриваемый фиксированный момент времени таким изменением можно пренебречь, то говорят о квазистационарной ММ. Из сказанного следует, что в зависимости от характера и диапазона изменения выходного  $S$  и входных  $T, P, C, H, Q, N, I$  параметров, ММ скорости звука можно считать стационарными или квазистационарными.

Важным свойством ММ является её линейность. В линейной ММ параметры ТО связаны линейными соотношениями и ММ обладает свойством суперпозиции. Если ММ не обладает этим свойством, то её называют нелинейной. Для количественного анализа линейных ММ разработано много математических методов в различных технических дисциплинах, тогда как возможности анализа нелинейных ММ связаны в основном с методами вычислительной математики. Чтобы для исследования нелинейной ММ ТО можно было использовать аналитические методы, её надо линеаризовать, то есть нелинейные соотношения между параметрами ТО заменить приближёнными линейными.

Анализ публикаций о скорости звука в жидкостях также показывает, что рассматриваемые в них ММ при изменении их параметров в широком диапазоне являются нелинейными. К таким ММ относятся соотношения (1-6, 10, 11). К линеаризованным ММ относятся соотношения (7, 12). Необходимо отметить, что в приведённых ММ наибольшую нелинейность проявляет температурная зависимость или составляющая  $S(T)$  скорости звука в дистиллированной и морской воде. А зависимости скорости звука  $S$  от давления  $P$ , глубины  $H$  и солёности  $C$  вполне могут быть линеаризованы. Поэтому при изменении температуры в небольшом диапазоне или при её постоянстве соотношения (1-6, 10, 11) можно преобразовать в линейные или линеаризованные.

В отличие от [1], таблицы интересной работы [2], уточняющей и вышедшей взамен ГСССД 117-88, составлены на основе уравнения, полученного в результате статистической обработки массива имеющихся в литературе экспериментальных данных. Основу этого массива составляют значения скорости звука, измеренные с помощью рабочего эталона нулевого разряда УВТ-90-А-96. Данный эталон воспроизводит единицы скорости звука в дистиллированной воде в диапазоне температуры 0-40 °С и избыточного давления 0-60 МПа. Как видно из этого краткого описания, в работе [2] получена и исследована имитационная эмпирическая статическая нелинейная ММ зависимости  $S(T, P)$  в заявленных диапазонах 0-100 °С и 0,101325-100 МПа.

Каждый параметр ТО может быть двух типов – непрерывно изменяющимся в некотором промежутке своих значений или принимающим только дискретные значения. Все представленные выше ММ скорости звука являются непрерывными.

Среди функциональных ММ иерархические уровни отражают степень детализации описания процессов, протекающих в ТО, его блоках или элементах. С этой точки зрения выделяют [5] три основных уровня: микро-, макро- и метауровень. ММ микроуровня

описывают процессы в системах с распределёнными параметрами, а ММ макроуровня – в системах с сосредоточенными параметрами. В первых из них фазовые переменные могут зависеть как от времени, так и от пространственных координат, а во вторых – только от времени. При большом числе фазовых переменных трудно выделить существенные характеристики ТО и особенности его поведения. В этом случае путём объединения и укрупнения элементов сложных ТО уменьшают число фазовых переменных за счёт исключения из рассмотрения внутренних параметров элементов, ограничиваясь лишь описанием взаимных связей между укрупнёнными элементами. Такой подход характерен для ММ метауровня, который относят к высшему уровню иерархии. ММ микро- и макроуровня относят соответственно к низшему и среднему уровням.

ММ скорости звука создаются для определения физического свойства жидкости как частицы вещества в небольшом, локальном объёме с однородными свойствами и, следовательно, одинаковыми параметрами  $S, T, P, C, H, Q, N, I$ . Исходя из сказанного, ММ скорости звука относятся к моделям макроуровня, и к ним неприменимы понятия одномерная и многомерная.

Чем больше число параметров, учитываемых в имитационной ММ, тем выше её функциональные возможности, точность и алгоритмическая сложность. Поэтому это число является довольно важной характеристикой, по которой могут классифицироваться имитационные ММ скорости звука в жидкостях. Однопараметрическими в основном являются те имитационные ММ, в которых раскрывается наиболее значимая температурная зависимость  $S(T)$ . К ним относятся модели типа (1, 7).

Двухпараметрическими в основном являются те имитационные ММ, где раскрываются зависимости  $S(T, P), S(T, H)$  скорости звука от температуры и давления (или глубины) жидкости. Двухпараметрическими являются все ММ скорости звука для дистиллированной воды (2, 10, 11), так как скорость звука в ней зависит только от её двух параметров: температуры и давления [4, 10].

Трёхпараметрическими в основном являются ММ для морской воды (3-6), так как скорость звука в ней зависит только от её трёх параметров: температуры, давления (или глубины) и солёности. Примером имитационной ММ скорости звука с ещё большим числом параметров является уравнение (12) для жидкости сложного состава.

В отличие от морской воды, вода нормальная (деаэрированная, дистиллированная) применяется в промышленных энергетических установках с температурой до 1000 °С [1]. В связи с этим разработаны разнообразные ММ скорости звука в воде для различных диапазонов её температуры  $T$  и давления  $P$ . Границами этих диапазонов зачастую являются температура кипения 100 °С и атмосферное давление  $P_{AT} = 0,101325$  МПа.

По охватываемой области параметров  $T$  и  $P$  существующие ММ скорости звука в нормальной воде можно подразделить на следующие виды: 1)  $T < 100$  °С,  $P = P_{AT}$  [4, 6]; 2)  $T \geq 100$  °С,  $P > P_{AT}$  [9]; 3)  $T \leq 100$  °С,  $P \geq P_{AT}$  [2]; 4) в широких пределах температуры и давления, включающих температуру кипения и атмосферное давление [3, 7, 9]. ММ скорости звука в морской воде и в воде пресных водоёмов можно условно отнести к третьему виду, так как для них  $-4 \leq T \leq 30$  °С и  $P_{AT} \leq P \leq 100$  МПа [11].

## Выводы

1. Все рассмотренные ММ представляют собой функциональные непрерывные статические модели макроуровня и учитывают зависимость скорости звука от температуры жидкости. Данные модели при изменении их параметров в широком диапазоне являются нелинейными. По остальным признакам классификации математические модели скорости звука проявляют различия и особенности.

2. Наиболее развитыми и сложными являются ММ скорости звука в морской и дистиллированной воде. Предложены дополнительные признаки их классификации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Александров А. А., Григорьев Б. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. Рек. гос. службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98. – М.: МЭИ. 2006. – 168 с.
- [2] Александров А. А. и др. Таблицы стандартных справочных данных. Вода. Скорость звука при температурах от 0 до 100 °С и давлениях от 0,101325 до 100 МПа. ГСССД 190-2000. – 12 с. (депонированная рукопись).
- [3] Александров А. А., Ларкин Д. К. Экспериментальное определение скорости ультразвука в воде в широком диапазоне температур и давлений // Теплоэнергетика. – М.: «Энергия». - № 2. - 1976. - С. 75–78.
- [4] Александров А. А., Трахтенгерц М. С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 100 с.
- [5] Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 496 с.
- [6] Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике. - М.: Наука, 1988. – 256 с.
- [7] Сивухин Д. В. Механика. – М.: Наука, 1989. – 576 с.
- [8] Чернов Б. А., Чернова Н. Б. Математическая модель скорости звука в воде // Вестник АУЭС. – Алматы: НАО «АУЭС». – № 1 (36). - 2017. - С. 29–36.
- [9] Чернов Б. А., Чернова Н. Б. Настройка ультразвуковых расходомеров на подающих трубопроводах источников тепла // Вестник АУЭС. – Алматы: НАО «АУЭС». – № 1 (36). - 2017. - С. 37–43.
- [10] Чернов Б. А., Чернова Н. Б. Получение информации о скорости звука в контролируемой среде при наладке ультразвуковых расходомеров // Вестник АУЭС. – Алматы: НАО «АУЭС». – № 4 (35). - 2016. - С. 39–44.
- [11] Wilson W. D. Equation for the speed of sound in sea water // J. Acoust. Soc. Amer., vol. 32. - № 10. - 1960. - 1357 p. (англ.).

## REFERENCES

- [1] Aleksandrov A. A., Grigoriev B. A. Tables of the thermophysical properties of water and steam: Reference book of National Standard Reference Data Service. NSRDS R-776-98. M.: Publishing house MEI. 2006. 168 p. (in russ.).
- [2] Aleksandrov A. A. and other. Tables of the standard reference data. Water. Acoustic speed at a temperature of 0 to 100 °C and at a pressure of 0.101325 to 100 MPa. NSRDS 190-2000. 12 p. (in russ.).
- [3] Aleksandrov A. A., Larkin D. K. The experimental determination of ultrasonic velocity in water over a wide range of temperature and pressure. Heat power engineering. 1976. № 2. 75- 78. (in russ.).
- [4] Aleksandrov A. A., Trahtengerts M. S. Thermophysical properties of water at an atmospheric pressure. M.: Standards Publishing House, 1997. 100 p. (in russ.).
- [5] Zarubin V. S. Mathematical modeling in engineering. M.: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2001. 496 p. (in russ.).
- [6] Koshkin N. I., Shirkevich M. G. Handbook of Elementary Physics. M.: Nauka, 1988. 256 p. (in russ.).
- [7] Sivukhin D.V. Mechanics: Manual for graduate students. M.: Nauka, 1989. 576 p. (in russ.).
- [8] Chernov B. A., Chernova N. B. The mathematical model of acoustic speed in water. Bulletin of Almaty University of Power Engineering and Telecommunications. 2017. № 1(36). 29-36. (in russ.).

[9] Chernov B. A., Chernova N. B. Adjustment of ultrasonic flowmeters on the supply pipelines of heat sources. Bulletin of Almaty University of Power Engineering and Telecommunications. 2017. № 1(36). 37-43. (in russ.).

[10] Chernov B. A., Chernova N. B. Obtaining information about the speed of sound in a controlled environment during the setup of ultrasonic flowmeters. Bulletin of Almaty University of Power Engineering and Telecommunications 2016. № 4. 39-44. (in russ.).

[11] Wilson W. D. Equation for the speed of sound in sea water. J. Acoust. Soc. Amer., 1960, vol. 32, № 10, p. 1357.

## СҰЙЫҚТЫҚТАРДАҒЫ ДЫБЫС ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ

Б. А. Чернов<sup>1</sup>, Н. Б. Чернова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Инженерлік тәжірибеде қабылданған математикалық модель (ММ) түсінігі келтіріледі. Математикалық модельдеуде ММ негізгі қасиеттері мен оған қойылатын талаптарға, сонымен бірге ММ классификациясына көңіл бөлінетіні айтылған. ММ типтендіру мен классификациялау негізінде әртүрлі ерекшеліктері мен белгілері жатыр.

Қазіргі уақытта математикалық модельдеу мен ММ құрастыру көмегімен алынған сұйықтықтардағы дыбыс жылдамдығы туралы әртүрлі ақпарат бар. Берілген ақпарат ғылыми зерттеулерде, дыбыстық және ультрадыбыстық локация мен диагностикада, ультрадыбысты шығын өлшеуіштерін баптауда қолданылады.

Сұйықтықтардағы дыбыс жылдамдығының нақты ММ классификация мен ерекшеліктерінің танымал белгілерін салыстыру арқылы барлық ММ макродеңгейдің үздіксіз функционалды моделі көрсетіліп, сұйықтық температурасына дыбыс жылдамдығының тәуелділігін міндетті екендігі ескеріледі. Қарастырылған ММ кең диапазонында оның параметрлері өзгерген кезде бейсызықты болып табылады. Классификациялаудың басқа белгілері бойынша дыбыс жылдамдығының түрлі ерекшеліктері бар. Теңіз бен дистилденген суда дыбыс жылдамдығының ММ классификациясының қосымша параметрлері ұсынылды.

**Кілттік сөздер:** дыбыс жылдамдығы, сұйықтық, дистилденген және теңіз суы, математикалық модель, классификация.

## THE MATHEMATICAL MODELS OF ACOUSTIC SPEED IN LIQUIDS

B. A. Chernov<sup>1</sup>, N. B. Chernova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The concept of mathematical model (MM), adopted in engineering practice, is given. It is noted that in mathematical simulation an attention is paid to the fundamental properties of MMs and to the requirements for them, as well as to the classification of MMs. In turn, the typification and classification of MMs are based on their various features and attributes.

Currently, there is a lot of various information about acoustic speed in liquids, obtained by mathematical simulation and development of MM. This information is necessary at performance of some works: scientific researches, sonic and ultrasonic location and diagnostics, adjustment of ultrasonic flowmeters.

By comparing of known characteristics of classification and features of specific MM of acoustic speed in liquids, it is shown that all MMs are functional continuous models of the macro level and that they necessarily take into account the dependence of acoustic speed on the temperature of liquid. The considered MMs with a change in their parameters over a wide range are nonlinear. When considering other characteristics of the classification, MMs of acoustic speed have differences and special features. Additional characteristics of MMs classification of acoustic speed in marine and distilled water are proposed.

**Key words:** acoustic speed, liquid, marine and distilled water, mathematical model, classification.

МРНТИ 27.41.19

А. Б. Аруова<sup>1</sup>, Е. А. Акжигитов<sup>1</sup>, М. Ш. Тилепиев<sup>1</sup>, П. Б. Бейсебай<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

**О ПРИБЛИЖЕННОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ  
КРАЕВЫХ ЗАДАЧ В СЛОЖНОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Для приближенного решения задач математического анализа, дифференциальных и интегральных уравнений, граничных задач математической физики применяются численные методы. Важным направлением представляются исследования решений краевых задач в сложных расчетных областях. Естественный подход к решению этого вопроса дает использование идей функционального анализа. В работе рассматривается приближенное решение линейных краевых задач второго порядка с переменными коэффициентами в нестандартных областях. Найдено условие, улучшающее скорость сходимости полученного приближенного решения к точному решению исходной задачи. Используя теоремы вложения и теоремы о продолжении [5], решение краевых задач сводится к минимизации функционала. В нестандартных областях при приближенном решении краевых задач часто используется метод фиктивных областей. В работе использованы результаты работы [3]. Предложенная методика решения способствует дальнейшему развитию применения вариационных методов к вычислительной математике. Разработанные алгоритмы могут быть применены для многих прикладных задач, например, для численной реализации уравнений аэрогидродинамики, газовой динамики, задач теории упругости и др.

**Ключевые слова:** краевая задача, функционал, вариационный метод, линейность.

Рассмотрим непрерывную модель на простейшей задаче. Пусть  $\Omega$  - ограниченная область с гладкой границей  $\partial\Omega$ .

Рассмотрим задачу

$$\begin{aligned} Lu = -\Delta u + u + q(x)u &= f(x) \\ u|_{\partial\Omega} &= 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь  $q(x)$  - достаточно гладкая функция,  $\partial\Omega$  - граница области  $\Omega$ , где  $\Omega \subset R^2$ ,  $x = (x_1, x_2)$ . Предположим, что данная задача однозначно разрешима в  $L_2(\Omega)$ . Оператор, соответствующий задаче (1), обозначим через  $L$ .

Пусть  $Q$  - некоторая область типа квадрата или круга из  $R^2$ , содержащая  $\Omega$ , где задача

$$Au = -\Delta u + u = v \tag{2}$$

с некоторыми краевыми условиями разрешима, при этом функция Грина выписывается явным образом.

Решение задачи (1) будем искать в виде

$$U = A^{-1}v.$$

Тогда вместо (1) будем иметь

$$\begin{aligned} v + q(x)A^{-1}v - f &= 0 \\ A^{-1}v|_{\partial\Omega} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Продолжим  $q(x)$  и  $f(x)$  на  $Q$  периодическими функциями:

$$v + q(x)A^{-1}v = Mv.$$

и перепишем (1') следующим образом:

$$\begin{aligned} Mv - f &= 0, \text{ в } Q, \\ A^{-1}v|_{\partial\Omega} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Введем функционал

$$J(v) = \|\chi(Mv - f)\|^2 + \int_{\partial\Omega} |A^{-1}v|^2 ds,$$

где  $ds$  - элемент поверхности  $\partial\Omega$ ,  $\chi(x) = \begin{cases} 1, x \in \Omega \\ 0, x \in Q/\Omega \end{cases}$ .

На решении (3) функционал обращается в ноль. Преобразуем криволинейный интеграл:

$$\begin{aligned} \int_{\partial\Omega} |A^{-1}v|^2 ds &= \int_{\partial\Omega} \left( \int_Q G(x, \eta)v(\eta) d\eta \int_Q G(x, y)v(y) dy \right) ds(x) = \\ &= \int_Q \int_Q \left[ \int_{\partial\Omega} G(x, \eta)G(x, y) ds(x) \right] v(\eta)v(y) dy d\eta = \langle M_1 v, v \rangle. \end{aligned}$$

$G(x, y)$  - функция Грина задачи (3) с периодическими краевыми условиями, оператор  $M_1$  - интегральный, неотрицательный и самосопряженный оператор.

Теперь функционал  $J(v)$  можно записать в виде:

$$J(v) = \|\chi(Mv - f)\|_{L_2(Q)}^2 + \langle M_1 v, v \rangle_{L_2(Q)}. \quad (4)$$

Считая, что  $v$  зависит от параметра  $t$ , продифференцируем  $J$  по  $t$ :

$$J_t(v) = 2 \cdot \langle M * \chi(Mv - f), v_t \rangle_{L_2(Q)} + 2 \langle M_1 v, v \rangle.$$

Возьмем  $v$  из уравнения:

$$\begin{aligned} v_t &= -2[M * \chi(Mv - f) + M_1 v]. \\ v|_{t=0} &= v_0. \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда имеем

$$J_t(v) = -\|v(t)\|^2 = -4\|M * \chi(Mv - f) + M_1 v\|^2. \quad (6)$$

Для того, чтобы оценить  $J(v)$  и  $v$ , мы будем оценивать снизу  $v_t$ . Пусть  $g$  является решением задачи

$$\begin{aligned} Mg &= Mv - f, \quad \text{в } \Omega \\ A^{-1}g|_{\partial\Omega} &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

и решение этой задачи существует.

Действительно, обозначим  $A^{-1}g = u$ . Тогда получим уравнение

$$\begin{aligned} -\Delta u + u + q(x)u &= -Mv - f, \\ u|_{\partial\Omega} &= 0. \end{aligned}$$

Уравнение имеет решение  $u$ , которое допускает продолжение  $|u \in D(A)$ , для которого

$$\|Au\|_{L_2(Q)} \leq c\|Mv - f\|_{L_2(\Omega)}. \quad (8)$$

Это хорошо известный факт для задачи Дирихле, который приведен в [2]. Отсюда для  $g$  вытекает оценка

$$\|g\|_{L_2(Q)} \leq c\|Mv - f\|_{L_2(\Omega)}. \quad (9)$$

Умножим (5) скалярно на  $g$ :

$$\langle v_t, g \rangle = -2\langle M * \chi(Mv - f) + M_1v, g \rangle = -2\langle M * \chi(Mv - f), Mg \rangle - 2\langle M_1v, g \rangle.$$

В силу граничного условия  $A^{-1}g=0$  на  $\partial\Omega$  член  $2\langle M_1v, g \rangle = -2\langle v, M_1g \rangle$  (т. к.  $M_1$  - самосопряженный оператор) обращается в ноль, а первый член возможно вычислить в силу уравнения (7). Тогда с учетом (8) и, используя неравенство Коши, получим

$$\begin{aligned} 2\|\chi(Mv - f)\|^2 &= -2\langle v_t, g \rangle \\ \langle v_t, g \rangle &\leq \|v_t\| \|g\|_{L_2(\Omega)} \leq c\|v_t\| \|\chi(Mv - f)\|_{L_2(\Omega)}. \end{aligned}$$

Поэтому

$$\|\chi(Mv - f)\| \leq c\|v_t\|. \quad (10)$$

Умножим (7) скалярно на  $v$ :

$$(\|v\|^2 / 2)' = -2\langle M * \chi(Mv - f), v \rangle - 2\langle M_1v, v \rangle = -2j - 2\langle \chi(Mv - f), f \rangle.$$

Интегрируя неравенство по  $t$  и, используя неравенство Коши, получим:

$$(\|v\|^2 / 2)(t) + 2\int_0^t J(v)dt = -2\int_0^t \langle \chi(Mv - f), f \rangle dt + (\|v\|^2 / 2)(0) \leq.$$

$$\leq 2\left(\int_0^t \|\chi(Mv - f)\|^2 dt\right)^{1/2} \|f\| \sqrt{t} + (\|v\|^2 / 2)(o).$$

Из последнего неравенства и из (9) следует, что

$$\|v\|^2 / 2 + 2 \int_0^t J(v) dt \leq c_1 \sqrt{t} + c_2. \quad (11)$$

Из (11) вытекает, что

$$J(v) \leq c_3 \frac{1}{\sqrt{t+1}}, t \geq 0. \quad (12)$$

Действительно, если (12) не выполнено, то для любого  $N = 1, 2, 3, \dots$  найдется  $t_N$  такое, что

$$J(v)(t_N) \leq N \frac{1}{\sqrt{t_N+1}}, t_N \rightarrow \infty.$$

Так как  $J$  по  $t$  монотонно не возрастает, то из (11) следует

$$c_1 \sqrt{t_N} + c_2 \geq \int_0^{t_N} J(v)(t) dt \geq N \frac{1}{\sqrt{t_N}} \int_0^{t_N} dt = N \sqrt{t_N}.$$

Это неравенство противоречиво, так как  $N, \sqrt{t_N} \rightarrow \infty$ . Поэтому (12) доказано.

Из (12) для решения  $u$  исходной задачи (1) имеем:

$$\|-\Delta u^{(t)} + q(x)u^{(t)} - f\|_{L_2(Q)}^2 + \int_{\partial\Omega} |u^{(t)}(x)|^2 ds(x) \leq c_3 (\sqrt{t} + 1)^{-1}, \quad (13)$$

здесь  $u^{(t)} = A^{-1}v(t)$ , где  $v(t)$  решение (5). Из (13) следует:

$$\begin{aligned} -\Delta(u - u^{(t)}) + q(x)(u - u^{(t)}) &= g^{(t)} \\ (u - u^{(t)})|_{\partial\Omega} &= r^{(t)}. \end{aligned} \quad (14)$$

Решение (1) и  $g^{(t)}, r^{(t)}$  удовлетворяют неравенству

$$\|g^{(t)}\|_{L_2(Q)}^2 + \int_{\partial\Omega} |r^{(t)}|^2 ds(x) \leq c_3 (\sqrt{t} + 1)^{-1}.$$

Для решения  $u - u^{(t)}$  задачи (14) справедлива оценка

$$\|u - u^{(t)}\|_{W^{1/2}_2 L_2(Q)} \leq c \left[ \|g^{(t)}\|_{L_2(Q)} \right] + \sqrt{\int_{\partial\Omega} |r^{(t)}|^2 ds(x)}. \quad (15)$$

Последнее неравенство следует из точных теорем для граничных эллиптических задач ([2]).

Поэтому (15) и оценка для  $g^{(t)}$  и  $r^{(t)}$  приводит нас к неравенству

$$\|u - u^{(t)}\|_{W^{1/2}(\Omega)} \leq c_4 \frac{1}{\sqrt{t} + 1}. \quad (16)$$

Таким образом, имеет место следующая теорема.

**Теорема.** Пусть задача (1) однозначно разрешима в пространстве  $L_2(\Omega)$  и выполняется теорема о продолжении решений с сохранением класса гладкости, тогда функция  $u^{(t)} = A^{-1}v, v(t)$  при  $t \rightarrow \infty$  сходится к решению задачи (1) и выполняется оценка:

$$\|u - u^{(t)}\|_{W_2^{1/2}}^2 \leq c_4 \frac{1}{\sqrt{t} + 1},$$

где  $v(t)$  - решение уравнения:

$$v_t = -2[M * \chi(Mv - f) + M_1 v].$$

**Замечание.** Если вместо задачи Дирихле (1) предложенным методом будем строить приближенное решение задачи Неймана

$$\begin{aligned} -\Delta u + q(x)u &= f(x) \\ \frac{\partial u}{\partial m} \Big|_{\partial\Omega} &= 0, \end{aligned}$$

где  $\frac{\partial u}{\partial m} \Big|_{\partial\Omega} = 0$  - производная по направлению нормали. Тогда мы достигнем более хорошей оценки, а именно вместо (16) получим

$$\|u - u^{(t)}\|_{W_2^{3/2}(\Omega)}^2 \leq c_4 \frac{1}{\sqrt{t} + 1}.$$

Это связано с использованными точными теоремами для эллиптических задач, которые в данном случае вместо (16) дают оценку

$$\|u - u^{(t)}\|_{W_2^{3/2}(\Omega)}^2 \leq c \left( \|g^{(t)}\|_{L_2(\Omega)} + \sqrt{\int_{\partial\Omega} |r^{(t)}|^2 ds(x)} \right).$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Жумагулов Б. Т., Аруова А. Б. О приближенном методе решения линейных краевых задач в нестандартных областях // Материалы III традиционной казахстанско-русской научно-практ. конф. - Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2000. – С. 98-101.
- [2] Кузнецов Ю. А. Вычислительные методы в подпространствах // Вычислительные процессы и системы. Вып. 2. - М.: Наука, 1985. – С. 265-350.
- [3] Мухамбетжанов А. Т., Отелбаев М. О., Смагулов Ш. С. Об одном методе фиктивной области для нелинейных краевых задач // Вычислительные технологии. Т. 3. – Новосибирск: ИВТ СО РАН. - № 4. - 1998. – С. 41-64.
- [4] Отелбаев М. О., Аруова А. Б., Кожакметов С. Т. Линейная задача в области // Тезисы Междунар. научно-техн. конф. – Актау: АГУ им. Ш. Есенова, 1996. - С. 115-117.
- [5] Соболев С. Л. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. - М.: Наука, 1988. - 336 с.

## REFERENCES

- [1] Zhumagulov B. T., Aruova A. B. Approximate method for solving linear boundary value problems in nonstandard domains. Materials of the 3rd traditional Kazakh-Russian scientific and practical conference, Almaty, Al-Farabi KazNU, 2000, p. 98-101. (in russ.).
- [2] Kuznetsov Yu. A. Computational methods in subspaces. Computational processes and systems. M.: Science, 1984, Issue 2, p. 265-350. (in russ.).
- [3] Mukhambetzhano A. T., Otelbaev M. O., Smagulov Sh. S. About one method of fictitious domain for nonlinear boundary value problems. Computational technologies. Novosibirsk, ICT SD RSA, vol. 3, № 4, 1998, p. 41-64. (in russ.).
- [4] Otelbaev M. O., Aruova A. B., Kozhakhmetov S. Linear problem in the domain. Abstracts of the International Scientific and Technical Conference, Aktau, Sh. Esenov ASU, 1996, p. 115-117. (in russ.).
- [5] Sobolev S. L. Some applications of functional analysis in mathematical physics. Moscow: Science, 1988, 336 p. (in russ.).

## КҮРДЕЛІ АЙМАҚТА СЫЗЫҚТЫ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІ ЖУЫҚТАП ШЕШУ ӘДІСІ

Ә. Б. Аруова<sup>1</sup>, Е. Ә. Ақжігітов<sup>1</sup>, М. Ш. Тілепиев<sup>1</sup>, П. Б. Бейсебай<sup>1</sup>

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Математикалық талдаудың, дифференциалдық және интегралдық есептеулердің, математикалық физиканың шекаралық есептерін жуықтап шешу үшін сандық есептеу әдістері қолданылады. Күрделі облыстардағы шекаралық есептердің шешімін зерттеу маңызды бағыт болып табылады. Бұл есептің шешімін табудың нақты жолы функционалдық талдаудың әдістерін пайдалану болып табылады.

Бұл мақалада стандартты емес аймақта екінші ретті айнымалы коэффициентті сызықты шекаралық есептің жуық шешімі қарастырылады. Берілген есептің жуық шешімінің тура шешімге жинақталу жылдамдығын жақсартатын шарт табылды. Шекаралық есептерді енгізу және шешімді жалғастыру теоремаларын пайдаланып функционал минимумға келтіріледі. Стандартты емес аймақта шекаралық есептің жуық шешімін жалған облыстарда табу жиі қарастырылады. Бұл жұмыста [3] жұмыстың қорытындылары пайдаланылған. Ұсынылып отырған есепті шешу әдісі есептеу математикасында жаңа вариациялық әдісті пайдалануды әрі қарай жетілдіруге мүмкіндік жасайды. Жетілдірілген алгоритм көптеген қолданбалы есептерді шешуде, мысалы аэрогидродинамиканың, газдық динамиканың, серпімділік теориясының және т. б. есептерін шешуде қолданылады.

**Кілттік сөздер:** шекаралық есеп, функционал, вариациялық әдіс, сызықты есеп.

## APPROXIMATE METHODS FOR SOLVING LINEAR BOUNDARY VALUE PROBLEMS IN NONSTANDARD DOMAIN

A. B. Aruova<sup>1</sup>, E. A. Akzhigitov<sup>1</sup>, M. Sh. Tilepiev<sup>1</sup>, P. B. Beysebay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, Kazakhstan

**Abstract.** Numerical methods for the approximate solution of problems of mathematical analysis, differential and integral equations, boundary problems of mathematical physics are used. An important area is the study of solutions of boundary value problems in complex computational domains. A natural approach to solving this problem is the use of ideas of functional analysis. In the article an approximate solution of linear boundary value problems of second order with variable coefficients in nonstandard region is considered. A condition which improves the rate of convergence approximate solution to the exact solution of the original problem is obtained. Boundary value problem is reduced to minimization of the functional by using the embedding theorem and the theorem on the continuation of the solution. In non-standard domains an approximate solution of boundary value problems is solved by the method of fictitious domains. The results of work [3] are used in the article. The proposed methodology of solution contributes to the further development of the application of variational methods to computational mathematics. The developed algorithms can be applied for many applied problems, for example, for numerical realization of the equations of aero hydrodynamics, gas dynamics, problems of the theory of elasticity, etc.

**Key words.** boundary value problem, functional, variational method, linearity.

---

L. H. Mazhitova<sup>1</sup>, A. M. Salamatina<sup>1</sup>, G. E. Bedelbayeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh National research technical university after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

### SCIENTIFIC METHODS OF TEACHING PHYSICS AT TECHNICAL UNIVERSITIES

**Abstract.** The article deals with the scientific and methodological foundations of students' training on the example of the physics course. The technology of teaching discipline is presented in order to improve the quality of training. The training system is based on the professionalization of education in the context of strengthening the independent work of the students. It is known that in modern engineering education there is a contradiction between the existing high level of development of physical science and the use of its achievements in the educational process at higher technical school. In this regard, scientific and methodological bases of teaching this discipline were developed by Department of Physics in AUPET in order to improve the quality of training students while relying on the system of models both at the level of the future specialist activity and at the level of physics as a fundamental science.

**Key words:** quality improvement, activity model, training model, learning info environment.

One of the foundations of professional training of specialists majoring in the field of power engineering and telecommunications is physics, which ensures the formation of concepts about the modern world's natural scientific picture. It is a fundamental basis for studying general engineering and special disciplines, as well as developing modern techniques and new technologies. However, in modern engineering education there is a contradiction between the existing high level of development of physical science and the use of its achievements in the educational process at higher technical school.

In this regard, scientific and methodological bases of teaching this discipline were developed by Department of Physics in AUPET in order to improve the quality of training students while relying on the system of models both at the level of activity of the future specialist and at the level of physics as a fundamental science. In the first case, we can expect the professionalization of education, while in the other - to give the student a holistic view of the modern world's natural scientific picture. In the future, this will enable the students to find individual ways of acquiring knowledge by themselves, to move by educational steps. At this approach, the development of students' individual abilities through the process of education and self-education is the most important and fundamental part of their teaching.

The model of activities was developed and described in our research works in sufficient details [1]. In this case, we rely on it to identify training goals and objectives of the discipline and it has allowed us to determine the content and structure of training, as well as to identify types of education and organizational and methodological support for the educational process. Therefore, the use of information technology in teaching physics is a necessary condition for providing interactivity, computer visualization, modelling of studied processes and phenomena, i.e. for creating a certain info - environment for students' immersion not only in the process of knowledge of the physical world, but also for professionalizing the engineering education [2].

The general scheme of training specialists at the level of the discipline is represented in Figure 1, which reflects the relations between the main components of the training info environment, which includes the purposes and objectives of education, methodological complex of the discipline used by both teachers and students through the syllabus (permanently represented on the department's website), also methods, means and forms of education, as well as monitored results over time.

The analysis of links and content of training components in their interaction showed the weakest points in the process of training specialists in new conditions of increasing the volume

and strengthening the role of students' independent work. The main thing is that it is not sufficiently developed electronic and informational model of teaching, which is capable to adequately reflect the content of training within a specific discipline.

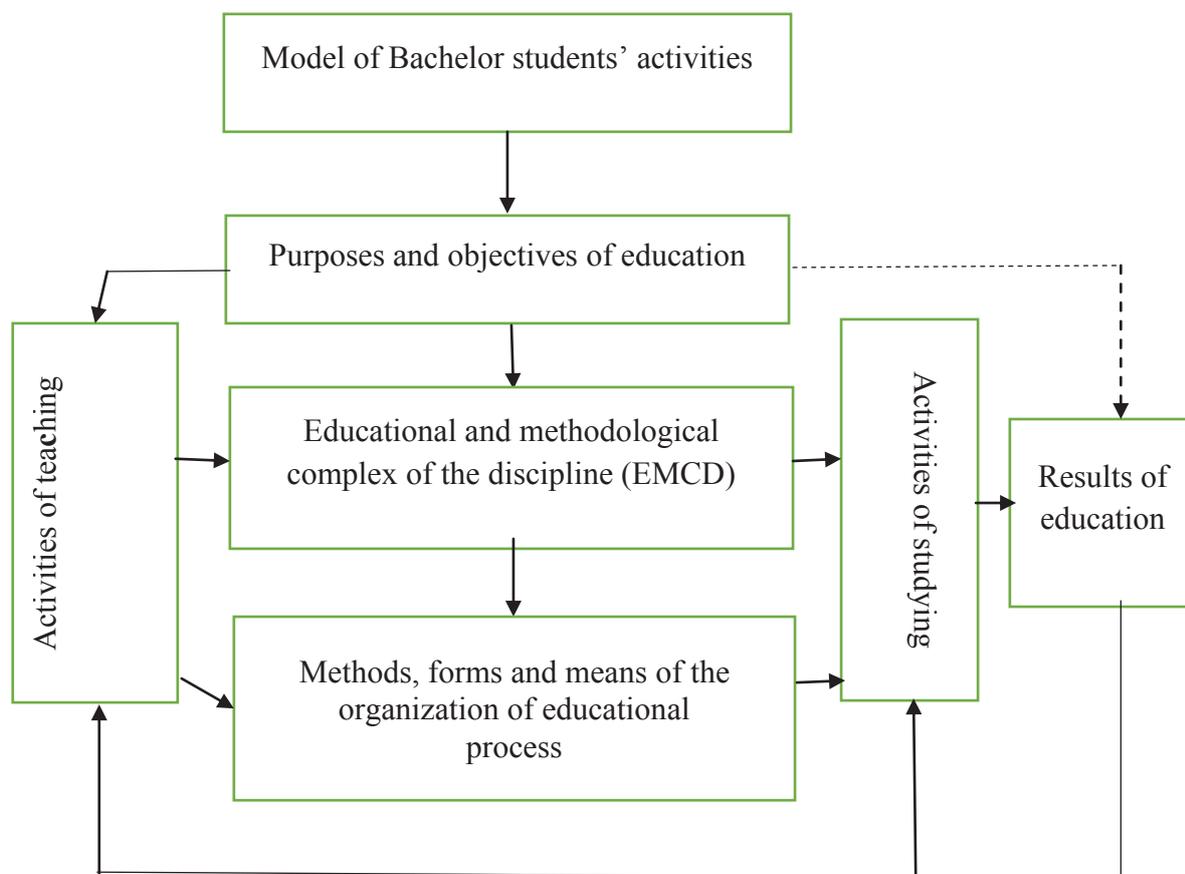


Figure 1 - The teaching model at the level of the discipline

This model should contain a text and a hypertext, a structured learning material, a system of control tests for self-examination, teaching guides and instructions. An array of information organized in such a model allows the student to navigate quite easily in the training material, to find quickly the required course material. However, the realization of such a model under the existing education conditions requires a high level of material and technical base. Therefore, the work is being carried out to improve the educational process in the context of the methodological framework of the teaching model mentioned above at the level of the discipline at up-to-date directions. In this regard, we consider only some aspects of improving the model of training students in physics in current conditions of bachelor degree course on the basis of research work carried out at the department of physics [3].

Let us first speak about theoretical training. The students' survey showed that almost none of them (less than 2%) study the material of previous lectures and especially that for students' individual work, they do not use additional literature to study, consolidate and deepen the knowledge gained in previous lectures and in the process of self-study. To activate the cognitive process at lectures and stimulate students' independent work a promising method seemed to be the conversation and supervision during tutorials using small test items. The best possibility is to formulate tasks using computer technology.

A special place among the guidelines for self-studying is taken by the educational materials containing detailed assignments, questions for self-learning and self-examination on the topic.

Here are some examples of materials for students' independent work:

The topic: The first law of thermodynamics and its application to isoprocesses.

Heat capacities of an ideal gas.

The objective: To explore the first law of thermodynamics.

1.1 Assignment:

1.1.1 The first law of thermodynamics.

1.1.2 Application of the first law of thermodynamics to isoprocesses of an ideal gas.

1.1.3 The classical theory of heat capacities of an ideal gas.

1.2 Control questions:

1.2.1 What are the ways for changing the internal energy of a thermodynamic system?

1.2.2 What are the conditions under which the process takes place in the gas adiabatically?

1.2.3 What is heat capacity of body?

1.2.4 How are specific and molar heat capacities related in an ideal gas?

1.2.5 What does the molar heat capacity of gas depend on?

Graduates of engineering areas should be able to carry out properly physical measurements and perform calculations in the future. This is the aim of laboratory classes, the number of which has doubled recently. But they are carried out with a smaller number of students than that at lectures and practical classes. A unique opportunity appears for organization of a joint close practice-oriented work of teachers and students. The education becomes a student-centered activity. The laboratory course and an independent research (under the supervision of leading teachers) within the physical laboratory are the most productive forms of mastering the ways of students' independent work in practice. Strengthening the given component of educational process is achieved in this case by the use of laboratory facilities, united by a common theme of physical theories and problems. This is especially important in connection with introduction of elective courses in physics for most of the specialties at the University.

Independent research work can be performed at each of the complexes.

A laboratory course on wave optics can be a good example. The students study the phenomena of interference, diffraction, polarization and dispersion of light. This complex includes a Michelson interferometer PHYWE (a German company), by means of which one can determine the laser wavelength; a goniometer can define the emission spectrum of a discharge lamp by means of the reflective diffraction lattice, or the parameters of the diffraction grating. Also, using the goniometer the refractive index of a glass prism can be determined. Topics for students' research work in the mentioned complex are: "Investigation of the dispersion phenomenon using goniometer", "Investigation of dependence of the media refractive index of temperature and pressure using a Michelson interferometer".

If we talk about practical classes, the survey and conversation with students showed that more than 80% of students use educational and methodical literature while getting ready for such classes, but there are always students who use information directly from the Internet just before or during the lesson; this leads to the confusion for students, since the information cannot be used methodologically by students because of different signs and writing equations in scientific form, unsuitable in our educational process.

A practical class in physics is aimed at developing the skills of application of theoretical knowledge to solve practical problems. Didactic objectives of a practical class are to deepen and consolidate knowledge, to teach students to use it as well as to form the competences, aimed at covering the gap between the results of teaching and modern practice standards.

It should be noted that both standard problem books listed in the syllabus and the methodological guidelines developed at the Department and contained level assignments are used for the organization of students' self-study. These assignments are accompanied with methodological recommendations for their implementation and requirements for describing calculations.

Learning outcomes are measured in several ways: the assimilation of theoretical material and practical skills to work in the laboratories, the ability to use knowledge in solving questions

of theoretical and practical problems. So, the midterm control tasks conducted during a semester allow us to analyze the quality of successful training in quantitative terms, as well as to determine the number of those physical theories and regulations, which have caused the greatest difficulties and then to return to the revision of these themes during tutorials. In general, the existing multi-stage and multi-level method of control and consolidation of knowledge has both its advantages and disadvantages.

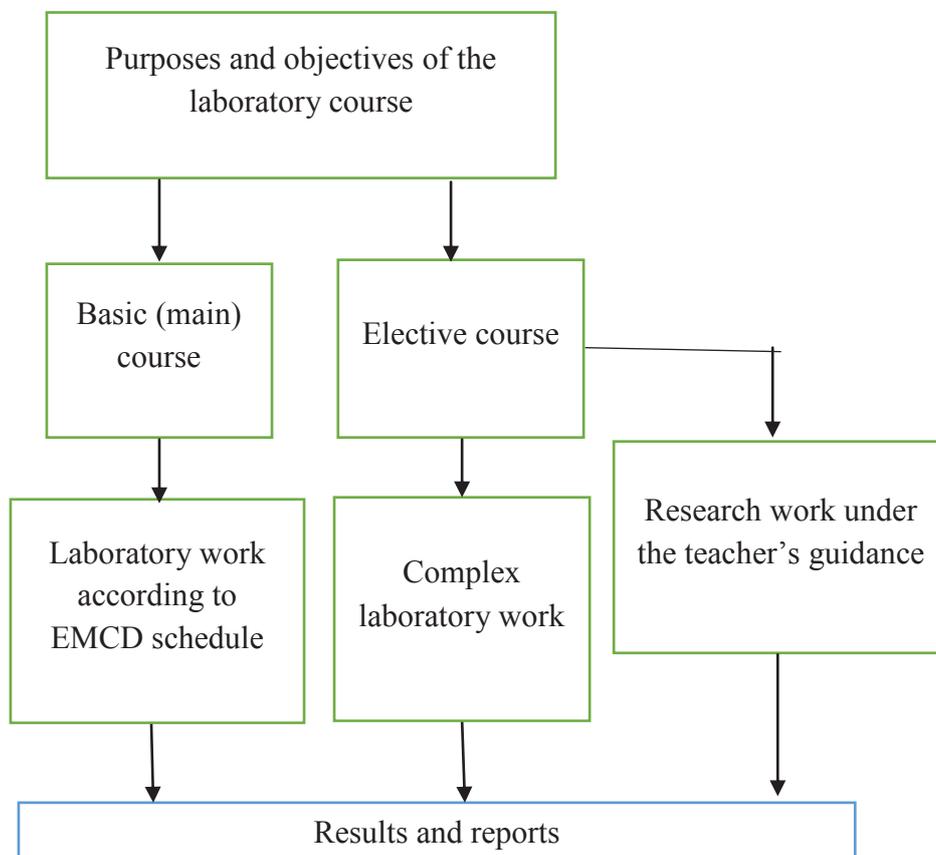


Figure 2 - Organization of the laboratory course

The main problem of measuring students' competences on the subject is associated with the reliability and validity of instruments. The main aspect of their content is the use of tests for organization of control in the framework of the theory and methods of control, in accordance with the principles of scientific organization. The main problem of test technologies is the quality of assignments. It should be noted that making high-quality assignments is a difficult process that requires to be expertized by several teachers. However, as it is shown by our investigations, the main difficulty when applying test methods may be partially removed by using the combined type of assignments. Such assignments are made up for midterm topical control and laboratory course. One can use multiple choice tests, assignments of an open form, as well as assignments to establish conformities and others.

Examples of tasks are the following:

1. The body is thrown at an angle to the horizon. Which of the mechanical quantities is conserved when the body moves? Air resistance is neglected.
2. What is the meaning of the value of  $W$  in the formula  $n = n_0 \exp\left(-\frac{W}{kT}\right)$  for the distribution of molecules in a potential field?
3. How is the interaction between electric charges happening?
4. The charge of  $2 \cdot 10^{-8}$  C is on the conducting sphere with a diameter of 6 cm. What is the field intensity in p. M inside the sphere, if it is at a distance of 2 cm from its center?

5. A flat air capacitor is connected to a DC power source. How will the intensity of the electric field between its plates change if the capacitor is submerged in a liquid dielectric with permittivity  $\epsilon$ ? (Compare the intensities of the electric field in the capacitor before ( $E_0$ ) and after ( $E$ ) submerging into the dielectric).

6. What is mutual induction; what does the EMF of mutual induction depend on?

7. The differential equation of forced oscillations in the electrical circuit is given by

$\ddot{q} + 0,3 \dot{q} + 4\pi^2 q = 2 \cos 6\pi t$ . What is the frequency  $\omega$  of oscillations induced in the circuit?

8. The AC circuit includes a resistor in series, a capacitor and an inductor. The amplitude of the voltage fluctuations across the resistor is 3 V, the capacitor 5 V, the inductor 1 V. What is the amplitude of voltage fluctuations at the terminals of the circuit?

Note: to solve the problem it is necessary to construct a vector diagram of voltages.

The results of control tests are sure to be discussed with all students during the consultations with a detailed analysis of errors and defects. In general, all the work at the level of knowledge control is aimed at monitoring the process of assimilation of the material at each unit of the curriculum and its subsequent correction, which is the main condition for the ultimate task - improving the quality of teaching physics.

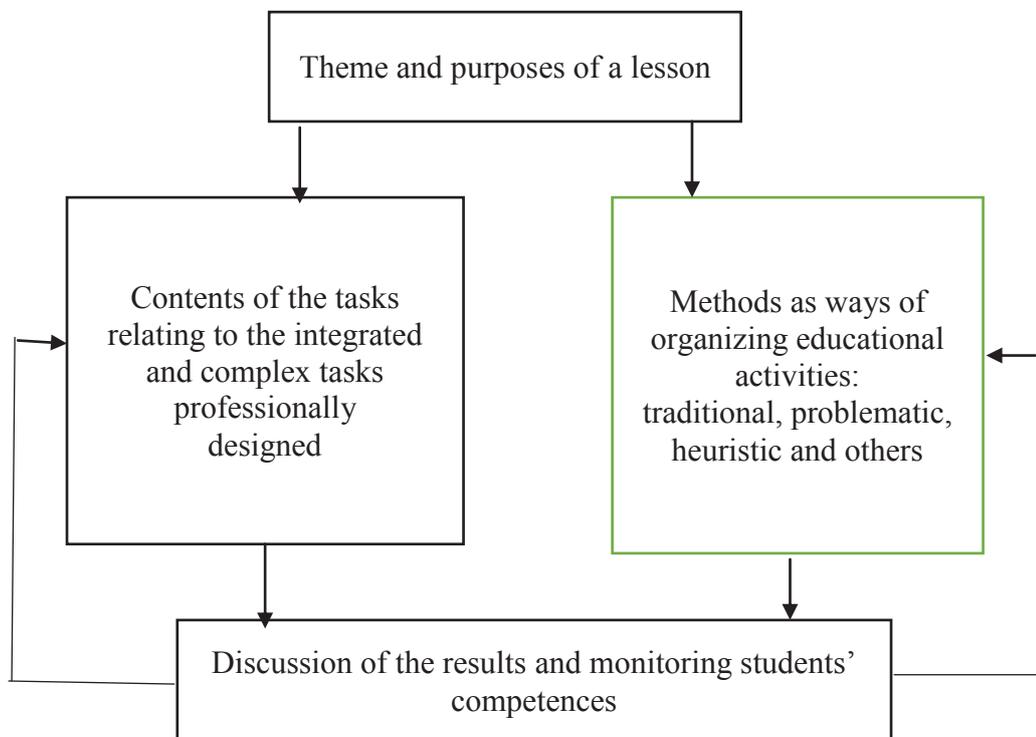


Figure 3 - The content and structure of a practical class

It should also be noted our monitoring system during tutorials includes an active dialogue between a student and a teacher. According to our observations, the degree of understanding and mastering the material is established only in the dialogue (between the student and the teacher), which is more necessary for the student than for the teacher. The student in this case, learns to "pronounce" the material, to prove and maintain his position. Interactivity is no replaceable basis for further professional competence. Therefore, in the system of tutorials on physics we have introduced such forms of work as discussion and seminar.

However, the need of quality control for training with the use of objective indicators that have an integrating character should be especially stressed. A rating system of students' knowledge is accepted at our university. It is an assessment based on the developed modular training system. This system is a set of points obtained in all types of students' activities.

According to the results of such assessment the student is given an access rating to the exam and then the examination mark.

We have only spoken about possible directions of perfection of students' training in physics in terms of increasing the role of independent work and professionalization of education at Technical Universities. The presented research results show that on the basis of systematic educational research it is possible to set and solve problems of improving teaching, which, in its turn, leads to the growth of professional skills of teachers themselves and, as a consequence, to improve the quality of training students.

## REFERENCES

[1] Mazhitova L. H., Kalykpayeva R. S. The model of specialist's activity as the basis for organization of professionally directed training of students in higher education colleges // Materials of the international scientific-practical conference. - APS RK, 2014. - P. 171-176. (in russ.).

[2] Mazhitova L. H., Nauryzbayeva G. K. Learning environment as a basis for realization of natural science training for bachelors. - Bulletin of the Academy of Pedagogical Sciences of Kazakhstan. - №2. – 2013. - P. 19-24. (in russ.).

[3] Mazhitova L. H., Salamatina A.M. Informational and methodological support of SIW at the course of physics in AIPET. Problems of teaching natural science disciplines in schools and universities in Kazakhstan, the CIS and Germany. Intern. scientific - practical conference. - Almaty: KazNPU, 2004. - P. 296-299. (in russ.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Мажитова Л. Х., Калыкпаева Р. С. Модель деятельности специалиста как основа организации профессионально направленного обучения студентов во втузе // Материалы Междунар. научно-практ. конф. – Алматы: АПН РК, 2014. – С. 171-176.

[2] Мажитова Л. Х., Наурызбаева Г. К. Инфосреда обучения как основа реализации естественнонаучной подготовки бакалавров // Вестник Академии педагогических наук Казахстана. – Алматы: АПН РК. - № 2. - 2013. – С. 19–24.

[3] Мажитова Л. Х., Саламатина А. М. Информационно-методическое обеспечение СРС по курсу физики в АИЭС // Междунар. научно-практ. конф. «Проблемы преподавания естественнонаучных дисциплин в школах и вузах Казахстана, СНГ и Германии». - Алматы: КазНПУ, 2004. - С. 296-299.

## ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТТЕ ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДЫҢ ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ

Л. Х. Мажитова<sup>1</sup>, А. М. Саламатина<sup>1</sup>, Г. Е. Бедельбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада студенттерді физика курсына оқытудың ғылыми-әдістемелік негіздері қарастырылады. Даярлау сапасын арттыру мақсатында пәнді оқыту технологиясы келтірілген. Оқыту жүйесінде студенттердің өздік жұмысын арттыру негізінде білім беруді кәсібилендіру қарастырылған. Қазіргі инженерлік білім беруде физика ғылымының жоғары даму деңгейі және оның жетістіктерін жоғары техникалық мектептің білім беру үрдісінде қолдануда қарама-қайшылықтардың байқалатыны белгілі.

Осыған орай АЭЖБУ физика кафедрасында студенттерді даярлау сапасын жақсарту мақсатында болашақ маманның іс-әрекеті деңгейінде және іргелі ғылым – физика деңгейінде модельдер жүйесіне сүйене отырып, аталған пәнді оқытудың ғылыми-әдістемелік негіздері дайындалған.

**Кілттік сөздер:** сапасын арттыру, іс-әрекет моделі, оқыту моделі, оқытудың ақпарат ортасы.

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Л. Х. Мажитова<sup>1</sup>, А. М. Саламатина<sup>1</sup>, Г. Е. Бедельбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>КазННТУ им. К. И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

**Аннотация.** В статье рассмотрены научно-методические основы обучения студентов на примере курса физики. Представлена технология обучения дисциплине в целях улучшения качества подготовки. Система обучения основана на профессионализации образования в условиях усиления самостоятельной работы студентов. Известно, что в современном инженерном образовании наблюдается противоречие между существующим высоким уровнем развития физической науки и использованием ее достижений в образовательном процессе высшей технической школы.

В этой связи кафедрой физики АУЭС разработаны научно-методические основы обучения данной дисциплине в целях улучшения качества подготовки студентов с опорой на систему моделей как на уровне деятельности будущего специалиста, так и на уровне физики как фундаментальной науки.

**Ключевые слова:** повышение качества, модель деятельности, модель обучения, инфосреда обучения.

Л. Х. Мажитова<sup>1</sup>, А. М. Саламатина<sup>1</sup>, С. А. Биназаров<sup>1</sup>, Г. К. Наурызбаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

## РОЛЬ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

**Аннотация.** В статье показано, что подготовка специалиста для инженерно-технической сферы труда, формирование его личностных качеств могут быть осуществлены путем придания учебно-воспитательному процессу и содержанию обучения в высшем учебном заведении профессиональной ориентированности. В таком случае может сформироваться система качеств будущего специалиста при условии наличия устойчивых мотивов учения, мотивационной сферы в целом, от которых зависит личная познавательная активность студентов, в учебном процессе и успешность в будущей профессиональной деятельности. Представлены результаты научно-исследовательской работы, проводимой кафедрой технической физики Алматинского университета энергетики и связи, по совершенствованию подготовки студентов на примере курса физики. Показаны основные направления и результаты исследовательской работы. Описана система моделей, основанная на профессионализации образования и усиления роли самостоятельной работы студентов, получены новые технологии обучения и результаты их внедрения в учебный процесс.

**Ключевые слова:** информационно-деятельностное обучение, профессиональная готовность, самоопределение, компетенция, бакалавр.

Изменение требований к профессиональной подготовке привели к возникновению ряда задач при обучении студентов технического университета на уровне дисциплин естественно-научного цикла, которые обусловлены следующими факторами:

- изменение требований к качеству подготовки специалистов технического профиля;
- изменение целей, учебных планов и программ;
- необходимость внедрения новых технологий обучения, ориентированных на усиление роли самостоятельной деятельности студентов.

В понимании проблемы качества образовательных технологий (качества обучения) выделяются три главных аспекта: качество условий (информационно-образовательная среда), процесс (учебного, исследовательского, управленческого), а также результат (личностные качества обучаемых, познавательная активность и мотивация, подготовка в условиях многоязычия).

Переход на новые технологии обучения в условиях усиления роли самостоятельной учебной работы студентов выдвигает перед педагогикой высшей школы необходимость разработки научно-методических основ обучения физике по вышеуказанным направлениям.

Проблема поиска способов и методов, реализующих научно-методические основы обучения студентов, не получила должного отражения в педагогических исследованиях и является актуальной.

Теоретическая и практическая значимость исследования обусловили выбор темы «Научно-методические основы обучения физике в техническом университете». Объект исследования: процесс обучения студентов по естественнонаучным дисциплинам в техническом университете. Предмет исследования: научно-методические основы обучения студентов технического университета в современных условиях. Цель исследования: теоретическое обоснование, разработка и внедрение новых технологий обучения.

Мы связываем решение проблемы повышения качества обучения как с разработкой технологий обучения, ориентированных на профессионализацию подготовки

(профессионально направленное обучение физике, интеграция курса с другими дисциплинами), так и на развитие программ академической мобильности и реализацию образовательных программ в условиях многоязычия (казахский, русский, английский). В данном случае мы можем в целях наглядности представить основные направления НИР кафедры на следующей схеме 1.

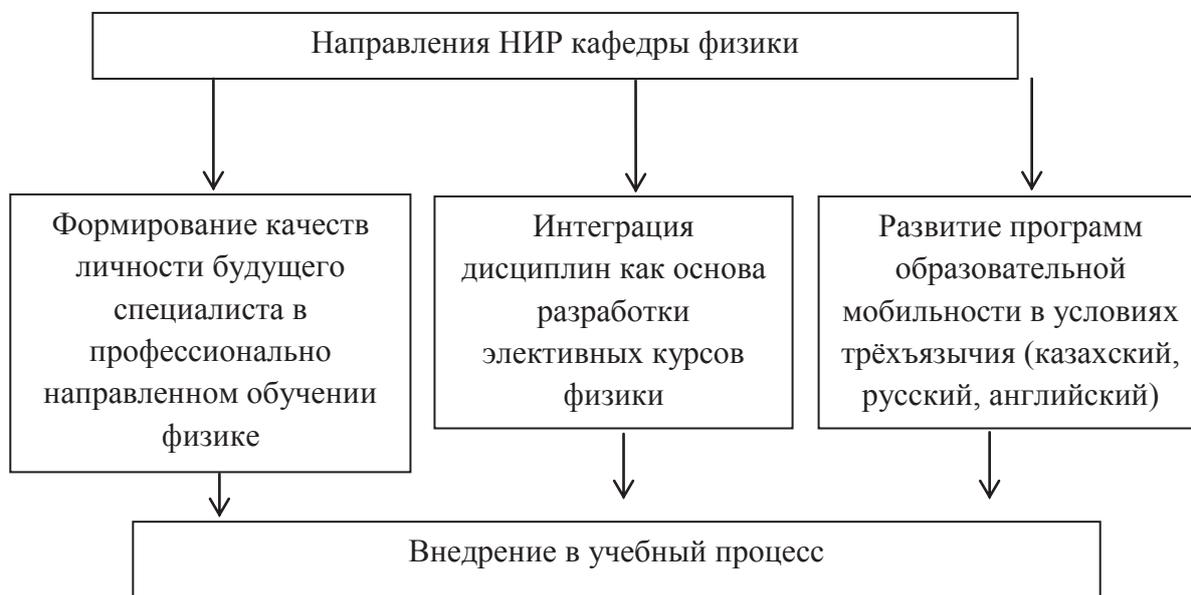


Схема 1 - Основные направления совершенствования обучения физике

Анализ литературы и наши исследования в первом направлении показал, что в соответствии с основными концептуальными положениями учебно-воспитательный процесс в вузе должен быть нацелен на будущую профессиональную деятельность студента, а это значит, что содержание и структура образования, все компоненты педагогического процесса должны быть ориентированы на создание представлений о вполне определенной будущей профессиональной деятельности. Следовательно, подготовка специалиста для инженерно-технической сферы труда, формирование его личностных качеств могут быть осуществлены путем придания учебно-воспитательному процессу и содержанию обучения в вузе профессиональной ориентированности.

Вместе с тем результаты наших исследований показывают, что в основе мотивации поступления молодежи в технический вуз, особенно на малопrestижные профессии, лежат не профессиональные интересы, а другие мотивы, которые свидетельствуют не об осознанном профессиональном самоопределении, а скорее социальном определении. Следовательно, процессу формирования личностных качеств учащейся молодежи как до поступления, так и во время учебы в вузе должно быть уделено значительное внимание.

Известно, что вузовский процесс профессиональной подготовки инженера включает 5 циклов дисциплин: социально-политический; общеобразовательный; общинженерный; дисциплины специальности и специальные дисциплины, установленные советом вуза; факультативные дисциплины. Все они, несмотря на их специфические особенности, должны служить профессиональной подготовке специалиста, обеспечивающей не только высокий уровень компетентности (профессиональные знания, умения и навыки), но и формирование системы профессиональной деятельности, ведущей к образованию у студентов личностных характеристик, в число которых входит профессионально-значимые качества, готовность к профессиональному самоопределению, профессионально ориентированные компетенции бакалавра. Вся эта система качеств может сформироваться только при условии наличия устойчивых мотивов учения, мотивационной сферы в целом, от которых зависит личная познавательная

активность студентов в учебном процессе и успешность в будущей профессиональной деятельности [1].

Рассмотрим пример разработанной нами критериально-уровневой структуры мотивации студентов и определения уровней сформированности положительной мотивации к обучению.

Анализ психолого-педагогической литературы позволил нам разработать и определить понятие «мотивации» как очень сложного образования и представляющего собой динамическую систему, которая способствует выбору и принятию решений студента в условиях предполагаемой нами инфосферы обучения. Для выявления и измерения изменений, происходящих в мотивационной сфере обучающихся, возникает необходимость в выявлении критериев и показателей уровней развития мотивации студентов в вузе.

Под критериями понимается ведущий признак изучаемого объекта, явления, процесса, на основании которого проводится оценка, определение или классификация чего-либо [2]. Выделенные критерии отражают абстрактный уровень описания объекта измерения – мотивацию студентов к изучению физике, в то же время измерение нацелено на получения ответов, которые будут носить конкретный характер. Показатель – это количественная или качественная характеристика выбранного критерия изучаемого объекта [3].

С учётом вышеизложенного, определены критерии и показатели положительной мотивации студентов к обучению физике, а также на их основе выявлены три уровня его сформированности: высокий, средний, низкий.

На основе выделенных критериев были определены следующие качественные уровни сформированности мотивации студентов:

- балл «0-3» - низкий уровень;
- балл «4-8» - средний уровень;
- балл «9-10» - высокий уровень.

Таким образом, выделенная критериально-уровневая структура развития положительной мотивации студентов к изучению физике позволяет оценить и измерить происходящие изменения в мотивационной сфере студентов в вузе и на их основе разработать в дальнейшем методику формирования положительной мотивации студентов к обучению.

В ряде статей, опубликованных преподавателями нашей кафедры, были представлены подобные критериально-уровневые структуры других значимых качеств: готовность к профессиональному самоопределению, профессионально значимые качества, профессиональная направленность будущих специалистов [3].

В статьях прошлых лет нами отражена методология и технология разработки ряда моделей профессиональной деятельности специалистов в области теплоэнергетики, радиотехники и др. Указанные модели послужили определению целей и задач обучения на уровне дисциплины (на примере физики), учебно-методического комплекса и его организационно-методического обеспечения (схема 2).

Нами представлены основные результаты внедрения разработанной модели на уровне технологии формирования профессиональных интересов, профессиональной направленности, инженерно-технического мышления, продолжена разработка методик по формированию готовности к профессиональному самоопределению, профессионально значимых качеств, профессионально ориентированным компетенциям положительной мотивации и познавательной активности формирования перечисленных качеств будущего специалиста.

Подготовка специалиста в современных условиях требует расширения и углубления базовых знаний по основным видам и объектам будущей профессиональной деятельности. Это связано с тем, что профессиональное образование должно соответствовать уровню развития науки, техники, технологии и культуры, тенденциям

усиления взаимосвязи наук, их интеграции с производственными процессами, отвечать новым социальным требованиям, предъявляемым к подготовке специалиста. Отсюда вытекает необходимость дальнейшего совершенствования содержания образования в техническом университете. В этой связи проблеме междисциплинарной интеграции при подготовке профессиональных специалистов посвящено исследование, которое позволяет идеи целесообразного интегрирования курса физики и специальных дисциплин. Это дало возможность разработать и внедрить систему рекомендаций, направленных на использование указанных выше идей в образовательном процессе.



Схема 2 - Взаимосвязь компонентов модели подготовки

На схеме 3 представлена схема развития производства в области теплоэнергетики, проецирование которых на систему инженерного образования дало возможность получить модели подготовки через интеграцию спецдисциплин с содержанием изучаемого курса и разработать интегрированный курс обучения физике, включающий курс общей физики (физика) и элективный курс (молекулярная физика и термодинамика).

Методика практического использования интегрированного курса нашла отражение в содержании обучения и внедрена в лекционный курс, на занятия лабораторного практикума, СРСП и научно-практические конференции студентов.

В дальнейшем представляется возможным осуществлять интеграцию дисциплин на примере физики с такими предметами, как математика, основы механики и др.

Третье направление НИР кафедры связано с совершенствованием методики преподавания дисциплин на английском языке и её учебно-методического обеспечения.

Научный подход к решению этих задач требует обстоятельного изучения исходного состояния системы и выявления ее проблем. В этой связи на кафедре было проведено анкетирование студентов первого курса, обучающихся на английском языке и изучающих физику. Студентам было предложено заполнить разработанную нами анкету, которая содержит несколько вопросов и пунктов, позволяющих студентам изложить свои трудности при изучении физики на английском языке и высказать свои пожелания.



Схема 3 - Взаимосвязь направлений развития производства в области теплоэнергетики

Всего в группе 23 студента, из них заполнили анкету 22.

По вопросам анкеты были определены типы школ, в которых обучались студенты до поступления в университет: средняя общеобразовательная школа (СОШ), казахско-турецкий лицей (КТЛ), Назарбаев интеллектуальная школа (НИШ), специализированный лицей для одарённых детей (СЛ), Республиканская физико-математическая школа (РФМШ) и школа-гимназия (Ш-Г).

Как следует из результатов анкет, 50% студентов группы в школе обучались на английском языке; 36% - на казахском и 14% - на русском.

Уровень своей школьной подготовки по физике как высокий оценили 4 студента (18%), остальные (82%) указали – достаточный.

Обучение на английском языке в университете как собственное решение указали 17 студентов (77%), совет родителей – 4 (18%) и один студент указал совет брата.

По вопросу о трудностях в изучении физики на английском языке подавляющее большинство - 16 студентов (73%) указали английские термины (непонятные, сложные, трудные, незнакомые, новые, отличаются от школьных); кроме того, были названы решение задач, слабая теоретическая база (при том, что в предыдущей графе студент указал уровень своей школьной подготовки по физике как достаточный!), высшая математика. Только 1 студент написал, что не испытывает никаких трудностей, еще 1 – незначительные трудности. В одной анкете было написано по поводу трудностей, что сначала студент изучает материал на казахском/русском языках, а потом – на английском.

Студенты высказали следующие пожелания:

- «стараться объяснить теорию на понятном им языке»;
- «объяснять, как можно проще»;
- увеличить количество учебников и методических указаний на английском языке;
- «уделять больше времени на решение задач»;
- «ключевые слова представлять на 3-х языках».

Только в одной анкете было высказано пожелание, чтобы «весь урок проходил чисто на английском и использовать видеоматериалы».

Половина из анкетуемых (11 студентов, 50%) указали, что «пожеланий нет», «никаких пожеланий».

Какие выводы следует из этого анализа?

Во-первых, это констатация сложившегося трехязычия в этой группе.

В словаре лингвистических терминов Т. В. Жеребило указано, что «трехязычие – это функционирование трех языков в пределах территориальной общности: государства, региона, города, поселка, где каждый из языков коррелируется с определенной сферой общения. 2. Владение индивидом тремя языками в пределах его коммуникативных возможностей» [4]. По мнению Б. Хасанулы, трехязычие – «попеременное использование трех языков в гетерогенном социуме представителями одного этноса» [5]. К последнему определению можно сделать небольшую поправку относительно того, что этнос не обязательно должен быть один. На территории Республики Казахстан сложился полиэтничный состав населения и это можно отнести к этническому составу нашей студенческой группы.

Студенты в качестве трудностей указали на сложности в понимании терминов. Это означает, что пользуясь различными учебными материалами, в том числе конспектам лекций, учебниками и учебными пособиями, статьями из интернета, студенты встречаются с отличающимися в значительной степени друг от друга терминами. Например, в русских источниках вспомогательная физическая величина, обозначаемая как вектор  $\vec{D}$ , называется либо электрическим смещением, либо вектором электрической индукции и таких примеров множество.

Следующий вывод подводит нас к необходимости разработок учебных материалов в помощь студентам по освоению «терминов» - то есть основных понятий, определений и формулировок, относящихся к каждому из разделов учебной дисциплины; в нашем случае – дисциплин «Физика 1» и «Физика 2».

В дальнейшем нам предстоит реализация плана таким образом, чтобы в методическом пособии формулировки терминов на трех языках полностью соответствовали друг другу по смысловой нагрузке. Кроме этого, полагаем, необходим комментарий относительно применения различными авторами несколько отличающихся терминов.

Таким образом, в течение первого полугодия отдельными преподавателями кафедры физики проделана определенная научно-исследовательская работа и получены следующие результаты:

- разработаны критериально-уровневая структура и модель формирования ПОК бакалавра;
- сформулированы педагогические условия формирования ПЗК бакалавра в процессе обучения физике;
- обоснована критериально-уровневая структура мотивации студентов и определены уровни сформированности положительной мотивации к обучению;
- обоснована необходимость формирования познавательной активности студентов при обучении физике;
- разработана методика отбора содержания базового и элективного курсов физики на примере специальности «Теплофизика»;

- выявлена мотивация студентов к обучению физике на английском языке на основе анализа результатов анкетирования, определены направления дальнейшего совершенствования методики обучения.

Полученные в современных условиях результаты исследования послужат базой для дальнейшего совершенствования научно-методических основ обучения физике в техническом университете.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Мажитова Л. Х., Кенжебекова А. И. Матричная модель готовности к профессиональному самоопределению студентов младших курсов втуза // Вестник АПНК. - Алматы: АПН РК. - № 1. - 2011. – С. 59-64.

[2] Мажитова Л. Х., Наурызбаева Г. К. Информационно-деятельностное обучение как условие формирования профессионально-ориентированных компетенций бакалавра // Вестник АУЭС. – Алматы: НАО «АУЭС». - № 2. - 2014. – С. 62-68.

[3] Мажитова Л. Х., Калыкпаева Р. С. Критериально-уровневая структура профессионально-значимых качеств будущего специалиста // Вестник АПНК. - Алматы: АПН РК. - № 6. - 2011. – С. 29-34.

[4] Жеребило Т. В. Словарь лингвистических терминов. - М.: Высшая школа, 2008. – 235 с.

[5] Хасанулы Б. Взаимосвязь знаний и умений в подготовке инженера // Вестник АПНК. - Алматы: АПН РК. - № 2. - 2016. – С. 25-29.

## REFERENCES

[1] Mazhitova L. H., Kenzhebekova A. I. Matrix model of readiness for Professional self-determination of undergraduate students // Herald APSK. - Almaty: APS RK. - № 1. - 2011. – P. 59. 2011. № 1. – 59-64p. (in russ.).

[2] Mazhitova L. H., Nauryzbayeva G. K. Information and activity-based training as a condition for the formation of professionally-oriented competences of a bachelor // Herald AUPET. – Almaty: NJSC «AUPET». - № 2. - 2014. – С. 62-68. (in russ.).

[3] Mazhitova L. H., Kalykpayeva R. S. Criterial-level structure of professionally significant qualities of the future specialist // Herald APSK. - № 6. -2011. – P. 29-34. (in russ.).

[4] Zherebilo T. V. Linguistic terms. - M.: «HS», 2008. – P. 235.(in russ.).

[5] Hasanuly B. Interrelation of knowledge and skills in engineer training // Herald APSK.- Almaty: APS RK. - № 2. -2016. – P. 25-29. (in russ.).

## ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТТЕ ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ САПАСЫН КӨТЕРУДЕГІ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ РОЛІ

Л. Х. Мажитова<sup>1</sup>, А. М. Саламатина<sup>1</sup>, С. А. Биназаров<sup>1</sup>, Г. Қ. Наурызбаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

*Аңдатпа.* Мақалада жоғары оқу орындарында инженер-техникалық еңбек ортасына маманды дайындау, оның жеке қасиеттерінің қалыптасуы, оқу-тәрбие үрдісіне және оқытудың мазмұнына кәсіби бағыттауды енгізу арқылы жүргізілетіндігі айтылған. Мұндай жағдайда оқу үрдісінде студенттердің белсенді және танымдық жеке қасиеттері, сондай-ақ олардың болашақ кәсіби іс-әрекеттері тәуелді болатын оқу үрдісін дамыту, жалпы жігерлендіру ортасының болу шарты орындалғанда болашақ маманның қасиеттері жүйесінің қалыптастыру мүмкіндігі бар екендігі келтірілген.

Мақалада Алматы энергетика және байланыс университетінің техникалық физика кафедрасының студенттері дайындығын жетілдіруде физика пәні бойынша жүргізген ғылыми

зерттеу жұмыстарының нәтижелері берілген. Зерттеу жұмысының негізгі бағыттары мен нәтижелері келтірілген. Білімді кәсібилендіру студенттердің өзіндік жұмыстарының ролінің күшеюі негізіндегі модельдер жүйесі сипатталып, оқытудың жаңа технологиялары алынған, оларды оқу үрдісіне енгізу нәтижелері ұсынылған.

**Кілттік сөздер:** ақпаратты-іс-әрекетті оқыту, кәсіби дайындық, өзін-өзі анықтау, құзыр, бакалавр.

## THE ROLE OF PEDAGOGICAL STUDIES IN IMPROVING THE QUALITY OF TRAINING PHYSICS IN THE TECHNICAL UNIVERSITY

L. H. Mazhitova<sup>1</sup>, A. M. Salamatina<sup>1</sup>, C. A. Binazarov<sup>1</sup>, G. K. Nauryzbayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The article shows that the training of a specialist for the engineering and technical sphere of work, the formation of his personal qualities can be carried out by making the teaching and educational process and syllabus in a higher educational institution mostly of professional orientation. In this case, a system of qualities of the future specialist can be formed, provided that there are stable motives for learning, motivational conditions in general. This defines personal cognitive activity of students in the educational process and success in their future professional activity. The results of research work carried out by the Department of Technical Physics of the Almaty University of Power Engineering and Communications are presented. It is aimed at improving the students training in the physics course as an example. The main directions and results of research work are presented. The system of models based on professionalization of education and the role strengthening of students' independent work is described. New teaching technologies and the results of their implementation to the educational process are obtained

**Key words:** information and activity-training, professionalization of education, self-determination, professional competences, bachelor.

---

С. А. Нурпеисов<sup>1</sup>, А. М. Бексултанова<sup>1</sup>, Д. Т. Жанузакова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГАМИЛЬТОНОВЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ВНУТРЕННЕГО РЕЗОНАНСА

**Аннотация.** Исследование Гамильтоновых систем широко применяется в физике, астрономии, химии и даже биологии. Теория устойчивости движения имеет особо важное значение для техники. Корабль, самолет, ракета при движении должны устойчиво сохранять заданный режим работы.

Изучение Гамильтоновых систем представляет собою дальнейшее развитие идеи Ляпунова и в последнее время привлекает внимание многих математиков за рубежом. Случай «внутреннего резонанса» в этих работах еще не учитывался. Авторы статьи рассматривают этот случай при наличии чисто мнимых корней сопровождающего уравнения, а также случай внутреннего резонанса нечетного порядка для Гамильтоновых систем. Изучены вопросы устойчивости решений этой системы, выяснена структура резонансных членов и особенность этих выражений и их влияние на устойчивость решений. Введена специальная матрица, анализ которой позволяет извлекать информацию об устойчивости, рассмотрен случай неустойчивых движений. При изучении резонанса нечетного порядка функцию Гамильтона можно представить в виде квадратической формы.

**Ключевые слова.** устойчивость движения в существенно особенном случае, «опасные» и «безопасные» границы области устойчивости, Гамильтонова система, резонанс.

Рассмотрим Гамильтонову систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_s}{dt} = \frac{\partial H(x,y)}{\partial y_s} \\ \frac{dy_s}{dt} = -\frac{\partial H(x,y)}{\partial x_s} \end{cases} \quad (s = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

где функцию Гамильтона  $H(x,y)$  зададим в виде

$$H(x,y) = H_2(x,y) + H_3(x,y) + \dots \quad (2)$$

здесь  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  и  $y = (y_1, \dots, y_n)$  –  $n$ - мерные векторы,  $H_k(x,y)$  – однородный многочлен степени  $k$ .

Вопрос об устойчивости рассматривается для случая, когда корни  $\pm i\lambda_s \neq 0$  характеристического уравнения первого приближения системы (1) чисто мнимые и различные, тогда можно считать, что квадратичная форма  $H_2(x,y)$  в равенстве (2) записывается в виде

$$H_2(x,y) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^n \lambda_s (x_s^2 + y_s^2) \quad (3)$$

Естественно считать, что среди чисел  $\lambda_s$  имеются числа разных знаков (иначе нулевые решение системы (1) устойчиво).

Система (1) исследовалась на устойчивость рядом авторов как при наличии, так и при отсутствии внутреннего резонанса [1].

В работе [2] получены критерии неустойчивости для некоторых типов резонанса. Ряд общих результатов по исследованию системы (1) при наличии внутреннего резонанса получен в работе [3].

Здесь мы покажем, что результаты, полученные в [3] для произвольной системы, применимы и для исследования Гамильтоновой системы.

Рассмотрим систему (1) в предположении, что Гамильтониан имеет вид:

$$H_2(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^n \lambda_s (x_s^2 + y_s^2) + H^{(m)}(x_1, y_1, \dots, x_n, y_n) + \dots, \quad (4)$$

где  $H^{(m)}(x, y)$  – формы  $m$ -го порядка;

$m$  - порядок резонанса;

$m$  - нечетное.

Предположим, что переменные  $x_s, y_s$  занумерованы таким образом, что

$$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_h > 0, \text{ а } \lambda_{h+1}, \lambda_{h+2}, \dots, \lambda_n < 0 \quad (\lambda_{h+1} \neq 0).$$

Введем комплексные переменные

$$x_s = \frac{z_s + \bar{z}_s}{2}, \quad y_s = \frac{z_s - \bar{z}_s}{2i} \quad (s = 1, 2, \dots, n). \quad (5)$$

Тогда система (1), учитывая равенство (4), перейдет в систему

$$\begin{cases} \frac{dz_s}{dt} = -2i \frac{\partial \tilde{H}}{\partial \bar{z}_s} \\ \frac{d\bar{z}_s}{dt} = 2i \frac{\partial \tilde{H}}{\partial z_s} \end{cases} \quad (s = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

которая является Гамильтоновой с Гамильтонианом

$$2i\tilde{H} = \sum_{s=1}^n i\lambda_s z_s \bar{z}_s + 2i\tilde{H}^{(m)}(z_1, \bar{z}_1, \dots, z_n, \bar{z}_n) + \dots \quad (7)$$

При сделанных выше ограничениях покажем, что с помощью замены

$$z_s = U_s + \varphi_s^{(m-1)}(U_1, \bar{U}_1, \dots, U_n, \bar{U}_n) \quad (8)$$

$$\bar{z}_s = \bar{U}_s + \bar{\varphi}_s^{(m-1)}(U_1, \bar{U}_1, \dots, U_n, \bar{U}_n),$$

где  $\varphi_s^{(m-1)}(U_1, \dots, \bar{U}_n)$  – формы  $m-1$ -го порядка, систему (6) можно привести к виду:

$$\begin{cases} \frac{dU_s}{dt} = -2i \frac{\partial (H_2^* + H_m^*)}{\partial \bar{U}_s} + U_s \\ \frac{d\bar{U}_s}{dt} = 2i \frac{\partial (H_2^* + H_m^*)}{\partial U_s} + \bar{U}_s \end{cases}, \quad (9)$$

где

$$H = H_2^* + H_m^* = i \sum_{s=1}^n \lambda_s U_s \bar{U}_s + \alpha_1 U_1^{m_1} \dots \bar{U}_n^{m_n} + \bar{\alpha}_1 \bar{U}_1^{m_1} \dots U_n^{m_n}, \quad (10)$$

а  $U_s$ - аналитическая функция степени  $m$  относительно  $U_s, \bar{U}_s$ . Иначе говоря, покажем, что существуют преобразования (8), которые приводят систему (6) в систему, остающуюся канонической в  $m-1$ -м приближении, и Гамильтониан, который имеет вид (10).

Действительно, используя уравнения (6), (8), (9) для определения формы  $\varphi_s^{(m-1)}$  и  $\bar{\varphi}_s^{(m-1)}$  получим следующие уравнения:

$$2i \frac{\partial H_m^*}{\partial U_s} + \sum_{j=1}^n i \lambda_j \left( \frac{\partial \varphi_j^{(m-1)}}{\partial U_j} U_j - \frac{\partial \varphi_j^{(m-1)}}{\partial \bar{U}_j} \bar{U}_j \right) = i \lambda_s \varphi_s^{(m-1)} + 2i \frac{\partial \tilde{H}_m}{\partial U_s},$$

$$2i \frac{\partial H_m^*}{\partial U_s} + \sum_{j=1}^n i \lambda_j \left( \frac{\partial \bar{\varphi}_j^{(m-1)}}{\partial \bar{U}_j} \bar{U}_j - \frac{\partial \varphi_j^{(m-1)}}{\partial U_j} U_j \right) = i \lambda_s \bar{\varphi}_s^{(m-1)} + 2i \frac{\partial \tilde{H}_m}{\partial \bar{U}_s}, \quad (11)$$

где  $H_m^*$  известная форма  $m$ -го порядка. Пусть

$$\varphi_s^{(m-1)} = \sum_{m-1} a_s^{(k_s, l_s)} \prod_{j=1}^n U_j^{k_j} \bar{U}_j^{l_j}. \quad (12)$$

Подставляя ряд (12) в (11), для определения коэффициентов  $a_s^{(k_s, l_s)}$  получим

$$\alpha_s^{(*)} + i \left[ \sum_{j=1}^n (k_j - l_j) \lambda_j - \lambda_s \right] \alpha_s^{(*)} = M_s^{(*)}, \quad (13)$$

где  $\alpha_s^{(*)}$  и  $M_s^{(*)}$  – коэффициенты форм  $2i \frac{\partial H_m^*}{\partial U_s}$  и  $2i \frac{\partial \tilde{H}_m}{\partial \bar{U}_s}$  соответственно  $(*)$  - здесь и ниже заменяет верхний индекс  $(K_s, l_s)$  при члене

$$(U_1^{K_1} \bar{U}_1^{l_1} \dots U_n^{K_n} \bar{U}_n^{l_n}).$$

Проводя выкладки и рассуждения, аналогичные изложенным в [5], легко убедиться, что  $a_s^{(*)}$  и  $\alpha_s^{(*)}$  всегда можно определить следующим образом:

$$a_s^{(*)} = \begin{cases} 0 & \text{при } \sum_{j=1}^n (k_j - l_j) \lambda_j - \lambda_s = 0 \\ \frac{M_s^{(*)}}{\sum_{j=1}^n (k_j - l_j) \lambda_j - \lambda_s} & \text{при } \sum_{j=1}^n (k_j - l_j) \lambda_j - \lambda_s \neq 0 \end{cases} \quad (14)$$

$$\alpha_s^{(*)} = \begin{cases} M_s^{(*)} & \text{при } \sum_{j=1}^n (k_j - l_j) \lambda_j - \lambda_s = 0 \\ 0 & \text{при } \sum_{j=1}^n (k_j - l_j) \lambda_j - \lambda_s \neq 0. \end{cases}$$

Значит, мы можем при помощи преобразования (8) уничтожить все члены, кроме резонансных, в уравнении (6).

Из изложенного выше видно, что преобразование (8) можно подобрать так, что в системе (6) совокупность членов  $m-1$ -го порядка будет определяться соотношением:

$$\begin{cases} \frac{\partial H_m^*}{\partial \bar{U}_s} = \frac{\partial \tilde{H}_m}{\partial \bar{U}} \Big|_{\text{рез}}, \\ \frac{\partial H_m^*}{\partial U_s} = \frac{\partial \tilde{H}_m}{\partial U_s} \Big|_{\text{рез}}. \end{cases} \quad (15)$$

Поэтому из равенств (14) и (15) следует, что

$$H_m^{(*)} = \tilde{H}_m|_{\text{рез}} = \overline{\alpha_1 U_1^{m_1}} \cdot U_n^{m_n} + \alpha_1 U_1^{m_1} \dots \overline{U_n^{m_n}}$$

Таким образом, в  $m-1$ -м приближении необходимо исследовать на устойчивость систему

$$\begin{cases} \frac{dU_s}{dt} = -2i \frac{\partial H^*}{\partial \bar{U}_s}, \\ \frac{d\bar{U}_s}{dt} = 2i \frac{\partial H^*}{\partial U_s}, \end{cases} \quad (16)$$

где  $H^* = H^*_2 + H^*_m$ . Система (16) может быть записана таким образом:

$$\begin{aligned} \frac{dU_s}{dt} &= -i\lambda_s U_s + \bar{\alpha}_1 m_s \bar{U}_1^{m_1} \dots \bar{U}_s^{m_s-1} \dots \bar{U}_n^{m_n} U_{n+1}^{m_{n+1}} \dots U_n^{m_n}, \\ \frac{d\bar{U}_s}{dt} &= i\lambda_s \bar{U}_s + \alpha_1 m_s U_1^{m_1} \dots U_s^{m_s-1} \dots U_h^{m_h} \bar{U}_{h+1}^{m_{h+1}} \dots \bar{U}_n^{m_n} \quad \text{при } s \leq h, \\ \frac{dU_s}{dt} &= -i\lambda_s U_s + d_1 m_s U_1^{m_1} - U_h^{m_h} \bar{U}_{h+1}^{m_{h+1}} \dots \bar{U}_s^{m_s-1} \dots \bar{U}_n^{m_n} \\ \frac{d\bar{U}_s}{dt} &= i\lambda_s \bar{U}_s + \bar{\alpha}_1 m_s \bar{U}_1^{m_1} \dots \bar{U}_h^{m_h} U_{h+1}^{m_{h+1}} \dots U_s^{m_s-1} \dots U_n^{m_n}, \quad \text{при } s > h \end{aligned} \quad (17)$$

Запишем  $\alpha$ , в виде  $\alpha_1 = a_1 + ib_1$ . Следуя работе [4], рассмотрим матрицу  $A$ , которая в нашем случае имеет

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_1 m_1 & \dots & \alpha_1 m_n \\ \beta_1 m_1 & \dots & \beta_1 m_n \end{pmatrix}, \quad \beta = \begin{cases} b_1 & \text{при } S \leq h \\ -b_1 & \text{при } S > h \end{cases}$$

очевидно, что ранг матрицы  $A$  равен 1

Уравнение (17) в переменных  $\tau_j$  и  $\theta_j$  имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{d(\tau_s^2)}{dt} &= 2P_s(\theta) \prod_{j=1}^n \tau_j^{|m_j|} \\ \frac{d(\theta)}{dt} &= \sum_{s=1}^n |m_s| \frac{P'_s(\theta)}{\tau_s^2} \prod_{j=1}^n \tau_j^{|m_j|}, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{где } P_s(\theta) &= \alpha_1 m_s \cos \theta + \beta_1 m_s \sin \theta, & U_s &= \tau_s e^{i\theta_s} \\ \Theta &= m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2 + \dots + m_n \theta_n, & \bar{U}_s &= \tau_s e^{-i\theta_s} \end{aligned}$$

**Теорема 1.** Если  $a_1$  или  $b_1$  отличны от нуля, то нулевое решение системы (18) неустойчиво. Отметим, что если положить  $n=2$ ,  $m_1 + m_2 = m = 3$ , то правая часть равенства (10) примет вид

$$i\lambda_1 U_1 \overline{U_1} + i\lambda_2 U_2 \overline{U_2} + \alpha_1 U_1^{m_1} \overline{U_2^{m_2}} + \overline{\alpha_1} \overline{U_1^{m_1}} U_2^{m_2}. \quad (19)$$

А. П. Маркеевым [2] изучен резонанс 3-го порядка в виде  $\lambda_1 - 2\lambda_2 = 0$ . Автор, пользуясь несколькими последовательными преобразованиями, приходит к системе с Гамильтонианом в виде (19) (где надо положить  $m_1 = 1, m_2 = 2$ ), после чего получает критерий о неустойчивости с помощью теоремы Четаева.

Из указанного выше видно, что этот результат получается как частный случай теоремы 1.

При изучении резонанса 3-го порядка функцию Гамильтона можно взять в виде  $H=H_2+H_3+\dots$ . В этом случае можно утверждать, что наличие в любой Гамильтоновой системе произвольного резонанса 3-го порядка влечет за собой неустойчивость этой системы, что соответствует результатам работы [3].

### Вывод

Получены необходимые и достаточные условия устойчивости при наличии внутреннего резонанса. С помощью теоремы Н. Г. Четаева и С. А. Нурпеисова показывается, что из неустойчивости модельной системы, как правило, следует и неустойчивость исходной системы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Гольцер Я. М., Нурпеисов С. А. Исследование устойчивости Гамильтоновых систем // Труды семинара по теории устойчивости движения. Вып. 2. – Алматы: КазПИ, 1992. - С. 5-11.

[2] Гольцер Я. М., Нурпеисов С. А. Исследование устойчивости Гамильтоновых систем // Труды семинара по теории устойчивости движения. Вып. 3. - Алматы: КазПИ, 1993. - С. 32-36.

[3] Маркеев А. П. Об устойчивости канонической системы с двумя степенями свободы при наличии резонанса // Прикладная математика и механика. Вып. 4. – М.: МАИ, 1994. - С. 569-580.

[4] Хазин Л. Г. Об устойчивости Гамильтоновых систем при наличии резонансов. // Прикладная математика и механика. Вып. 3. – М.: МАИ, 1991. - С. 69-75.

### REFERENCES

[1] Golser Ya. M., Nurpeisov S. A. Proceedings of the Seminar on the motion stability theory. 1992, Issue. 2. - Almaty. P. 5-11. (in russ.).

[2] Golser Ya. M., Nurpeisov S. A. Proceedings of the Seminar on the motion stability theory. 1993, Issue 3. - Almaty. P. 32-36. (in russ.).

[3] Markeev A. P. The stability of a canonical system with two degrees of freedom in the presence of resonance. – PMM, 1994, t.32, Issue 4. - Moscow: P. 69-75. (in russ.).

[4] Khazin L. G. On the stability of Hamiltonian systems in the presence of resonances. – PMM, 1991, t.35, Issue 3. - Moscow: P. 569-580. (in russ.).

### ІШКІ РЕЗОНАНС КЕЗІНДЕГІ ГАМИЛЬТОНДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

С. А Нурпеисов<sup>1</sup>, А. М. Бексултанова<sup>1</sup>, Д. Т. Жанузакова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Гамильтондық жүйелерді зерттеу физика, астрономия, химия және тіпті биология саласында кеңінен қолданылады. Қозғалыстың орнықтылық теориясы техника үшін аса маңызды. Кеме, ұшақ, ракета өз қозғалыстарында берілген жұмыс режимін тұрақты сақтауы тиіс.

Гамильтондық жүйелерді зерттеу Ляпунов идеяларын одан әрі дамыту дегенді білдіреді және соңғы уақытта көптеген Ресей және шетел математиктерінің назарын аударуда. «Ішкі резонанс» жағдайы бұл жұмыстарда әлі ескерілмеген. Авторлардың мақаласы берілген тендеуге сәйкес таза жорамал түбірлерінің бар болу жағдайына арналған. Бұл жұмыста Гамильтондық жүйелер үшін тақ ретті ішкі резонанс жағдайы қарастырылған және осы жүйенің шешімінің орнықтылығы туралы сұрақтар зерттелді, резонанстық мүшелерінің құрылымы анықталды, осы өрнектердің ерекшелігі және олардың шешімдердің орнықтылығына әсері зерттелді, орнықтылық туралы ақпарат беретін арнайы матрица енгізілді, орнықты емес қозғалыстар туралы жағдайлар қарастырылды.

Тақ дәрежелі резонансты зерттеуде Гамильтон функциясын шаршы тұрпатта да алуға болады. Алынған нәтижелер Маркеев А. П. нәтижелерінің жеке жағдайы болып табылады.

**Кілттік сөздер:** ерекше жағдайдағы қозғалыс орнықтылығы, орнықтылық аймағының «қауіпті» және «қауіпсіз» шекаралары, Гамильтондық жүйе, резонанс.

## STABILITY INVESTIGATION OF HAMILTONIAN SYSTEMS WITH THE PRESENCE OF INTERNAL RESONANCE

S. A. Nurpeisov<sup>1</sup>, A. M. Beksultanova<sup>1</sup>, D. T. Zhanuzakova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The study of Hamiltonian systems is widely used in physics, astronomy, chemistry, and even biology. Especially important is the theory of motion stability for technology. A ship, an airplane, a missile, while moving, must steadily maintain the prescribed mode of operation.

The study of Hamiltonian systems is a further development of Lyapunov's idea and has recently attracted the attention of many mathematicians in Russia and abroad. The case of «internal resonance» in these works has not yet been taken into account. The article is devoted to this case in the presence of purely imaginary roots of the accompanying equation. In this article the internal resonance case of odd order for Hamiltonian systems is considered and stability solutions of this system are studied, the structure of resonant terms is clarified, peculiarity of these expressions and their effect on the solutions stability is studied as well. A special matrix, the analysis of which, makes it possible to extract stability information is introduced. When studying odd order resonance, the Hamiltonian function can also be taken as a quadratic form. The obtained results contain, as a special case of the A. P. Markeev result.

**Key words:** Motions stability in the case of significant features, «dangerous» and «safe» stability boundaries, Hamiltonian system, resonance.

М. Б. Байбазаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Толеуова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

## ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ С ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ПОМЕХОЙ

**Аннотация.** Целью данной работы является разработка необходимых и достаточных условий оптимальности в задаче программного управления с детерминированной помехой для нелинейной системы. Решается задача программного оптимального управления, переводящего систему из заданного начального состояния в конечное состояние, имеющего при этом наименьшую норму. Применены методы коррекции по конечному краевому условию и по параметру. Оптимальное управление, найденное способом коррекции по параметру, оказывается лучше, чем способ коррекции по конечному краевому условию, так как на каждом шаге коррекции по параметру можно выбрать оптимальное управление по подходящему показателю качества.

С помощью этих методов задача нелинейной системы приводится к задаче управления линейной системой. Оптимальное управление строится как сходящиеся последовательности управлений, исходящие каждый раз из системы линейного приближения. Получены необходимые и достаточные условия оптимальности для конкретной задачи и построено оптимальное управление для нелинейной системы.

**Ключевые слова:** дифференциальное уравнение, программное управление, детерминированная помеха, оптимальное управление.

Рассмотрим объект, движение которого описывается векторным нелинейным дифференциальным уравнением

$$\dot{x} = f(t, x, u, v), \quad t_* \leq t < \vartheta, \quad x[t_*] = x_*. \quad (1)$$

где  $x$  –  $n$ -мерная вектор-функция времени;

$f$  – известная нелинейная функция от своих аргументов;

$u$  –  $r$ -мерный вектор управления;

$v$  –  $s$ -мерный вектор помехи.

**Задача.** Требуется выбрать управление  $u[t]$  так, чтобы перевести систему (1) из заданного начального состояния  $x[t_*] = x_*$  в заданное конечное состояние  $x[t^*] = x^*$  и имеющего наименьшую интенсивность управления.

Предположим, что существует решение системы (1) [3].

Решение задачи ищем методом коррекций по конечному краевому условию. По этому методу, сначала выберем произвольную допустимую функцию  $u^\circ[\cdot] = \{u^\circ[t], t_* \leq t < \vartheta\}$ , которая является ограниченной измеримой функцией времени. Тогда при заданном начальном условии  $x[t_*] = x_*$  получится некоторое движение  $x^\circ[t], t_* \leq t < \vartheta$  системы (1), как решение системы дифференциального уравнения

$$\dot{x} = f(t, x^\circ[t], u^\circ[t], v[t]), \quad t_* \leq t < \vartheta, \quad x[t_*] = x_*.$$

В момент  $t = \vartheta$  это движение приходит в некоторое состояние  $x^\circ[v]$ . Это состояние  $x^\circ[v] \neq x^*$ , а уравнение  $u^\circ[\cdot]$  не то, которое решает поставленную задачу.

Поэтому соединяя точки  $x^\circ[v]$  и  $x^*$ , получаем отрезок. Разобьем полученный отрезок на кусочки точками  $x^{(0)*}, x^{(1)*}, x^{(2)*}, \dots, x^{(k)*}$ , где  $x^{(0)*} = x^\circ[v], \dots, x^{(k)*} = x^*$ .

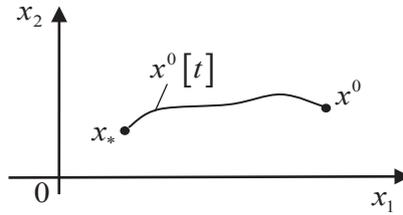


Рисунок 1

*Вспомогательная задача.* Подобрать к функции  $u^\circ[t] + \Delta^{(1)}u[t]$  или  $u^\circ[t] + \omega^{(1)}[t]$ , где  $\omega^{(1)}[t]$  найти так, чтобы движение  $x^{(1)}[t]$  пришло в состояние  $x^{(1)}[v] = x^{(1)*}$ , а управление будем искать следующим образом:  
 движение  $x^{(1)}[t]$ ,  $t_* \leq t < \vartheta$ , удовлетворяет уравнению

$$x^{\circ(1)}[t] = f(\tau, x^{(1)}[t], u^{(1)}[t], v[t]), \quad t_* \leq t < \vartheta,$$

где  $x^{(1)}[t]$ ,  $u^{(1)}[t]$  – неизвестные функции.

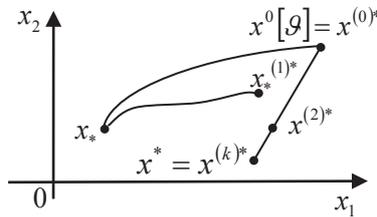


Рисунок 2

Для того, чтобы их определить, составим разность  $\Delta^{(1)}x[t] = x^{(1)}[t] - x^\circ[t]$  и продифференцируем обе части уравнения по  $t$  с учетом предыдущих дифференциальных уравнений:

$$(\Delta^{(1)}x[t])' = f(t, x^{(1)}[t], u^{(1)}[t], v[t]) - f(t, x^{(0)}[t], u^{(0)}[t], v[t]), \quad t_* \leq t < \vartheta.$$

Разложим функцию  $f(t, x^{(1)}[t], u^{(1)}[t], v[t])$  по формуле Тейлора, выделяя линейную часть по  $\Delta x$  и по  $\Delta u$  [5]:

$$\begin{aligned} f(t, x^{(1)}[t], u^{(1)}[t], v[t]) &= \\ &= f(t, x^{(0)}[t], u^{(0)}[t], v[t]) + \sum_{k=1}^n \left[ \frac{\partial f}{\partial x_k} \right]_{t, x^{(0)}[t], u^{(0)}[t]} \cdot \Delta^{(1)}x_k[t] \\ &+ \sum_{j=1}^n \left[ \frac{\partial f}{\partial u_j} \right]_{t, x^{(0)}[t], u^{(0)}[t]} \cdot \Delta^{(1)}u_j[t] + R(t, \Delta x[t], \Delta u[t]), \end{aligned}$$

где последнее слагаемое  $R(t, \Delta x, \Delta u)$  член более высокого порядка малости по  $\Delta x$  и по  $\Delta u$ , чем предыдущие слагаемые. После подстановки известных функций  $x^{(0)}[t], u^{(0)}[t]$  в разложение, получим « $n$ » - мерные векторы, компоненты которых известные функции.

Учитывая  $\Delta u^{(1)}[t] = \omega^{(1)}[t]$  и вводя обозначение  $\Delta^{(1)}x = y^{(1)}$ , нелинейное дифференциальное уравнение можно представить в виде

$$\dot{y}^{(1)} = A^{(1)}(t)y^{(1)} + B^{(1)}(t)\omega^{(1)}[t] + R(t, y^{(1)}[t], \omega^{(1)}[t]) \quad (2)$$

при начальном условии  $y^{(1)}[t_*] = 0$ .

Пренебрегая пока последним слагаемым  $R(t, y^{(1)}[t], \omega^{(1)}[t])$  в правой части уравнения, рассмотрим линейное дифференциальное уравнение

$$\dot{y}^{(1)} = A^{(1)}(t)y^{(1)} + B^{(1)}(t)\omega^{(1)}[t], \quad t_* \leq t < \vartheta, \quad y^{(1)}[t_*] = 0. \quad (3)$$

Для этой системы решим задачу: найти управление  $\omega^{(1)0}[t]$ , переводящее линейную систему в состояние  $y^{(1)}[v] = x^{(1)0} - x^{(0)0}$ .

Для решения этой задачи выписываем формулу Коши для момента  $t = \vartheta$ :

$$y^{(1)}[v] = Y^{(1)}(v, t_*)y[t_*] + \int_{t_*}^{\vartheta} Y^{(1)}(v, \tau)B^{(1)}(\tau)\omega^{(1)}(\tau)d\tau, \quad (4)$$

где  $y[t_*] = 0$ ,  $Y^{(1)}(v, \tau)$  – фундаментальная матрица решений однородного уравнения  $\dot{y}^{(1)} = A^{(1)}y^{(1)}[t]$  [4].

В выражении  $y^{(1)}[v] = x^{(1)0} - x^{(0)0} = c^{(1)}$  – известный вектор. Известно из [3], что формулу для управления  $\omega^{(1)0}[t]$  находят из равенства (4)

$$\omega^{(1)0}[t] = B^{(1)'}(t)Y^{(1)'}(v, t)(F^{(1)})^{-1}c^{(1)}, \quad (5)$$

где  $F^{(1)} = \int_{t_*}^{\vartheta} Y^{(1)}(v, \tau)B^{(1)}(\tau)B^{(1)'}(\tau)Y^{(1)'}(v, \tau)d\tau$ .

Итак, нашли управление  $u^{(1)}[t] = u^{(0)}[t] + \omega^{(1)0}[t]$ ,  $t_* \leq t < \vartheta$ , где  $\omega^{(1)}[t]$  определено формулой (5).

Таким образом, сделали первую коррекцию управления  $u^{(0)}[t]$ . Найденное управление приводит объект в состояние  $x[v] = x^{(1)*}$ . Однако управление  $\omega^{(1)0}$  найдено для линейной системы, пренебрегая слагаемым  $R(t, y^{(1)}, \omega^{(1)})$ , поэтому движение, порожденное управлением  $u^{(1)}[t]$ , приводит в некоторое состояние  $x_*^{(1)*} \neq x^{(1)*}$ . Можно доказать, что точка  $x_*^{(1)*}$  будет достаточно близко к точке  $x^{(1)*}$  (рис. 2).

Тогда на каждом  $i$ -ом шаге,  $i = 1, 2, \dots, k-1$  будут получаться линейные системы для  $y^{(i)}[t]$  с искомым управлением  $\omega^{(i)}[t]$ . В итоге найдется управление

$$u^{(k)}[t] = u^{(k-1)}[t] + \omega^{(k)}[t],$$

приводящее объект из исходного состояния  $x[t_*] = x_*$  в состояние  $x[\vartheta] = x_*^{(k)*}$ , отличающееся от требуемого состояния  $x^*$  на малую величину, если разбиение отрезка  $[x^{(0)*}, x^*]$  выбрать достаточно малым. Найденное таким образом управление  $u^{(k)}[t]$  можно принять за искомое управление  $u_*^0[t]$ , решающее исходную задачу.

Задачи управления методом коррекции по параметру.

Наряду с нелинейной системой  $\dot{x} = f(t, x, u, v)$ ,  $t_* \leq t < \vartheta$ ,  $x[t_*] = x_*$  рассмотрим системы

$$\dot{x}^{(\varepsilon)} = f^{(\varepsilon)}(t, x^{(\varepsilon)}, u, v), \quad t_* \leq t < \vartheta,$$

где  $x^{(\varepsilon)}$  –  $n$ -мерный вектор;

$0 \leq \varepsilon \leq 1$  – параметр (число);

$f^{(\varepsilon)}(t, x^{(\varepsilon)}, u, v) = h(t, x^{(\varepsilon)}, u, v, \varepsilon)$  – некоторая выбранная функция. Ее выберем так, чтобы при  $\varepsilon = 1$  выполнялось равенство  $h(t, x, u, v, 1) = f(t, x, u, v)$ , а при  $\varepsilon = 0$  получилась система,

$$\dot{x}^{(0)} = h(t, x^{(0)}, u, v, 0), t_* \leq t < \vartheta,$$

для которой умеем решать следующую задачу:

Найти управление  $u^0[\cdot] = \{u^{(0)}[t], t_* \leq t < \vartheta\}$ , переводящее систему  $\dot{x}^{(0)} = h(t, x^{(0)}, u, v, 0)$  из состояния  $x[t_*] = x_*$  в состояние  $x[\vartheta] = x_0^*$ . Далее отрезок  $[0, 1]$  разбиваем точками  $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$  на части произвольным образом так, чтобы отрезки были достаточно малы. Зная решение при  $\varepsilon_0 = 0$ , находим решение задачи  $\varepsilon = \varepsilon_1$ , т. е. находим функцию  $u^1[\tau]$ , переводящую систему из начального состояния  $x_*$  в состояние  $x[\vartheta] = x_0^*$ . Тем самым делаем первую коррекцию управления  $u^0[\cdot]$  по параметру  $\varepsilon$ . Дальше от решения задачи  $\varepsilon = \varepsilon_1$  переходим к решению задачи при  $\varepsilon = \varepsilon_2$  и т. д. Тогда при  $\varepsilon = \varepsilon_k = 1$  найденную функцию  $u^k[\cdot] = \{u^{(k)}[\tau], t_* \leq t < \vartheta\}$  можно считать решением исходной задачи.

Эти последовательности решения проиллюстрируем на примере для линейной системы.

Пусть функция  $h(t, x, u, v, \varepsilon)$  будет в специальном виде:

$$h(t, x, u, v, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)(Ax + Bu + Cv) + \varepsilon f(t, x, u, v),$$

где  $A, B, C$  известные матрицы.

При  $\varepsilon = 1$  получим систему  $\dot{x} = f(t, x, u, v)$ , а при  $\varepsilon = 0$  имеем дифференциальное уравнение

$$\dot{x}^{(0)} = Ax^{(0)} + Bu + Cv.$$

Оно является линейной системой с детерминированной помехой  $v$ . Для этой системы известно, как решать задачу о выборе управления  $u^0[\tau]$ , переводящего объект из состояния  $x^0[t_*] = x_*$  в состояние  $x^0[\vartheta] = x^*$  [1] (рисунок 3).

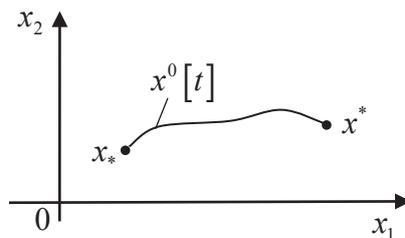


Рисунок 3

Возьмем  $\varepsilon = \varepsilon_1$  и решим ту же задачу для объекта, движение которого описывается уравнением  $\dot{x}^{(\varepsilon_1)} = h(t, x^{(\varepsilon_1)}, u, v[t], \varepsilon_1)$ ,

где  $h(t, x^{(\varepsilon_1)}, u, v[t], \varepsilon_1) = (1 - \varepsilon_1)(Ax^{(\varepsilon_1)}[t] + Bu^{(1)}[t] + Cv[t]) + \varepsilon_1 f(t, x^{(\varepsilon_1)}, u^{(1)}, v[t])$ .

Введем обозначения:

$\dot{y}^{(1)}[t] = \dot{x}^{(\varepsilon_1)}[t] - \dot{x}^{(0)}[t] = h(t, x^{(\varepsilon_1)}, u^{(1)}[t], v[t], \varepsilon_1) - h(t, x^{(0)}, u^{(0)}[t], v[t], 0)$   
с граничными условиями  $y^{(1)}[t_*] = 0, y^{(1)}[\vartheta] = 0$  (рисунок 4).

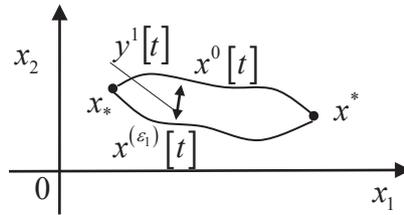


Рисунок 4

Управление  $u^{(1)}[\tau], t_* \leq t < \vartheta$  для  $\varepsilon = \varepsilon_1$  ищем в виде

$$u^{(1)}[\tau] = u^{(0)}[\tau] + \omega^{(1)}[\tau], t_* \leq \tau < \vartheta,$$

где  $\omega^{(1)}[\tau]$  – искомое управление, которое находим путем разложения правой части уравнения в ряд Тейлора, выделяя линейные части по  $\Delta x, \Delta u$  и  $\Delta \varepsilon$ . Тогда получим уравнение вида

$$\dot{y}^{(1)} = A^{(1)}(t)y^{(1)} + B^{(1)}(t)\omega^{(1)}[t] + \left[ \frac{\partial h}{\partial \varepsilon} \right]_{t, x^{(0)}, u^{(0)}[t], \varepsilon=0} \Delta^{(1)}(\varepsilon) + R(\Delta \varepsilon, \Delta u, \Delta x),$$

где  $R(\Delta \varepsilon, \Delta u, \Delta x)$  – функция члены более высокого порядка малости по  $\Delta x, \Delta u$  и  $\Delta \varepsilon$ ,  $\Delta^{(1)}(\varepsilon) = \varepsilon_1 - \varepsilon_0$ .

Пренебрегая в уравнении членами высшего порядка малости  $R(\Delta \varepsilon, \Delta u, \Delta x)$ , находим управление  $\omega^{(1)*}[\tau]$ , переводящее систему из начального состояния  $y^{(1)}[t_*] = 0$  в состояние  $y^{(1)}[\vartheta] = 0$ . Таким образом, найденное управление  $u^{(1)}[\tau] = u^{(0)}[\tau] + \omega^{(1)}[\tau]$  приводит движение из состояния  $x^{(\varepsilon_1)}[t_*]$  в состояние  $x^{(\varepsilon_1)*} \neq x^*$ , так как при решении задачи пренебрегаем членами  $R(\Delta \varepsilon, \Delta u, \Delta x)$ . Если линейная часть системы обладает хорошим свойством управляемости, то ошибка конечных состояний  $|x^{(\varepsilon_1)*} - x^*|$  будет по  $\varepsilon$  величиной высшего порядка малости.

Далее делаем вторую коррекцию управления по параметру  $\varepsilon = \varepsilon_2$  и т. д. В этом случае найденное решение  $u^{(k)}[\tau]$ , соответствующее значению  $\varepsilon = \varepsilon_k = 1$ , будем считать решением исходной задачи.

Способ коррекции по параметру оказывается лучше, чем способ коррекции по конечному краевому условию. Решение  $u^{(k)}[\tau]$ , найденное по способу коррекции, получается близким к оптимальному по тому или иному показателю качества  $\gamma$ , если на каждом шаге коррекции по  $\varepsilon^{(i)}$  выбрать управление  $\omega^{(i)}[t]$ , оптимальное по подходящему показателю.

*Задача.* Найти оптимальное управление  $u[t]$ , переводящее систему

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_3 + 0,3x_1^2 - 0,3x_1x_3 + 0,5x_3^2, \\ \dot{x}_3 = u + 0,1x_1u \end{cases} \quad (6)$$

из начального состояния  $x(0) = (0,1; 0; 0)$  в состояние  $x(2\pi) = (0; 0; 0)$  и имеющего при этом наименьшую возможную норму

$$\gamma[u] = \max_{0 \leq t \leq 2\pi} |u(\tau)|. \quad (7)$$

Решение. Сначала найдем решения для системы первого приближения:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_3, \\ \dot{x}_3 = u. \end{cases} \quad (8)$$

Из системы (8) найдем  $u^{(1)}(t)$ , имеющее норму (7) и переводящее эту систему из начального состояния  $x(0) = (0,1; 0; 0)$  в конечное состояние  $x(2\pi) = (0; 0; 0)$ . Сформулированная задача имеет решение  $u^{(0)}(\tau)$  при любом начальном значении  $x(0)$ , так как система (6) вполне управляема. Для того, чтобы система (6) была вполне управляемой на отрезке  $[0; 2\pi]$ , необходимо и достаточно, чтобы векторы  $b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ ,  $Ab = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ,  $A^2b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$  были линейно независимы или ранг матрицы  $K = (b, Ab, A^2b)$  был равен  $r_K = 3$ .

Составим фундаментальную систему решений  $S(\tau, T)$ :

$$\dot{S}_1 = S_2, \dot{S}_2 = -S_1, \dot{S}_3 = u, \quad (9)$$

сопряженную данной (однородной) системе (1) (при  $u = 0$ ), которая имеет вид

$$S(\tau, T) = \begin{vmatrix} \cos(T - \tau) & \sin(T - \tau) & 0 \\ -\sin(T - \tau) & \cos(T - \tau) & 0 \\ 1 - \cos(T - \tau) & -\sin(T - \tau) & 1 \end{vmatrix} \quad (10)$$

и рассмотрим вектор функции  $h(\tau) = b^T(\tau)S(\tau, T) \cdot k$

$$\text{В данном случае } h(\tau) = k_1(1 - \cos(T - \tau)) + k_2 \sin(T - \tau) + k_3. \quad (11)$$

Как известно из [2], оптимальное управление  $u^{(0)}(\tau)$  определяется выражением:

$$u^{(0)}(\tau) = \frac{1}{\rho^0} \text{Sgn} h^{(0)}(\tau), \quad (12)$$

где  $h^{(0)}(\tau)$  – экстремальная функция;

$\rho^0$  – расстояние от точки  $h^{(0)}(\tau) \equiv 0$ .

В данном примере экстремальная функция  $h^{(0)}(\tau)$  находится из условия  $v^{(0)} = \max_k (k_1 c_1 + k_2 c_2 + k_3 c_3) > 0$  при

$$\int_0^T |k_1[1 - \cos(T - \tau)] + \sin(T - \tau) + k_2 + k_3| d\tau = 1$$

и достигается на векторах  $k^0 = \{k_1^*, k_2^*, k_3^*\}$ , при этом  $v^0 = \frac{1}{\rho^0}$ .

Тогда согласно формуле (12) оптимальное управление равно

$$u^{(1)}(\tau) = v^{(0)} \text{Sgn}(k_1^* \cos(\tau) + k_2^* \sin(\tau) + k_3^*), \quad (13)$$

где  $k_1^*, k_2^*, k_3^*$  – постоянные числа, которые определяются в зависимости от начальных условий системы. Если начальное условие системы  $x(0) = (0,1; 0; 0)$ , то  $k_1^* = 0,1/4$ ,  $k_2^* = 0$ ,  $k_3^* = 0$  и следовательно, число  $v^0 = 0,1/4 = 0,25$ . Подставляя в формулу (13) получаем

$$u^{(1)}(\tau) = \frac{1}{4} \text{Sgn}(\cos \tau). \quad (14)$$

Определим движения  $x^{(1)}(t)$  системы (8) из первого приближения при  $u^{(1)}(t)$ . Произведя необходимые вычисления, получим:

$$\left. \begin{aligned} x_1^{(1)}(t) &= \begin{cases} 0,1\text{cost} - 0,025\text{sint} + 0,025t, & 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}, \\ 0,05\text{cost} - 0,025\text{sint} - 0,025t + 0,0784, & \frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{3\pi}{2}, \\ -0,025\text{sint} + 0,025t - 0,15708, & \frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi. \end{cases} \\ x_2^{(1)}(t) &= \begin{cases} -0,025\text{cost} - 0,1\text{sint} + 0,025, & 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}, \\ -0,05\text{sint} - 0,025\text{cost} - 0,025, & \frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{3\pi}{2}, \\ -0,025\text{cost} - 0,05\text{sint} + 0,025, & \frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi. \end{cases} \\ x_3^{(1)}(t) &= \begin{cases} 0,025t, & 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}, \\ 0,07854 - 0,025t, & \frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{3\pi}{2}, \\ 0,15708 + 0,025t, & \frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi. \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Для решения системы (6) второго приближения разложим правую часть в степенной ряд по  $x$  относительно начальных данных  $x(0)$  по формуле

$$y^{(2)}(t) = \int_0^T X[t, \tau] z^{(2)}(\tau) d\tau, \quad (16)$$

где  $z^{(2)}(\tau) = 0,3x_1^2 - 0,3x_1x_2 + 0,05x_2^2$ ;

$X[t, \tau]$  – фундаментальная матрица решений однородного уравнения системы (6). Вычисляя по формуле (16), получим:

$$y_1^{(2)}(2\pi) = -0,00128, \quad y_2^{(2)}(2\pi) = 0,00075, \quad y_3^{(2)}(2\pi) = 0,00049.$$

Найдем управление  $u^{(2)}(t)$ , которое имеет наименьшую возможную норму (7) и переводит систему (8) из начального состояния  $x(0) = (0,1; 0; 0)$  в конечное состояние  $x(2\pi) = -y^{(2)}(2\pi) = \{0,00128; -0,00075; 0,00049\}$ .

Решение имеет вид:

$$u^{(2)}(t) = 0,02456\text{Sgn}(0,07776 \text{ sint} + 10,18093\text{cost} - 0,05(83)).$$

Таким образом, описана процедура построения управления  $u(t)$ , переводящего систему (6) в нужное состояние  $x(2\pi) = (0; 0; 0)$ .

В общем случае на каждом шаге вводя новую систему линейного приближения, можно построить последовательность управлений  $u^{(k)}(t)$ , которая будет сходиться к оптимальному управлению  $u(t)$  для нелинейной системы.

### Вывод

Получены необходимые и достаточные условия оптимальности в задаче программного управления с детерминированной помехой для нелинейной системы и составлены последовательности управлений, аппроксимирующие искомое оптимальное управление для нелинейной системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Байбазаров М. Б. Об одной задаче управления с детерминированной помехой // Вестник КазГАСА. – Алматы: КазГАСА. - № 2. - 2015. – 248 с.
- [2] Балонин Н. А. Новый курс теории управления движением. – М.: Наука, 2000. - 160 с.
- [3] Красовский Н. Н. Теория управления движением. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
- [4] Степанов В. В. Курс дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 2009. – 465 с.
- [5] Хасеинов К. А. Каноны математики. – Алматы, 2003. – 608 с.

## REFERENCES

- [1] Baibazarov M. B., On a control problem with deterministic interference. - Bulletin of KazGASA. - Almaty, 2015.
- [2] Balonin N. A new course in the theory of motion control. - Moscow: Nauka, 2000, 160 p.
- [3] Krasovskiy N. N. Motion Control Theory. - Moscow: Nauka, 1968. - 476 p.
- [4] Stepanov V. V. Course of differential equations. - Moscow: Nauka, 2009. - 465 p.
- [5] Kaseinov K. A. The canons of mathematics. - Almaty, 2003. - 608 p.

## БІРТЕКТІ ЕМЕС ЖҮЙЕДЕГІ ҮЗІЛІСТІ КЕДЕРГІЛЕРДІ БАСҚАРУ ЕСЕПТЕРІ

М. Б. Байбазаров<sup>1</sup>, Б. Ж.Толлеуова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Бұл жұмыстың мақсаты – берілген уақыт аралығында үзілісті кедергілі бағдарламалық басқару есебінің сызықты емес жүйелер үшін тиімді шешімнің қажетті және жеткілікті шарттарын алу болып табылады. Ақырлы жиекті шарттары және параметрлік реттеу әдістері бойынша басқару есебінің тиімділігі айқындалады.

Жұмыста қозғалмалы жүйені берілген бастапқы күйінен соңғы күйіне ең аз нормамен тиімді басқару есебінің бағдарламасы қарастырылады.

Ақырлы жиекті шарты және параметрлік реттеу (коррекциялау) әдістері қолданылды. Параметрлік коррекциялау әдісімен басқару ақырлы жиекті шартымен коррекциялау әдісіне қарағанда тиімділігі көрсетілген, өйткені әрбір қадамдағы параметрлік реттеу тиімді басқарудың сапалық норма көрсеткішіне орай таңдалады.

Қолданылған әдістер біртекті емес жүйелердің басқару есептерін сызықты жүйелердің басқару есебіне келтіреді. Әрбір жүйенің сызықты жуықтауы арқылы басқару тізбектері жинақталатын тиімді басқару құрылады.

Біртекті емес жүйені тиімді басқару есебінің қажетті және жеткілікті шарттары нақты мысалдармен көрсетілген.

**Кілттік сөздер:** дифференциалдық теңдеу, бағдарламалық басқару, үзілісті кедергі, тиімді басқару.

## NONLINEAR SYSTEM CONTROL PROBLEM WITH DETERMINISTIC INTERFERENCE

M. B. Baibazarov<sup>1</sup>, B. Zh. Toleuova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The purpose of this paper is to develop necessary and sufficient conditions for optimality in the problem of programmed control with deterministic interference for a nonlinear system. The problem of programmed optimal control, transferring systems from the given initial to the finite state and having the least norm, is being solved. Correction methods based on the finite boundary condition and on the parameter are applied. The optimal control, found by the parameter correction method turns

out to be better than the correction method based on the finite boundary condition, since at each stage of parameter correction, the optimal control by appropriate correction quality index can be chosen.

Using these methods, the problem of a nonlinear system is reduced to the control problem of a linear system. Optimal control is constructed as convergent control sequences originating each time from the linear approximation system. Necessary and sufficient conditions of optimality for a particular problem are obtained. Optimal control for a non-linear system is constructed.

**Key words:** differential equation, program control, deterministic interference, optimal control.

---

**R. Parkhatova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

## **PROFESSIONAL COMPETENCE DEVELOPMENT OF STUDENTS**

**Abstract.** The article deals with the formation of the creative personality of a specialist capable of self-development, self-education and innovative activity, which is today the main task of higher education. The author draws attention to the need to reorient the student from a passive knowledge consumer to the active creator who can formulate the problem, analyze the ways of solving it, find the optimal result and prove its relevance. One of the conditions for solving this problem is to strengthen the role of independent work of students as one of the main factors in the development of the ability to learn, to think independently. In addition, it is necessary to work on the formation of a sustainable motivation, which ultimately contributes to the further effective professional activity.

**Key words:** self-development, self-education, creative abilities, independent work.

To start with, it is necessary to define quite clearly what independent work of students is. In general, this is any activity related to the education of the future professional's thinking. Any kind of occupation that creates conditions for origin of independent thought, cognitive activity of a student is closely connected with the independent work. In a broad sense, independent work should be understood as the totality of all independent activities of students both in the classroom and outside it, in contact with the teacher and in his absence.

So, organization of educational process in the university should be built in such a way as to develop the ability to learn, to shape the student's ability to self-development, creative application of the acquired knowledge, and the ways of adapting to professional activities in the modern world.

Active students' independent work is possible only if there is a serious and steady motivation. The strongest motivating factor is preparation for further effective professional activity.

Let's consider the internal factors that contribute to the activation of independent work. Among them are the following:

1. Work relevance. If student knows that the results of his work will be used in a lecture course, a methodical manual, in a laboratory workshop or in preparation of a publication or otherwise, then the attitude toward the assignment significantly changes for the better and the quality of the performed work increases. At the same time, it is important to psyche up a student that his work is very important.

2. Participation of students in creative activity. It can be participation in scientific research, experimental design or methodical work conducted at a particular department.

3. An important motivational factor is intensive pedagogy. It involves the introduction of active methods into the educational process, especially game training, which is based on innovative and organizational-activity games. In such games, there is a transition from one-sided private knowledge to multilateral knowledge about the object, its modeling with the identification of leading contradictions, and not just acquisition of the decision-making skill. The first step in this approach is business or situational forms of employment, including use of computers.

4. Participation in Olympiads in academic disciplines, competitions of research or applied works, etc.

5. Use of motivating factors of knowledge control (cumulative assessments, rating, tests, non - standard examination procedures). These factors under certain conditions can cause aspiration to competitiveness, which is a strong motivational factor of student's self-improvement.

6. Encouraging students to succeed in their studies and creative activities (scholarships, bonuses, incentive points) and sanctions for poor schooling. For example, for work that was submitted ahead of schedule, you can put an increased rating, and otherwise reduce it.

7. Another motivation factor in intensive academic work and, first of all, independent work is the personality of the teacher. A teacher can be an example for a student as a professional, as a creative person. The teacher can and should help the student to reveal his creative potential, determine the prospects for his internal growth.

Transition to information society, which is characterized by redistribution of emphases from educational activity to self-educational, is the reason of self-study role increase in modern conditions.

The main thing in organization of independent work of students in the university is not to optimize its individual types of work, but to create conditions for high activity, independence and responsibility of students in the classroom and outside it in the course of all types of educational activities.

There are two main possible directions of constructing the learning process on the basis of independent work of students. The first is an increase of independent work role in the course of classroom activities. Implementation of this way requires teachers to develop methods and forms of organizing classroom activities that provide a high level of students' independence and improve the training quality.

The second is to increase the students' activity in all areas of independent work in extracurricular time. The increase in students' activity at extracurricular time is associated with a number of difficulties. First of all, it is ill-preparedness of majority of students and teachers professionally and psychologically as well. In addition, the existing information support of the educational process is not sufficient for the effective organization of independent work.

The main task of organizing students' independent work (SIW) is to create psychological and didactic conditions for the development of intellectual initiative and thinking in classes of any form. The main principle of SIW organization should become transition of individual work as formal fulfillment of certain tasks with the passive role of a student to cognitive activity with one's own opinion formation when solving the set of problems and tasks. The SIW purpose is to teach the student to make sense and independently work first with educational material, then with scientific information, lay the foundations of self-organization and self-education so as to cultivate the ability to further continuously improve their qualifications.

The crucial role in the SIW organization belongs to the teacher who has to work not with the student «in general» but with the specific personality, with his/her strong and weak sides, individual abilities and bents. The teacher's task is to see and develop the best qualities of the student as future qualified professional.

When studying any discipline, the organization of the SIW should represent the unity of three interrelated forms:

1. Extracurricular independent work.
2. In-class independent work, which is carried out under the direct supervision of the teacher.
3. Creative work, including research work.

Types of extracurricular independent work are diverse:

- writing abstracts essays and other works on the given topics. It is desirable to give the right for the student to choose a topic and even a supervisor of the work;
- doing homework tasks as solution of problems; translation and retelling of texts; selection and study of literary sources; development and scheming; fulfillment of graphic works; making calculations, etc.;
- accomplishing of individual tasks aimed at developing students' independence and initiative. Individual task can be received by each student and part of the students group;
- executing of course projects and works;
- participating in scientific and theoretical conferences, reviews, Olympiads, etc.

In order to develop a positive attitude of students towards extracurricular independent work, it is necessary to clarify the goals of the work at each stage, to monitor the students'

understanding of these goals, gradually forming in them the ability to independently set the task and choose a goal.

In-class independent work can be realized during practical classes, seminars, laboratory work and during lectures.

When reading the lecture course directly in the audience, it is necessary to control the mastering of the material by the main mass of students by conducting rapid surveys on specific topics, test knowledge control, student interviews in the form of the game «What? Where? When?», etc.

In practical and seminar classes, different types of SIW make the learning process more interesting and raise the activity of a significant part of the students in the group.

In practical classes in language learning it is advisable to build practical exercises in the following way:

1. Introductory stage (a teacher poses objectives of the class work).
2. A quick survey of the previous material (vocabulary quizzes, conversation questions).
3. Study of word-building, pronunciation of a new topical vocabulary.
5. Practical use of lexical and grammatical forms (doing grammar exercises, reading texts, discussing questions).

To conduct classes it is necessary to have a large bank of tasks and tasks for independent decision, and these tasks can be differentiated according to the degree of complexity.

When conducting seminars and practical classes, students can carry out SIW individually and in small groups (creative teams), each of which develops its own project (task). The completed project (e.g. preparing presentation of the given topic, using pictures, facts and questions to the audience) is then reviewed by the rest of the group and discussion is held, making presentation increases the role of the SIW and strengthens the desire for its high-quality implementation. This system of organizing practical classes allows you to introduce research elements into tasks, simplify or complicate assignments.

In scientific literature several pedagogical approaches are identified in the study of self-education.

1. in the framework of lifelong learning, as a component binder;
2. as a part of education, ensuring its continuity throughout a person's life;
3. as one of the most dynamic forms of professional development and training;
4. as a category in sociological studies;
5. as an integral part of self-education, self-improvement, self-development in the context of educational and social psychology.

Besides, one should distinguish between such concepts as «independent work», «self-learning» and «self study». Education is the process of forming the man himself by means of knowledge [1; 21]. The basic paradox of education is that it always appears as a self-education process. «Education» should be distinguished from learning, the purpose of which is to endow a person with useful skills for their own development.

Self-education as the notion of activity in the pedagogical literature has various definitions: on the one hand, self-education is «the purposeful systematic cognitive activity operated by the personality, aimed at education improvement» [1; 33], it is an extended continuation of the general and professional education thanks to which knowledge is enlarged and gaps in spiritual development of the person are filled in. On the other hand, self-education is considered as «the type of free activity of the personality (social group) which is characterized by its free choice and directed on satisfaction of needs for socialization, self-realization, increase of cultural, educational, professional and scientific levels, receiving satisfaction and pleasure. Self-education is, rather free and, at the same time, the most difficult type of educational activity as it is connected with procedures of a self-reflection, self-assessment, self-identification and development of skills independently to find actual knowledge and, to transform them to practical activities» [3; 143].

Taking into consideration a variety of definitions of self-education, it is possible to distinguish its some essential features, such as: independent search of additional information, acquisition of knowledge, development continuation.

Self-education is determined by the following characteristics:

1. Self-education takes place only on the basis of deep perspective internal motives.
2. Self-education is a process of knowledge expansion and self-improvement based on self-checking, initiative mastering of knowledge.
3. Self-education is carried out without outside detailed management, it is individual cognitive activity, additional to the main occupation.

Self-education like any other kind of activity has the following components: motivational; task-based (indicative); procedural; organizational; energetic; estimational.

In the course of self-education the motivational side of it is clearly seen. Self-consciousness and planning are the main incentive motives of self-education. The task-based component is directly connected with it. For self-education its procedural part is especially significant. Ability of the student to carry out independent cognitive activity defines its functioning. Process of knowledge self-organization is of less value: choice of working methods, time planning, self-checking.

Self-checking helps to define quality of learning achievements, problem points, definition of the following educational tasks, gives to the future engineer a chance to build the following cycle of self-education more consciously. The energetic component including both a strong-willed and emotional aspects of activity is also important in self-educational activity. It means that self-education is always carried out at the high level of informative, strong-will and emotional activities.

For self-education active informative requirements and interests, effective internal motivation of the personality to self satisfaction are necessary. For this purpose the personality should have considerable strong-willed efforts, high degree of self consciousness and self organization.

In the process of self-study a man is both a subject and an object of the activities that determine the structural components of the activity. Self-study components include: own goal-setting; internal demand for self-learning, self-organization of cognitive activity.

The main stimulate motive for self-learning is a change in students' attitude to themselves and to their activities, «awareness of the ability to go beyond the specified tasks, creatively transform themselves» [2; 76]. The self study source is the students' desire to do active cognitive work. Evaluation of the results is accompanied by formation of new meaningful motives and ends with setting up new goals.

The principal difference of individual work from self study is that individual work is mainly encouraged and controlled from the outside, while the self-study is directed by internal motives that go beyond training tasks. In some situations, when solving certain problems individual activity and self-study can be so closely interconnected that they are very difficult to disconnect.

We tried to consider the self study as a deliberate, systematic, self - controlled cognitive activity of students that can be developed under two fundamental conditions: the necessity in self-education and its accomplishment in a certain situation. Successful training requires a certain level of cognitive activity and independence in self-education. The basic skills of self-education are the following:

- ability to predict further development of the situation that allows taking up decisions, visualize the entire following-up activity;
- ability to plan, taking into account the time factor, variety of options and use of different approaches in decision-making;
- ability to organize that ensures planned actions;
- ability to estimate, control and regulate, that helps critically evaluate their potential in solving independent tasks.

An important point in self-study is to have a strong habit of systematic intellectual work, which is developed progressively.

Thus, the relationship of cognitive activity and self-education is evident: self study is one of the highest forms of demonstration of cognitive activity necessary for the development of professional competence of University students.

## REFERENCES

- [1] Encyclopedia of Pedagogical technologies: Materials for specialists of educational institutions / Edit. by L. N. Kogan. – St. Petersburg: KARO, 2001. - 367 p. (in russ.).
- [2] Pedagogy. Workshop and teaching materials. – St. Petersburg VLADOS, 2003. - 415 p. (in russ.).
- [3] Shuklina Ye. A. Technologies of self-education: the sociological aspect // Social sciences and modernity. - № 5. – 1999. - P. 140-151 (in russ.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Энциклопедия педагогических технологий: Материалы для специалистов образовательных учреждений / Под ред. Л. Н. Коган. – СПб: КАРО, 2001. - 367 с.
- [2] Педагогика. Практикум и методические материалы. – СПб: ВЛАДОС, 2003. - 415 с.
- [3] Щуклина Е. А. Технологии самообразования: социологический аспект // Общественные науки и современность. - № 5. – 1999. - С. 140-151.

## РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ

**Р. Пархатова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос формирования творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию и инновационной деятельности, что на сегодняшний день является главной задачей высшего образования. Автор акцентирует внимание на необходимость переориентировать студента от пассивного потребителя знаний к активному созидателю, умеющему формулировать проблему, анализировать пути ее решения, находить оптимальный результат и доказывать ее правильность. Одним из условий решения этой задачи является усиление роли самостоятельной работы студентов как одного из основных факторов развития умения учиться, самостоятельно мыслить. Кроме того, следует работать над формированием устойчивой мотивации, способствующей в конечном итоге дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

**Ключевые слова:** саморазвитие, самовоспитание, самообучение, творческие способности, самостоятельная работа.

## СТУДЕНТТЕРДІҢ КӘСІБИ ҚҰЗЫРЛЫЛЫҒЫНЫҢ ДАМУЫ

**Р. Пархатова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада қазіргі таңда жоғарғы білім берудің басты міндеті болып табылатын маманды өз бетінше дамыту, өзіндік білім алуға және жаңашаландырылған қызметтік қабілетті шығармашылық тұрғыдан қалыптастыру мәселесі қарастырылған. Автор студентті ырықсыз пайдаланушы ретінде емес, белсенді танушы ретінде бағыттағысы келеді, осы арқылы білім алушы мәселені талдап талқылауды және оны шешуді үйренеді, сондай-ақ оңтайлы нәтижені шығарып, оның дұрыстығын дәлелдеуге ұмтылады. Бұл мәселені шешудегі шарттардың бірі - студенттерді өзіндік жұмысқа үйрету, өздігінен оқып ойлануды дамыту болмақ. Сонымен қатар, ынталандыруды қалыптастыру болашақта тәжірибелі маман болып қызмет атқаруға септігін тигізетіні сөзсіз.

**Кілттік сөздер:** өзіндік даму, өзін-өзі тәрбиелеу, өздігінен білім алу, шығармашылық қабілет, өзіндік жұмыс.

**Т. С. Курманбаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан  
e-mail: t.kurmanbaeva@mail.ru

## **К ВОПРОСУ О СЕМАНТИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО СЛОВА**

*Аннотация.* В статье рассматриваются общие тенденции развития термина и терминосистемы, обусловленные состоянием языка науки и техники. Особое место отводится вопросам современного терминоведения, связанным с формированием и развитием научной терминологии. Определяются отличительные признаки слово-термина, проявляющиеся и реализующиеся в строго определенной системе. Приводятся примеры слов семантического образования, предстающих в терминосистемах. Семантическая структура слова описывается широко известным в языкознании семантическим треугольником, в котором выделяются предмет и понятие. Кроме этого, рассматриваются лингвистические характеристики термина, которые охватывают принципиально различающиеся между собой аналитический и синтетический способы выражения понятий языковыми средствами. Делается вывод о том, что признак единства означающего и означаемого позволяет считать языковым знаком любую формально выраженную единицу, имеющую языковое (лексическое или грамматическое) значение.

*Ключевые слова:* термин, семантическая структура, общепотребительные слова, терминоведение, семиотика, лингвистика.

Проблема термина и терминологической системы языка всегда была и продолжает оставаться одной из самых актуальных вопросов не только в науке о языке, но и в системе гуманитарного знания. Языковая деятельность человека является прямым показателем постоянного развития науки и техники. Это обстоятельство во многом объясняется общей тенденцией развития науки как таковой и лингвистики в том числе, которая отражает современные процессы во всех сферах жизни. Общеизвестно, что наряду с такими процессами, как глобализация, компьютеризация, вестернизация в современном мире проявляется и процесс терминологического взрыва.

На протяжении длительного времени лингвисты работают над изучением терминов. Неоднократно предпринимались попытки познания их теоретической сущности, к сожалению, не приведшие к однозначному ответу.

Общие тенденции развития термина и терминосистемы обусловлены состоянием самого языка как такового, в нашем случае – языка науки и техники. Термины, являясь составной частью языка любой науки, приводят к изменению научных взглядов и к созданию новых терминов, методов их изучения. При анализе сегодняшнего состояния термина можно рассмотреть его большую семантическую гибкость и способность появления новых терминов на базе уже имеющихся.

Термин является объектом изучения многих наук, так как каждая из них имеет свою область исследования и соответственно свою терминологию. Из этого можно заключить, что у каждой отрасли есть свое понимание онтологии (природа) термина, что не позволяет предложить единые понятия термина. С позиции лингвистики языковое определение термина дается как феномен языка.

Смысловые и формальные характеристики термина стали изучать в середине XX века. Первым стал исследовать область терминологии один из выдающихся деятелей науки Российской Федерации, доктор филологических наук, профессор Раймунд Генрихович Пиотровский [5]. Он считал, что разработка теории термина нужна, потому что специалисты разных сфер науки и техники нуждаются в теоретической помощи языковедов, в их конкретной терминологической работе.

Большинство ученых таких, как И. В. Арнольд, Р. А. Будагов, В. П. Даниленко, В. А. Звегинцев, Н. З. Котелова, Н. П. Кузькин, С. И. Коршунов, К. А. Левковская, В. М. Лейчик, А. И. Моисеев, Н. К. Сухов, Л. И. Скворцов определили разные направления в изучении терминологии.

Терминологическая работа как особая целенаправленная человеческая деятельность порождает свою терминологию. Рассмотрим ключевые понятия «термин» и «терминология».

Термин (от лат. слово *terminus* – граница, предел) – слово или словосочетание или сокращение, выражающее специальное (научное, техническое, медицинское и т. п.) понятие. Термины посредством конкретной терминологической системы (терминологии) могут входить в общую лексическую систему. Если в общем языке (вне данной терминологии) слово может быть многозначным, то, попадая в определенную терминологию, оно приобретает однозначность. Отличительными признаками термина принято считать такие свойства, как: 1) наличие точного научного определения, т. е. научная дефиниция; 2) системная организация терминологического поля; 3) однозначность (отсутствие полисемии) в пределах соответствующей терминологической отрасли, отражающей ту или иную сферу научного знания, профессиональной деятельности специальной сферы жизни и самой действительности; 4) стилистическая немаркированность; 5) отсутствие оценочно-экспрессивных и подобных смысловых и жанрово-стилистических коннотаций.

Многие термины иногда не ограничиваются их использованием лишь в одной отрасли знания. Такие слова-термины принято называть межотраслевыми терминами, их статус схож со словами омонимами, поэтому некоторые лингвисты их называют межотраслевыми омонимами, например, слово «система» как термин используется в ряде отраслей знания как гуманитарного, так и естественнонаучного цикла; термин «связь» в лингвистике – синтаксическая связь, в общественно-политических дисциплинах – общественная связь, политическая связь, в технической сфере – электрическая связь. Примеры терминов семантического образования, предстающих перед нами в терминосистемах, могут быть как результатом семантического образования предыдущих этапов развития терминологии, так и следствием живых процессов образования в современном русском языке, т. е. фактом синхронного образования. Указанные отличительные признаки слово-термина проявляются и реализуются в строго определенной системе. Это значит, что слово как термин выполняет свою функцию лишь в текстах и ситуациях определенной сферы научного знания, определенной научной дисциплины. В других случаях, когда это слово используется не в своей основной терминологической функции, происходит так называемый процесс детерминологизации, т. е. использование слова в общеупотребительном значении.

Процессы детерминологизации (переход термина в общеупотребительную лексику) и терминологизации (переход общеупотребительного слова в термин, например «окончание») свидетельствует о взаимовлиянии терминологической и нетерминологической лексики. Совместно с терминологизацией, в основе, которой лежит метафора, к способам создания терминов относится ретерминологизация – перенос готового термина из одной дисциплины в другую с полным или частичным переосмыслением, ср. «дифференциал» (математический) – дифференциал (лингвистический). Термины могут заимствоваться из другого языка (сюда же можно отнести калькирование), а также создаваться из морфемного перечня собственного языка или из интернациональных элементов.

Термины являются объектом самостоятельной лингвистической дисциплины – терминоведение. Термины различных отраслей знания нашли отражения в специальных терминологических словарях.

Термины существуют не просто в языке, а в составе определенной терминологии. Главной единицей терминологии (наименьшей её составной частью), как мы уже

говорили, является слово. Поэтому концепция слова-термина занимает в терминоведении важнейшее место.

Само понятие терминологии, несмотря на его широкое использование в лингвистической литературе, как известно, не получило однозначного, общепринятого определения, более того, один и тот же автор нередко дает несколько дефиниций термина, терминологии. Так, например, В. П. Даниленко дает 7 определений [2], а В. М. Лейчик – 19 определений [3; 7].

Значит, терминология – это совокупность терминов данной отрасли производства, деятельности, знания, образующая особый сектор лексики, наиболее доступный сознательному регулированию и упорядочению. Терминология учитывает как собственно языковые особенности термина-слова (собственно лингвистическую нормативность, т. е. правильность образования и правильность употребления терминов), так и специфику терминов как знаков специальных понятий (содержательную и логическую нормативность).

Когда слово становится термином, то его значение специализируется и ограничивается. В зависимости от той или иной терминологии, куда попадает данное слово, образуется новое значение и отсюда иные сочетания с окружающими словами (определениями, дополнениями, сказуемыми), т. е. в языкознании существует различные подходы к определению онтологии слова. Прежде всего, представлен сугубо формальный, фонетический подход, когда слово рассматривается как единица, облеченная в звуковую оболочку. Возможен сугубо грамматический (морфологический, синтаксический) подход к установлению природы слова. Очень часто используется и лексико-семантический подход к определению слова как единицы языка. В языке речи функционируют слова-термины и слова-не термины или общеупотребительные обиходные слова. В связи с этим А. А. Реформатский очень верно заметил: «А ведь лингвистически это целая проблема – обиходное слово и термин ...» [6: 53].

Слово как единица языка обладает не только формальной оболочкой, но и имеет план содержания, представляющий собой смысловое единство (семантическую сторону). Это единство (т. е. слово) является воспроизводимым в речи единицы, т. е. оно существует в языке как данность.

Рассмотрим ряд слов: дерево, листья, машинка, энергия, интеграция, индексация.... Все эти слова можно рассматривать как термины и как нетермины в зависимости от контекста и содержания, которое вкладывается в каждое из них. Так, слово «дерево» в терминологическом значении употребляется в биологии для обозначения вида растительного мира, в общеупотребительном же значении оно используется как номинативная единица в разговорной речи: он срубил это огромное дерево (сравни в биологии: дерево как вид растительного мира отличается от кустарника рядом биологических особенностей в строении). Отличается это слово и в функциональных стилях: к осени листья, стоящие на опушке леса, стали осыпаться и дерево как биологическое явление состоит из корня, ствола, ветки и листьев... и т. д.

Любая лексическая единица имеет значение. Известно, что слово как единица языка – явление многостороннее и имеет признаки физиологические, акустические, психические, социальные. Слово оказывается совокупностью различных по своей природе «работ» человеческого организма, необходимых для выяснения и осуществления различных состояний и действий человеческого сознания.

Семантическая структура слова описывается широко известным в языкознании семантическим треугольником, в котором выделяются предмет (или денотат или референт), а также понятие (или десигнат): слово обозначает предмет и выражает понятие.

В процессе решения номинативной парадигмы у ученых возникают различные мнения, согласно которым, слово сопоставляется не только с предметом, но и с некоторым понятием, соотношенным с данным предметом. Ментальная интенция бывает разной и может связываться как с точными, так и с абстрактными объектами

действительности. Такое семиотическое мнение нашло свое конкретное претворение в семантическом треугольнике или треугольнике Фреге (рисунок 1) [8].



Рисунок 1

Чтобы оказаться «включенными» в семантическую систему языка, и предмет, и понятие (общее представление) должны быть названными, т. е. им должно соответствовать слово – имя (или словосочетание – имя). В процессе общения человек постоянно находится в так называемых знаковых ситуациях. Условимся считать знаком любой материальный носитель социальной информации.

Лингвист, рассматривая лингвистические характеристики термина, старается охватить принципиально различающиеся между собой аналитический и синтетический способы выражения понятий языковыми средствами. Основываясь на различии между этими способами, представляется возможным найти основные лингвистические критерии идентификации терминов как особых языковых единиц, применяемых для выражения специальных понятий.

Рассмотрим один из способов – аналитический. Аналитическим мы называем такой способ выражения понятий, при котором отдельные компоненты знакового выражения, передающего понятие, соотносятся с отдельными его признаками (видовыми или родовыми). Значение такого знакового выражения представляет собой простую совокупность значений компонентов, отношения между которыми отражают взаимодействие между признаками соответствующих понятий, которые называются отдельными компонентами знакового выражения. Знаковое выражение «электрический двигатель» (и его синоним электродвигатель) наделен аналитическим характером, что подтверждается его значением, данным в «Международном электротехническом словаре»: «электрическая машина, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую» [4: 43]. Поскольку слово «двигатель» является многозначным, то за пределами подязыка электротехники оно имеет значение «машина, превращающая какой-нибудь вид энергии в механическую работу». Сопоставляя это значение с сочетаниями «электрический двигатель» и «тепловой двигатель», мы видим, что в первом случае оно является двигателем, преобразующим электрическую энергию в механическую энергию, а во втором случае – двигателем, преобразующим тепловую энергию, выделяемую при сгорании топлива, в механическую работу [4].

Таким образом, сравнительный анализ семантической структуры данных сочетаний показал, что у них одинаковая структурно-семантическая модель, а в сочетании «электрический двигатель» прилагательное обозначает вид энергии, а существительное – машину. См. атомный двигатель, тепловой двигатель и т. п., где каждый компонент является аналитическим и имеет свое самостоятельное значение.

Рассматриваемые словосочетания выражает понятия аналитически, отдельно называя его видовой (электрический) и родовой (двигатель) признаки. При этом термины различным образом соотносятся со значением мотивирующего слова: могут расширять

его семантическую структуру или отделяться от него, расщепляясь для образования новых семантических структур.

Предлагаемое понятие термина как отдельного языкового знака связано с уточнением самого понятия языкового знака, который рассматривается нами как семантически целостная языковая единица. Признак единства означающего и означаемого позволяет считать языковым знаком любую формально выраженную единицу, имеющую языковое (лексическое или грамматическое) значение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Арнольд И. В. Импликация как прием построения текста и предмет филологического изучения // Вопросы языкознания. – М.: Наука. - № 4. - 1978. – 156 с.

[2] Даниленко В. П. Русская терминология: опыт лингвистического описания. – М.: Наука, 1977. – 246 с.

[3] Лейчик В. М. Обоснование структуры термина как языкового знака понятия // Терминоведение. – М.: Московский лицей. - № 2. - 1994. – 170 с.

[4] Международный электротехнический словарь. Группа 25. Производство и распределение электрической энергии. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 163 с.

[5] Пиотровский Р. Г. К вопросу об изучении терминов // Уч. записки ЛГУ. Сер. филол. наук. Вып. 18. Вопросы грамматического строя и словарного состава языка. – Л.: ЛГУ им. А. А. Жданова. - № 2. - 1952. – 162 с.

[6] Реформатский А. А. Мысли о терминологии // Современные проблемы русской терминологии. – М.: Наука, 2006. – 198 с.

[7] Суперанская А. В., Подольская Н. В., Васильева Н. В. Общая терминология. – М.: Наука, 1989. – 244 с.

[8] Фреге Г. Смысл и денотат // Семиотика и информатика. Вып. 8. – М.: ВИНТИ, 1977. – 379 с.

### REFERENCES

[1] Arnold I. V. Implication as a method of constructing a text and the subject of philological study // Questions of linguistics. – Moscow: Publishing house «Science». - № 4. - 1978. - 156 p. (in russ.).

[2] Danilenko V. P. Russian terminology: the experience of linguistic description. – Moscow: Nauka, 1977. - 246 p. (in russ.).

[3] Leichik V. M. Substantiation of the term structure as a linguistic sign of the concept // Terminology. – Moscow: Moscow lyceum. - № 2. - 1994. - 170 p. (in russ.).

[4] International Electrotechnical Dictionary. Group 25. Production and distribution of electrical energy. – Moscow: Soviet Encyclopedia, 1967. - 163 p. (in russ.).

[5] Piotrovsky R. G. On the question of the study of terms // Scientific notes LSU. Ser. Philol. Sciences. Issue. 18.: Questions of the grammatical system and the vocabulary of the language. - Leningrad: Leningrad State University. A. A. Zhdanova. - № 2. - 1952. – 162 p. (in russ.).

[6] Reformatzky A. A. Thoughts on terminology // Modern problems of Russian terminology. – Moscow: Nauka, 2006. - 198 p. (in russ.).

[7] Supernanskaya A. V., Podolskaya N. V., Vasilyeva N. V. General terminology. - Moscow: Nauka, 1989. - 244 p. (in russ.).

[8] Frege G. Sense and denotation // Semiotics and informatics. Issue 8.– Moscow: VINITI, 1977. - 379 p. (in russ.).

## ТЕРМИН ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖАЛПЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЛЕКСИКАДАН АЙЫРМАШЫЛЫҒЫ

Т. С. Курманбаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Ұсынылып отырған мақалада ғылым және техника тіліне негізделген термин және термин жүйесінің жалпы қағидалары қарастырылған. Мақалада тіл мен мәдениеттің өзара байланысындағы ғылыми-техникалық терминологияның құрылуы туралы мәселелер өзекті болып тұрғандығы қарастырылған. Нақты бір жүйеде жүзеге асырылатын термин сөздің ажыратылатын белгілері анықталған. Алдымызда термин жүйесінде кездесетін сөздердің семантикалық жасалуының мысалдары келтірілген. Сөздердің семантикалық құрылымы тіл білімінде кеңінен таралған семантикалық үшбұрышпен сипатталған. Сондай-ақ мұнда сөз – зат және ұғым ретінде белгіленген. Терминнің лингвистикалық сипаттамасы, аналитикалық және синтетикалық тәсілмен өзара ажыратылатын белгілер қарастырылған. Сөздің тілдік (лексикалық және грамматикалық) белгісінің бірлігімен көрсетілген және көрсетілетін сөздің белгілеріне тұжырым жасалынған.

**Кілттік сөздер:** термин, семантикалық құрылым, жалпы қолданылатын сөздер, терминтану, семиотика, лингвистика.

## TERM AND ITS DIFFERENCES FROM GENERAL-USED LEXIS

T. S. Kurmanbayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The article considers general trends of the development in the term and terminology system, conditioned by the state of the science and technology language. A special place in the article is occupied with the issues of modern terminology related to the formation and development of scientific terminology in Russian and Kazakh languages. Distinctive features of the word-term are identified, manifesting and realizing by a strictly defined system. Examples of the terms of semantic formation that appear before us in term systems are given. Semantic structure of a word is described by a semantic triangle, widely known in linguistics, in which an object is pointed out, as well as a concept: a word denotes an object and expresses a concept. Linguistic characteristics of the term, that cover fundamentally different analytical and synthetic ways of expressing concepts by language means are also considered. The conclusion is made that the sign of unity of the signifier and the signified allows considering any formally expressed unit having a linguistic (lexical or grammatical) meaning as a linguistic sign.

**Key words:** term, semantic structure, common words, interpretation of the concept, semiotics, linguistics.

**Zh. Erzhanova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

## **READING AND LISTENING CAN HELP TO LEARN LANGUAGE**

**Abstract.** Every English learner would like to speak fluently. And some have to. In most cases people need to speak English fluently for business, professional, and personal success. Unfortunately, fluent speaking is often the most frustrating goal for English learners, especially those who live where English isn't spoken. Happily, there's a good way to improve your speaking – a way that takes time, but that's too enjoyable to be called work or study.

Across the centuries people have studied how foreign languages are learnt. Many experts now believe that one way we learn a foreign language is by exposure to it, i.e. by hearing and/or reading it all around us and without studying it. They say we then pick it up automatically, i.e. learn it without realizing. This is the main way that children learn their first language.

Experts also say that to learn a foreign language, particularly as adults, exposure to language is not enough. We also need to focus our attention on the form of the foreign language, i.e. on how it is pronounced or written, on how its grammar is formed and used, and on the form and meaning of vocabulary. They say we need to use language to interact and communicate, too.

**Key words:** learning, reading, listening, reading level, comprehension, motivation.

One of the effective ways to improve your English is to spend time with native English speakers. If you could sit and listen to them, you'd find what you are looking for: new vocabulary, when to use one word rather than another, how to pronounce words you're still having trouble with, when to use formal or informal language. You'd hear how they use their voices to emphasize important ideas. And how their voices change when they're angry, excited, or in love. In short, you'd pick up almost everything you need to speak better English. But if there aren't any native English speakers near you or, if there are, it's impossible to spend time with them. What should we do? The truth is, you can spend time with native speakers any time you want. And it's much easier than you think. Here's how: audio books. If you want to speak better English, you should spend as much time as you could listen to English audio books. As Dr. Frank Smith writes that ... reading (and listening) is a particularly powerful kind of experience, because it engages us – our mind or our brain – in a fully focused manner. When a book grabs us, we leave the everyday world around us and enter the world of the book. We are caught up in it. And when that book is an audio book that includes people speaking English – and, for a bonus, a narrator describing what's going on in the book – there you are in the company of a group of English-speakers. And all you have to do is sit back, enjoy the story, and allow your brain to absorb the English speaking ability you're looking for. Reading books can be a great way to pick up new vocabulary, see grammar in action and develop your understanding of a language. The key to success is choosing the right book for you.

For beginners, it would be better to start with something short and simple. Avoid the classics for now - they often use archaic (very old!) English words and can involve complex themes. Children's books are a great place to start. You could read something that interests you. Look at the blurb (the short summary of the book, found on the back cover) and see if it looks like something that you would enjoy. Think about the genres that you enjoy in your own language and find an equivalent in English. This way, you're more likely to enjoy reading, rather than see it as a chore [1].

Reading in French, like reading in any language, requires quite a few tools. Of course you need to have basic French comprehension, but even if you've been taking classes and practicing different grammar exercises, you're likely not reading at native level yet. One of the best places to start when you're learning to read in English and in French is with children's books.

Children's books use simple sentence structures and vocabulary, so you'll be able to follow the books easily.

When you're reading in English and in French, and in any other foreign language especially when you're just starting out, you have to read smart to succeed. It's not enough to just read the words on the page. Take notes, jotting down vocabulary words you don't understand. Try to get to the root of different sentence structures that might be unfamiliar to you. Children's books may be written for young audiences, but forms like the simple past, which you're likely not used to seeing, are still common.

Above all, don't get frustrated with your relatively low level of reading at this point. The important thing is to really understand what you're reading, even if the level is for much younger readers. After all, it's not your first language! Really embrace the simple stories now; once you've gotten the hang of children's books, you'll be ready to move on to more advanced reading.

Once you've mastered counting to ten and meeting animals on the farm with children's books, it's time to move on to more interesting things. One of the best ways to learn new foreign words and get familiar with new foreign sentence structures is by reading books you already know in translation. For this exercise, don't pick the most advanced novels you've ever read. Try to choose a series that you liked as a teen or young adult: «Harry Potter», «Gossip Girl», «Twilight»... no one's judging your taste, here! A series is a good place to start, as the translation will adhere to certain style models, and with each book you read, understanding will become easier.

The other good thing about reading something that you already know—or own—is that you can always compare the translation to the original. When you're not sure of the exact meaning of a phrase, compare it with the original and see if that clears up any confusion. With this step of learning to read in a foreign language, it isn't as necessary to understand every single word, however. Try reading for comprehension first and reading again to look for new vocabulary words. Much of learning with this sort of reading will happen subconsciously!

Be sure to choose books that are easy to understand. If popular adult fiction is too difficult, try young adult. If young adult fiction is too difficult, try children's. There are many interesting young adult and children's books. If you want help finding easier books, read *Finding books for intermediate readers*.

There's no benefit to listening to something you have trouble understanding. When you choose a book to read or listen to, it should be easy enough that you can get involved in the story – and forget that it's in English.

Consider listening to books in English that you've read and enjoyed in your own language. The first reading, in your language, will help you understand the English version. Another way to take advantage of what you already know is to choose books about a subject you're already familiar with.

Consider reading and listening at the same time. If you do, be sure that you get an unabridged, or complete, audio book. Some audio books have been abridged, or shortened. Abridged books are fine for listening, but they won't work for reading and listening at the same time because some parts have been left out [2].

Being able to read a novel in another language and understand it is a huge achievement. You'll feel accomplished the moment you read that final page, close the book, and reflect on the experience. You might find yourself at the last page faster than you thought – once you begin reading these books, you won't be able to put them down.

Reading is an exercise in language learning. Reading English novels will help improve your vocabulary, general understanding and in some cases it may even give you more knowledge into different countries and their cultures. You also get to move at your own pace. While listening to podcasts and radio, you have to keep up with whoever is speaking. Sure, watching movies to learn English can be a lot of fun, but doesn't it get tiring to have to read subtitles or pause and rewind? While reading a book, you can read as slowly or as quickly as you desire. If

you didn't understand something, simply look at the paragraph again! Reading opens the mind. Reading educates. It opens you up to new experiences and perspectives. What better way is there to understand someone's way of thinking? You may learn new information about language, culture, society, and history that you never knew before. Reading is fun! It is, overall, an enjoyable and relaxing way to learn English without any stress whatsoever. People get frustrated when they choose books that go above their reading levels. By choosing your first English books wisely, you should have a very positive experience. Check out some of the following well-known novels. If you've got a basic level of understanding and comprehension, these novels aren't going to be a problem. Set yourself a reading challenge. How many of these books can you read?

«The more you read, the more you'll know. The more you know the more places you'll go». – Dr. Seuss. As any English-speaking child can tell you, there is no denying Dr. Seuss. If you love to read, but you're a little afraid of reading a full-on novel in English, don't worry. With every book you read, the more you'll improve. To get started, there are some excellent novels written in English that are not too difficult to understand. Anyway, it's good to set yourself a language challenge now and again. How else are you going to improve in English? Moreover never forget that reading is rewarding.

The power of reading and listening makes the important point that most of our fluency comes from what we read and hear, not from what we study. And second, using popular fiction to improve your English describes the special benefits of reading popular fiction, the bestselling books that everyone seems to be reading and enjoying.

In using popular fiction to improve your English, you'd better use bestseller lists to find good books. Once you find one, or if you'd like to listen to a book you're already familiar with or you've already read you can use online books. But you should remember that reading a book you really like is much more profitable and such reading adds your knowledge because the plot makes you forget of time, makes you remember the words you met rarely to understand the following development of events in a book you read and to know what will happen with your favorite characters. Even the phrases these characters use can leave longer in our memory. Of course, while you're reading it's not a bad idea to make notes and lists of the new words you met. If a novel you're reading is not short you will need several days or even months to finish it and if you start your reading with revision of the words from the list, you will not only remember the plot of the story, but this makes you remember the words better. If a reader has rich imagination it will also help him or her in learning any foreign language.

While students read a novel, they imagine the characters, setting, and action taking place. This lesson allows students to use their imaginations in the form of a storyboard. Students first read a book that has a complementary film adaptation. They then learn about adaptation by writing short paragraphs and adapting them for film using storyboards. Once they have evaluated the adaptations, the students will create their visions of the books and compare them to the film.

Students often find the visual nature of film more accessible than works in print. When film and literature are used together in the classroom, students can transfer techniques from active viewing (which often comes more naturally) to their experience with reading literature. This transfer can enhance their skills as active readers and enable them to respond to a variety of media with more depth.

What can film and video add to the learning experience?

Language teachers have been using films in their classes for decades, and there are a number of reasons why film is an excellent teaching and learning tool.

Learning from films is motivating and enjoyable.

Motivation is one of the most important factors in determining successful second-language acquisition. Films and TV shows are an integral part of students' lives so it makes perfect sense to bring them into the language classroom. Film, as a motivator, also makes the language learning process more entertaining and enjoyable.

Film provides authentic and varied language. Another benefit of using film is that it provides a source of authentic and varied language. Film provides students with examples of English used in 'real' situations outside the classroom, particularly interactive language – the language of real-life conversation. Film exposes students to natural expressions and the natural flow of speech. If they are not living in an English-speaking environment, perhaps only film and television can provide learners with this real-life language input. Film gives a visual context. The «visuality» of film makes it an invaluable language teaching tool, enabling learners to understand more by interpreting the language in a full visual context. Film assists the learners' comprehension by enabling them to listen to language exchanges and see such visual supports as facial expressions and gestures simultaneously. These visual clues support the verbal message and provide a focus of attention. Variety and flexibility, these factors are also rather important. Film can bring variety and flexibility to the language classroom by extending the range of teaching techniques and resources, helping students to develop all four communicative skills. For example, a whole film or sequence can be used to practice listening and reading, and as a model for speaking and writing. Film can also act as a springboard for follow-up tasks such as discussions, debates on social issues, role plays, reconstructing a dialogue or summarizing. It is also possible to bring further variety to the language learning classroom by screening different types of film: feature-length films, short sequences of films, short films, and adverts.

Given the benefits of using film in the language learning classroom, it is not surprising that many teachers are keen to use film with their students, and an increasing number of them are successfully integrating film into the language-learning syllabus. Until quite recently it was difficult to find pedagogically sound film material to help students improve their language through watching film, and teachers had to spend many hours creating their own materials. However, with the advent of the internet there is now a wealth of online resources for both language teachers and their students. With so many resources, it's sometimes difficult for teachers to see the wood for the trees.

If teacher wants to show whole films, either in one sitting or over a number of sessions, it's necessary to do quite a lot of work on linguistic, cultural and cinematographic features of the film prior to actually watching the film. Not so long ago, teachers had to spend many hours creating their own film guides, but nowadays there are several sites where teachers can find free, high-quality film guides to use in the language classroom.

Creating moving images has never been easier thanks to the digital revolution, the proliferation of mobile devices, the increased ease of capturing and editing video, and the emergence of video distribution sites such as YouTube. This has led to an explosion in the production of short films and their availability. However, due to the sheer quantity of short films, it's often very difficult for teachers to find high-quality short films they can use with their students. Here are my three favorite places for finding creative and innovative short films [3].

In adapting a print text or theater production to film, directors may vary in terms of the degree and nature of how they use the original content of the text or play. They can stick quite close to the original text to create a highly literal reproduction of the text, or they can create a totally different version of the original text.

In a loose adaptation, a director may only use the original situation, story idea, or characters to create a film that bears little resemblance to the original text. He cites the examples of Kurosawa's *Ran* - based on «King Lear» - and «Throne of Blood» - based on «MacBeth» - that use only the bare bones of the original story to create his own versions set in an entirely different cultural context. *Ran* (translated as chaos) takes the story of Lear's tragedy, and places it in the midst of 16th century Japan, a time of political instability when feudal war lords battled for control of territory. When the Lear character, Hidetora, decides he wishes to retire, he attempts to divide his land between his three sons. The heirs in this case must be male, as Japanese culture forbids female succession. The scheming of Goneril, Regan, and Edmund is personified by the Lady Kaede, who manipulates the two older brothers out of revenge for her father's death at Hidetora's hands. The other female character, Lady Sue, represents the innocent, silent suffering of a model wife. Even more compelling than the changes in

characterization, is Kurosawa's visual style. The visuals suggest Noh theater- a quiet, highly stylized Japanese dramatic dance form. Kurosawa utilizes a static camera, vibrant color iconology, as well as silence itself to suggest a meditation on the death and destruction that ensues.

Similarly, the film «Clueless» was based on the storyline and comic, ironic wit of Jane Austen's Emma, but it set in a contemporary world with quite different characters. The main character, Cher, employs contemporary language, but maintains Austen's parody of dating/romantic rituals, as well as class differences.

Faithful adaptations attempt to recapture the original text as closely as possible they try to give us a careful translation of the original into film form that retains the characters, storylines, and most events. For example, «Tom Jones» (1963), «Emma» (1996), «Henry V» (1989), and «Much Ado About Nothing» (1993) are relatively faithful to their original material. In studying examples of these faithful adaptations, student could examine how the director adopted specific scenes, dialogue, or characters into a visual form.

Faithful adaptations may have difficulty when they attempt to adapt literary texts that rely on complex, highly metaphoric language or thematic material often are more difficult to successfully adopt to the screen in a literal manner, given the challenge of reproducing in a visual form the meaning of a text's language. For example, the film adaptation of «The Great Gatsby», which contains a lot of rich metaphoric language, was considered to be marginal by critics because it attempted to literally reproduce the original language.

Literal adaptations are typically older video versions of play productions, with limited use of cinematic techniques, as was the case with the BBC for television versions of Shakespeare and «Emma» (1972).

Nowadays, experts generally agree that we do not learn a foreign language best through learning grammar and translating (the grammar-translation method). Nor do we learn by constantly practicing until we form habits or just by communicating (the communicative approach). We learn by picking up language, interacting and communicating and focusing on form. But the research still continues, and we do not yet fully understand how foreign languages are learnt [4].

### **Conclusion**

To acquire language learners should hear and read a wide variety of language at the right level for them. They need exposure to language both inside and outside the classroom.

Learners need time to acquire language. They may need a silent period before they can produce new language and we cannot expect them to learn things immediately. Learning language is a gradual process.

Learners need to use language in the classroom to interact with classmates or the teacher. This gives them the opportunity to focus on forms of language they have read or listened to in texts or used in tasks. The teacher can help them to notice certain points about language, think about their use and practice them.

But we need to remember that some learners may like to learn and/or are used to learning in particular way. Teachers always need to match their teaching to the characteristics and needs of the learner.

### **REFERENCES**

- [1] Bradford B. Intonation in context. – Cambridge University Press, 2010. - 81 p.
- [2] Galskova N. D., Gez N. I. Theory of teaching foreign languages. – Moscow, 2009. - 59 p. (in russ.).
- [3] Solovova E. N. Methods of teaching foreign languages. – Moscow, 2004. - 215 p. (in russ.).
- [4] Shukin A. N. Methods of teaching foreign languages: Course of lectures. – Moscow, 2002. - 288 p. (in russ.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Брадфорд Б. Интонация в контексте. – Кембридж, 2010. – 81 с. (англ.).  
[2] Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам. – Москва, 2009. - 59 с.  
[3] Соловова Е. Н. Методика обучения иностранным языкам. – Москва, 2004. - 215 с.  
[4] Щукин А. Н. Методика обучения иностранным языкам. Курс лекций. – Москва, 2002. - 288 с.

### ШЕТ ТІЛІН ОҚЫТУ БАРЫСЫНДА ТҮСІНДІРМЕ СӨЗДІКТІ ҚОЛДАНУ

Ж. Ержанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Берілген мақалада шет тілін үйрену үшін бір тілдік тәжірибе мен тіл тасымалдаушыны қолдану азық ететіндігі және де аудио кітаптарды тыңдау үлкен жетістіктерге әкелетіндігі жайында нақты айтылып өткен. Бастысы, аудио кітаптарды деңгейге байланысты дұрыс тандап, тіл тасымалдаушымен дыбысталған, мазмұны жағынан өте қызықты кітаптарды тандау ұсынылады. Сондай-ақ, ағылшын тіліндегі фильмдерге де басты назар аударып, фильм көру арқылы үлкен жетістікке жетуге болатындығы да нақтыланып айтылған. Кез келген оқу процесінің тиімділігі аталып өтіп, тұрақты тәжірибенің рөлі талқыланды.

**Кілттік сөздер:** меңгеру, оқылым, тыңдалым, оқылым деңгейі, түсіну, ынталану мақсаты.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧТЕНИЯ И АУДИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ЯЗЫКА

Ж. Ержанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

**Аннотация.** В статье показано, что для изучения иностранного языка недостаточно только одной языковой практики с носителями языка. Впечатляющие результаты приносит прослушивание аудиокниг, которые следует подбирать по уровню подготовленности обучающихся, т. е. адаптированные. Даются рекомендации для правильного подбора книг, они должны быть интересными по содержанию и озвученными носителями языка. Большое внимание уделяется просмотру учебных фильмов на английском языке. Подчеркивается, что для эффективного овладения иностранным языком необходима регулярная практика.

**Ключевые слова:** изучение, чтение, прослушивание, уровень чтения, понимание, стимул.

### ШАЙХИН БЕРК МУРЗАХМЕТОВИЧ (к 75-летию со дня рождения)



Берк Мурзахметович Шайхин родился 23 июня 1942 года в городе Кустанай КазССР. В 1966 году окончил факультет радиоэлектроники Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина по специальности «Физическая электроника». По окончании института был направлен в Институт ядерной физики АН КазССР, где прошел путь от стажера-исследователя до МНС.

В 1969 году Б. М. Шайхин – аспирант физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР в Ленинграде, занимался исследованием роста кристаллов на атомарном уровне. В 1976 году в этом же институте защитил диссертацию по специальности 01.04.01. – «Экспериментальная физика», получил ученую степень кандидата физико-математических наук. По возвращении в ИЯФ АН КазССР продолжил исследования в области радиационной физики.

Научно-педагогическая деятельность Б. М. Шайхина длится более 35-ти лет: с 1978 по 1990 годы работал на физическом факультете КазГУ им. С. М. Кирова, а с 1990 года и по настоящее время – в АУЭС на кафедрах ПЭ, ЭКТ, КТ и ММиПО.

Берк Мурзахметович Шайхин имеет более 40 научных и учебно-методических публикаций. Особое внимание автор уделяет подготовке учебно-методических материалов для студентов, обучающихся на государственном языке. Б. М. Шайхина был в составе авторского коллектива, который выпустил казахско-русский и русско-казахский терминологический словарь «Электроника, радиотехника и связь». Берк Мурзахметович является автором ряда учебных пособий, таких, как «Электроника мен фотоника негіздері», «Микропроцессорлар автоматты басқару жүйелерінде», «Радиоавтоматика», «Электроника және аналогтық құрылғылардың схемотехникасы».

В настоящее время доцент кафедры КТ Берк Мурзахметович Шайхин проводит лекционные и другие виды занятий по дисциплинам «Информационная безопасность и защита информации», «Основы информационной безопасности», осуществляет руководство по дипломному проектированию бакалавров и магистрантов, добиваясь качественной подготовки специалистов. Принципиальность, творческий поиск в научно-педагогической деятельности, дружелюбное отношение и внимание к коллегам снискали ему уважение окружающих.

***Глубокоуважаемый Берк Мурзахметович!  
Поздравляем Вас с юбилеем! Примите наши искренние пожелания крепкого  
здоровья и новых творческих успехов! Пусть не покидают Вас радость,  
благополучие и оптимизм!***

**ДЖУМАГАЛИЕВ БУЛАТ САБИРОВИЧ**  
**(к 75-летию со дня рождения)**



Булат Сабирович Джумагалиев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная кибернетика» Алматинского университета энергетики и связи. Богатейший опыт работы доцента Б. С. Джумагалиева на производстве, связанном с автоматизацией и управлением объектов в различных отраслях промышленности, стал бесценным капиталом для студентов.

Булат Сабирович родился 1 июня 1942 года. Его практическая деятельность началась после окончания в 1967 году Казахского политехнического института специальности «Автоматика и телемеханика». В разные годы работал мастером, инженером и старшим инженером треста «СредазЭнергомонтаж»; начальником цеха Яванской ТЭЦ в Таджикистане; ведущим инженером, зав. сектором, зав. отделом разработки АСУТП Министерства приборостроения СССР; ведущим научным сотрудником научно-исследовательской части КазНИТУ им. К. Сатпаева; директором научно-производственной фирмы «Комплекс-Умит».

С 2008 года работает в Алматинском институте энергетики и связи доцентом на кафедре «Инженерная кибернетика». Булат Сабирович преподает такие дисциплины, как «Технические средства измерений», «Автоматизация объектов управления», «Автоматизация технологических процессов и производств» и др., где крайне важны практические знания технологии и опыт автоматизации. За десятилетия работы по внедрению и эксплуатации систем управления на производстве Булат Сабирович приобрел огромный опыт и авторитет. Одним из важных показателей его труда являются высокие оценки, выставленные в рейтинге «Преподаватель глазами студентов».

Помимо преподавательской деятельности, доцент Булат Сабирович Джумагалиев был и остается научным руководителем ОНИР. Своим научно-практическим багажом он щедро делится с молодыми коллегами, ведет кружок для студентов специальности «Автоматизация и управление» и занимается с ними научно-исследовательской работой.

***Глубокоуважаемый Булат Сабирович!***

***Примите самые искренние поздравления с Вашим 75-летием! Желаем крепкого здоровья, бодрости духа, любви и заботы близких, и, конечно же, новых творческих идей и научных трудов!***

**ДУЛЭПО ВЯЧЕСЛАВ МИХАЙЛОВИЧ**  
(к 70-летию со дня рождения)



Вячеслав Михайлович Дулэпо родился в Ужгороде Украинской ССР 26 июня 1947 года. Среднюю школу закончил в Алма-Ате.

В 1965 году учился на механико-математическом факультете Казахского государственного университета и окончил его по специальности «Математик и преподаватель математики». Трудовую деятельность В. М. Дулэпо начал в средней школе № 36, где работал завучем.

С 1975 года Вячеслав Михайлович работает преподавателем на кафедре высшей математики, где занимается практической педагогикой в области имитационного моделирования процесса обучения.

Научные труды посвящены методическим и методологическим проблемам, дифференциации и интеграции педагогических дисциплин, а также межнаучным знаниям.

В 1987 году ВАК СССР присудил В. М. Дулэпо учёную степень кандидата педагогических наук, а впоследствии – учёное звание доцента. Вячеслав Михайлович является акционером НАО «Алматинский университет энергетики и связи».

В настоящее время Вячеслав Михайлович Дулэпо - почетный ветеран кафедры «Математическое моделирование и программное обеспечение», проводит учебные занятия по курсу высшей математики, активно занимается учебно-методической работой кафедры.

***Глубокоуважаемый Вячеслав Михайлович!***

***От всей души поздравляем Вас с юбилеем! Желаем Вам крепкого здоровья, творческих успехов в педагогической и научной деятельности. Оставайтесь таким же жизнелюбивым, энергичным и позитивным!***

**МУХАНОВ БАХЫТ КАСКАБАЕВИЧ**  
**(к 65-летию со дня рождения)**



Известному казахстанскому специалисту в области автоматизации, ученому и педагогу кафедры «Инженерная кибернетика» Бахыту Каскабаевичу Муханову 15 мая 2017 года исполнилось 65 лет.

Его авторитет в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами по достоинству оценен. Бахыт Каскабаевич – член-корреспондент Международной академии информатизации, лауреат Премии Совета Министров Казахской ССР.

Приобретенный опыт научной и организаторской деятельности стал основой для воплощения теоретических знаний в практику управления технологическими объектами в различных отраслях промышленности. Его разработки внедрены на таких крупных промышленных предприятиях Казахстана, как «ЖезказганЦветМет», «ОзенМунайГаз», «КазТрансОйл», «КазАтомПром» и многих других.

В 2014-2015 годах Бахыт Каскабаевич возглавлял кафедру «Инженерная кибернетика» Алматинского университета энергетики и связи. Сейчас трудится в должности доцента кафедры, сосредоточив свои усилия на педагогической, научной и практической деятельности. Под научным руководством кандидата технических наук Б. К. Муханова работает целая группа специалистов, основу которой составляют его молодые ученики – доктора PhD, докторанты и магистранты. Это позволяет говорить о целой научно-инженерной школе в сфере автоматизации и управления технологических объектов, созданной Бахытом Каскабаевичем.

Еще одним стратегическим направлением его деятельности стал научно-технический журнал «Вестник автоматизации», где на протяжении уже целого ряда лет ученый и практик Бахыт Каскабаевич Муханов является главным редактором.

***Глубокоуважаемый Бахыт Каскабаевич!***

***От всей души поздравляем Вас с юбилейной датой! Мы убеждены, что Вы еще многое сделаете в науке и воплотите все свои идеи в разработки, проекты и системы автоматизации!***

## Требования к оформлению статей

1. Статья должна быть оформлена в строгом соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов».

2. Материалы предоставляются в печатном (1 экз.) и электронном виде, редактор Word А4 с полями - верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см, шрифт Times New Roman, кегль 12, интервал одинарный.

### Последовательность элементов издательского оформления материалов следующая:

– код МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации) ставится в верхнем левом углу первой страницы;

– инициалы и фамилии авторов обычным жирным шрифтом, затем на следующей строчке – название организации(ий), в которой выполнена работа, город, страна;

– заглавие публикуемого материала (прописными буквами, полужирный, кегль 12, абзац центрированный);

– аннотация (100-150 слов, приводится на языке текста публикуемого материала, кегль №11);

– Ключевые слова по тематике (примерно 6 одиночные слова или 3-4 словосочетаний, кегль №11);

– текст статьи (кегель №12);

– СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (не более 12 наименований), ссылки размещаются по мере упоминания в тексте;

– список литературы на английском языке (REFERENCES) для других БАЗ ДАННЫХ полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. В REFERENCES не используются разделительные знаки («//» и «—»). Название источника пишется курсивом, следом жирным шрифтом – год издания, затем номер издания и номера страниц и выходные данные (все отделяется запятой). В конце в скобках указать язык статьи;

– резюме (100-150 слов) на двух языках, отличающихся от языка статьи. Посередине страницы пишется: 1) название статьи; 2) авторы; 3) название организации; с красной строки – Аннотация, после – Ключевые слова (кегель №11).

3. Рисунки и графики должны располагаться по тексту, после ссылки на них, без сокращения: например: "Рисунок 1 - Название (под рисунком)". Рисунки выполняются в режиме Paint (Paintbrush). Графики, диаграммы, гистограммы - в режиме Microsoft Excel, с разрешением не менее 300 dpi. Математические, физические и другие обозначения и формулы набираются в режиме редактора формул (Microsoft Equation), наклонным шрифтом и располагаются по центру. Номера формул проставляются у правого края страницы в круглых скобках.

4. Общий объем рукописи, включая аннотации, резюме и с учетом рисунков и таблиц не более 5-8 страниц.

5. Статья, в обязательном порядке, подписывается всеми авторами (не более четырех авторов) в нижнем правом углу на каждой странице текста, ставится дата. В случае переработки статьи техническим редактором журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. В одном номере журнала допускается публикация не более 2 статей одного автора.

6. На отдельном листе следует привести сведения об авторах: Ф.И.О. полностью, почтовый адрес, e-mail, место работы, должность, служебный и домашний телефоны.

7. К статье обязательно прилагаются рецензии 2-х независимых ученых (внешняя и внутренняя), которые не входят в состав редакционной коллегии журнала и ведут исследования в областях, близких с тематикой статьи.

8. Для каждой статьи заполняется экспертное заключение о возможности опубликования, утвержденное проректором по НР.

9. На основании экспертных заключений редколлегия принимает решение: о публикации материала в представленном виде; о необходимости доработки; об отклонении.

10. Рукопись, направленная авторам на доработку, должна быть возвращена в исправленном виде в срок не более 10 рабочих дней. По истечении этого срока она рассматривается как вновь поступившая. К переработанной рукописи необходимо приложить письмо от авторов, описывающее сделанные исправления и содержащее ответы на все замечания рецензентов.

11. Рукопись, получившая отрицательные оценки при рецензировании, отклоняется как не соответствующая уровню публикаций. Рукописи авторам не возвращаются. Редакция вправе не вступать в переписку с автором относительно причин (оснований) отказа в публикации статьи. Редакция оставляет за собой право, в необходимых случаях проводить сокращения и редакторскую правку статей. После публикации автор может получить копию статьи в формате PDF. Редакция соблюдает редакционную этику и не раскрывает без согласия автора процесс работы над статьей в издательстве (не обсуждает с кем-либо достоинства или недостатки работы, замечания и исправления в них, не знакомит с внутренними рецензиями).

### **Реквизиты для оплаты:**

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи»

050013, г.Алматы, ул.Байтурсынова, 126

ИИК KZ60856000000005121 в АО «Банк ЦентрКредит», г.Алматы

БИК КСЖВКЗКХ

БИН 030 640 003 269

КБЕ 17, КНП 851



**Подписной индекс - 74108**